

**Міністерство освіти і науки України  
Вінницька обласна державна адміністрація  
Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)  
Вінницьке регіональне відділення Академії будівництва  
України (АБУ)  
Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії  
(ФБЦЕІ) ВНТУ**

## **МАТЕРІАЛИ**

**Міжнародної науково-технічної конференції**

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ  
УКРАЇНИ»**



**м. Вінниця**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницька обласна державна адміністрація  
Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)  
Вінницьке регіональне відділення Академії будівництва України (АБУ)  
Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії (ФБЦЕІ) ВНТУ

# ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

**Збірник матеріалів**

**Міжнародної науково-технічної конференції**

21 – 23 листопада 2023 р.

Електронне наукове видання

Редакційна колегія:

Єпіфанова І. Ю., д. е. н., професор  
Джеджула В. В., д. е. н., професор  
Петрук В.Г., д. т. н., професор  
Дудар І. Н., д. т. н., професор  
Моргун А. С., д. т. н., професор  
Меть І. М., к. т. н., доцент  
Швець В. В. к. т. н, доцент  
Блащук Н. В. к.т.н, доцент  
Степанов Д. В., к. т. н., доцент

Енергоефективність в галузях економіки України. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції 21-23 листопада : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2023.

ISBN 978-617-8163-05-1

Е-62 У збірнику розміщені матеріали доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої проблемам розроблення та впровадження енергоефективних природозбережних технологій та обладнання в галузях економіки України.

**УДК 620.9:624:628**

Матеріали доповідей друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в матеріалах доповідей, та залишає за собою право не погоджуватись з думкою авторів з розглянутих питань.

## Зміст

### Промислового та цивільного будівництва

<i>Вадим Вікторович Саміленко, Олександр Юрійович Шмундяк, Ірина Вікторівна Маєвська</i> ПРАКТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕХОДУ ВІД ДОВГИХ ДО КОРОТКИХ ПАЛЬ У СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТАХ.....	1
<i>Володимир Олексійович Попов, Аліна Віталіївна Кисляк</i> ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТОВИХ СПОРУД.....	6
<i>Валерій Михайлович Андрухов, Килимнюк Андрій Олександрович</i> МЕТОДИ ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ ПРИ ВПЛИВІ ПОВТОРНИХ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ (АФТЕРШОКІВ).....	10
<i>Валерій Михайлович Андрухов, Попович Костянтин Анатолійович</i> ОЦІНКА ВПЛИВУ СТІНОВОГО ЗАПОВНЕННЯ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СЕЙСМІЧНУ РЕАКЦІЮ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ.....	12
<i>Віталій Олександрович Басистий, Валерій Михайлович Андрухов</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ЇХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ, ЯК НОВИЙ НАПРЯМОК В ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА .....	14
<i>Микола Миколайович Попович, Вячеслав Олєгович Бондарчук</i> РУЙНУВАННЯ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ НАВАНТАЖЕННІ .....	17
<i>Володимир Олексійович Попов, Ірина Олександрівна Чорна</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ПАРКІНГІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ОПОРУ ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ.....	20
<i>Наталія Вікторівна Блащук, Станіслав Віталійович Сердюк</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРІВЛІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	25
<i>Крістіна Олександрівна Штойко, Ірина Вікторівна Маєвська</i> ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ У ФУНДАМЕНТІ .....	27
<i>Максим Васильович Сорока, Наталія Вікторівна Блащук</i> РОБОТА ДВОЩЛИННОГО ФУНДАМЕНТУ ПРИ ДІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ .....	30
<i>Роман Васильович Сівак</i> ВИКОРИСТАННЯ ПІНОБЕТОНУ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ОПОР МОСТІВ .....	34
<i>Катерина Костянтинівна Сівак</i> ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ .....	37
<i>Лариса Павлівна Усата, Ірина Вікторівна Маєвська</i> ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ БЕЗКАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ У ФУНДАМЕНТІ.....	40
<i>Андрій Потєха</i> ФУНКЦІЇ ПРЕПРОЦЕСОРА В СТВОРЕННІ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІМ ПРОЄКТУ ТА ЇЇ РОЛЬ У ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ БУДІВЛІ .....	43
<i>Ігор Никифорович Дудар, Дмитро Анатолійович Чінак</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕМОНТАЖУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, ЗРУЙНОВАНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ .....	47
<i>Аліна Сергіївна Грошовенко, Віктор Павлович Ковальський, Ігор Михайлович Вознюк</i> ЗАХИСНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКАХ ЖИТЛОВОГО ТА ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	50
<i>Василь Романович Сердюк, Василь Васильович Оленич</i> РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	53
<i>Володимир Олексійович Попов, Олена Сергіївна Баранецька, Тетяна Сергіївна Мицик</i> СТІЙКІСТЬ ТОНКОСТІННИХ КУПОЛЬНИХ СИСТЕМ ПРОТИ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ .....	57
<i>Микола Миколайович Діденко, Олександр Володимирович Христич</i> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЄКТІ БУДІВНИЦТВА ПЛОСКИХ ПОКРІВЕЛЬ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОЇ СФЕРИ .....	62
<i>Оксана Іванівна Хороша, Світлана Володимирівна Риндюк, Микола Сергійович Шпанюк, Олена Максимівна Пташка</i> АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СПОРТИВНИХ ЗАКЛАДІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ .....	64
<i>Наталія Вікторівна Блащук, Михайло Володимирович Перебийніс</i> РІЗНИЦЯ В РОБОТІ БУРОВИХ І ЗАБИВНИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ .....	67

<i>Володимир Петрович Очеретний, Антон Арсенович Обертинський</i> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА .....	70
<i>Наталія Вікторівна Блашук, Олексій Михайлович Шевчук</i> ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ .....	72
<i>Максим Ярославович Жилівський, Володимир Олексійович Попов</i> СУЧАСНИЙ СТАН ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ БАЛОЧНИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ .....	75
<i>Юрій Семенович Бікс, Ольга Георгіївна Ратушняк</i> COMPREHENSIVE ANALYSIS OF MULTILAYERED ENVELOPE ASSEMBLIES OF LOW-STOREY DWELLING SEGMENT .....	79
<i>Юрій Семенович Бікс, Дмитро Анатолійович Білоус</i> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ .....	83
<i>Іван Миколайович Меть, Ігор Никифорович Дудар, Віктор Олександрович Гуменюк</i> ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЕРЕРВНО АРМОВАНОГО БЕТОНУ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОДОРОЖНИХ ПОКРИТТІВ .....	88
<i>Роман Віталійович Оніш</i> ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ МОНОЛІТНОГО КАРКАСУ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ФІБРОБЕТОНУ .....	93
<i>Володимир Петрович Очеретний, Олександр Петрович Грицик</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІНОБЕТОНІВ ЗА РАХУНОК ДИСПЕРСНОГО ПОЛІАРМУВАННЯ.....	96
<i>Віктор Павлович Ковальський, Альона Василівна Бондар, Олександр Петрович Пересенчук</i> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІБРОБЕТОНУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНИХ СПОРУД .....	99
<i>Віктор Павлович Ковальський, Микола Дмитрович Зорич</i> ЕФЕКТИВНІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ ДЛЯ ШТУКАТУРЕННЯ СТІН БУДІВЕЛЬ ІЗ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ .....	103
<i>Алла Моргун, Іван Меть, Руслан Лебідь</i> ПРОГНОЗУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВПЛИВУ ВОДОНАСИЧЕННЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА НЕСУЧУ СПРОМОЖНІСТЬ ФУНДАМЕНТІВ .....	106
<i>Алла Серафимівна Моргун, Іван Миколайович Меть, Дмитро Записов</i> РЕКОНСТРУКЦІЯ ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ ЗА ЧИСЛОВИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ .....	109
<i>Олександр Володимирович Христич, Микола Вікторович Тарасюк</i> БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ.....	112
<i>Олександр Володимирович Христич, Володимир Сергійович Бондаренко</i> КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ .....	117
<i>Віталій Вікторович Швець, Олександр Васильович Гуменюк</i> ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ КОМУНАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ.....	122
<i>Віталій Вікторович Швець, Дмитро Юрійович Мак</i> ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ БЕЗ ПОВНОГО ВИВЕДЕННЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	124
<i>Віталій Вікторович Швець, Олександр Володимирович Мазур</i> ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МОНОБЛОКІВ У ВБУДОВАНИХ ПРИМІЩЕННЯХ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ.....	126
<i>Віталій Вікторович Швець, Андрій Сергійович Шиндеровський</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОБЛОКІВ В СТІНАХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ .....	128
<b>Містобудування та архітектури</b>	
<i>Олена Георгіївна Лялюк, Владислав Русланович Четвертуха</i> ФОРМУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ТА ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОРЕНДНОГО ЖИТЛА ДЛЯ МОЛОДИХ СІМЕЙ: НА ПРИКЛАДІ МІСТА ЛЬВОВА .....	131
<i>Марина Сергіївна Сологуб, Лілія Василівна Кучеренко</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОГО СВІТЛА В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ .....	134
<i>валерій михайлович соколенко</i> АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТЕПЛОВОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ЗРУЙНОВАНИХ МІСТ .....	137
<i>Віталій Вікторович Швець, Ярослав Вікторович Мацюк</i> АНАЛІЗ СТАНУ УКРИТТІВ ТА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО ЇХ ОРГАНІЗАЦІЇ.....	141

<i>Віталій Вікторович Швець, Кирило Володимирович Довгіль, Дмитро Володимирович Якобчук</i> РОЛЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ .....	144
<i>Денис Олегович Бричанський, Ігор Никифорович Дудар</i> РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ І МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ПРИМІЬКОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗОНИ .....	147
<i>Олена Георгіївна Лялюк, Роман Сергійович Осипенко</i> ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВНИЦТВІ .....	150
<i>Іван Вадимович Джигула, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова</i> ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ ЦЕРКВИ .....	154
<i>Дмитро Ігорович Щербина, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова</i> СОЦІАЛЬНИЙ ФАКТОР ЯК СКЛАДОВА ПРОЦЕСУ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ СЕРЕДМІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ МІСТ ....	157
<i>Емілія Федорівна Гарбузюк, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова</i> ВИМОГИ ДО ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ АВТОВОКЗАЛІВ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ М. ТУЛЬЧИН) .....	159
<i>Viktor Pavlovych Kovalskiy, Guo Mingjun</i> IMPACT OF DEICING SALTS ON THE DYNAMIC STABILITY OF ASPHALT MIXTURES DURING DRY-WET CYCLE EXPOSURE.....	162
<i>Артур Олегович Бричанський, Олександр Володимирович Христинч, Юлія Анатоліївна Чернієнко</i> НАНОМОДИФІКАТОРИ В СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ .....	165
<i>Марія Олександрівна Ковальчук, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова</i> ЗАГРОЗА ЗНИЩЕННЯ ТА ШЛЯХИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ КІНОТЕАТРУ ІМ. КОЦЮБІНСЬКОГО .....	167
<i>Олександр Володимирович Бухтояров, Лілія Василівна Кучеренко</i> РЕДЕВЕЛОПМЕНТ, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ВІДНОВЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ .....	170
<i>Максим Стаднійчук</i> МОДИФІКОВАНІ БЕТОНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ .....	172
<i>Альона Василівна Бондар, Дмитро Євгенович Осаулко</i> ПРОБЛЕМАТИКА СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВОДНО-ЗЕЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ВІННИЦЯ .....	176
<i>Васкес Сесар Рікардо Руїс, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова, Ірина Олександрівна Слюсар</i> ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ НА СКЛАДНОМУ РЕЛЬЄФІ.....	180
<i>Ірина Олександрівна Слюсар, Альона Сергіївна Субін-Кожевнікова, Васкес Сесар Рікардо Руїс</i> СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА ПРОБЛЕМУ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ТИПОЛОГІЇ УКРАЇНСЬКИХ КУРОРТІВ.....	182
<i>Світлана Володимирівна Риндюк, Антон Юрійович Тягій</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ГОТЕЛІВ .....	185
<i>Оксана Іванівна Хороша, Анастасія-Юлія Олегівна Кошова</i> ПРОБЛЕМАТИКА ПРИСТОСУВАННЯ ДО СУЧАСНИХ УМОВ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА П'ЯТНИЧАНСЬКОГО ПАРКУ .....	188
<i>Ірина Ігорівна Горковлюк, Віктор Павлович Ковальський</i> ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ СХОВИЩ В БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЛЯХ .....	191
<i>Олена Максимівна Пташка, Микола Сергійович Шпанюк, Світлана Володимирівна Риндюк, Оксана Іванівна Хороша</i> ІНКЛЮЗИВНІСТЬ СПОРТИВНИХ ЗАКЛАДІВ В СУЧАСНОМУ СВІТІ .....	194
<i>Альона Василівна Бондар, Іван Васильович Сафроненко, Владислав Олександрович Кузьменко</i> ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ БУДИНКІВ .....	198
<i>Альона Василівна Бондар, Артур Миколайович Савосін</i> СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ.....	202
<i>Артур Олегович Бричанський, Ігор Никифорович Дудар</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ У ПЕРІОД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ .....	206
<i>Оксана Іванівна Хороша, Богдан Віталійович Барановський, Ельміра Алієва Гулам кизи</i> ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМФОРТНОСТІ БУДИНКІВ СЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХОВОСТІ .....	208
<i>Оксана Іванівна Хороша, Світлана Володимирівна Риндюк, Катерина Олександрівна Шмаль, Тетяна Вячеславівна Никітченко</i> РОЗРОБКА ДИЗАЙН-КОНЦЕПЦІЇ СТАДІОНУ ВНТУ ПІД БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СПОРТИВНИЙ ВІДКРИТИЙ КОМПЛЕКС .....	210
<i>Оксана Іванівна Хороша, Богдан Віталійович Барановський, Ельміра Алієва Гулам кизи, Дмитро Михайлович Гордєєв</i> АНАЛІЗ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ БУДУВАННЯ ТАУНХАУСІВ .....	213

<i>Юрій Семенович Бікс, Роман Анатолійович Готюр</i> ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА АДАПТАЦІЯ В АРХІТЕКТУРІ СУЧАСНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ .....	215
<i>Микита Ігорович Яценко, Інна Геннадіївна Гавронська</i> ЕНЕРГОЗБЕРГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	219
<i>Оксана Іванівна Хороша, Ростислав Ігорович Припоров</i> КОРИСТЬ МОДИФІКАЦІЇ СТИЛІСТИКИ МІКРОРАЙОНІВ МІСТА.....	222
<i>Роман Сівак, Михайло Лемешев</i> ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ .....	224
<i>Катерина Сівак</i> ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ.....	226
<i>Віталій Вікторович Швець, Богдан Іванович Проданець</i> ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАГАЛЬНОМІСЬКОГО ЦЕНТРУ .....	229
<i>Віталій Вікторович Швець, Олександр Володимирович Юрченко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ У ПЛАНУВАННІ МІСЬКИХ НАБЕРЕЖНИХ .....	231
<i>Альона Василівна Бондар, Марина Аркадіївна Максименко, Аліна Іванівна Коваль</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЖИТЛА .....	233
<i>Дмитро Костянтинівич Підлісний, Світлана Володимирівна Риндюк</i> ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК МЕТОД ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ .....	240
<i>Дарія Олександрівна Ковбасюк</i> ЗАХИСТ ПІДВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ БУДІВЛІ ПРИ ВИСОКОМУ РІВНІ ГРУНТОВИХ ВОД .....	243
<i>Анастасія Олегівна Райчук</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВИТОК ІСТОРИЧНИХ ТРАДИЦІЙ В СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ .....	245
<i>Ярослав Миколайович Черних, Олена Георгіївна Лялюк</i> ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З ЕНЕРГОРЕСУРСАМИ НА ПРИКЛАДІ ДРУЖБІВСЬКОГО КАР'ЄРУ .....	248
<i>Наталія Олександрівна Гончарук, Віктор Павлович Ковальський</i> ПЕРЕРОБКА, УТИЛІЗАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ .....	251
<i>Дмитро Анатолійович Білоус, Софія Віталіївна Дембіцька</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗОН В УМОВАХ МІСТОБУДУВАННЯ .....	254
<i>Людмила Григорівна Попович, Віктор Павлович Ковальський</i> ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКО-ІНТЕР'ЄРУ В ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ.....	257
<i>Марія Павлівна Бабак, Віктор Павлович Ковальський</i> МЕТОДИ ЗАХИСТУ БЕТОНУ ВІД КОРОЗІЇ .....	259
<i>Анастасія Павлівна Оленюк, Віктор Павлович Ковальський</i> ДИЗАЙН І ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ БІЗНЕС-ЦЕНТРІВ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ.....	262
<i>Анастасія Павлівна Оленюк, Володимир Петрович Очеретний</i> ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ .....	266
<i>Євгеній Павлович Якименко, Лілія Василівна Кучеренко</i> АЕРАЦІЙНИЙ РЕЖИМ В СИСТЕМІ МІСТОБУДІВНОГО ПЛАНУВАННЯ .....	270
<i>Владислав Олександрович Денисенко, Лілія Василівна Кучеренко, Ігор Миколайович Бабій</i> ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО СКЛАЛОСЬ.....	272
<i>Володимир Вікторович Смоляк, Андрій Видмиш</i> ОСОБЛИВОСТІ НАРОДНОГО ЖИТЛА ПІВДЕННО-СХІДНОГО ПОДІЛЛЯ.....	274
<i>Максим Стаднійчук, Андрій Коадьчук</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ У БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ .....	283
<i>Альона Василівна Бондар, Олександр Васильович Бондар, Олександр Володимирович Христинч</i> ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ ПРОДУКТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ .....	286
<b>Інженерних систем у будівництві</b>	
<i>Катерина Володимирівна Анохіна, Юрій Михайлович Боднарук, Артем Ярославович Панченко</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАЛАГОДЖЕНА РОБОТА ТЕПЛОБМІННИКІВ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	289
<i>Катерина Володимирівна Анохіна, Владислав Анатолійович Ляценко</i> АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕПЛОБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	292

<i>Катерина Володимирівна Анохіна, Віталій Сергійович Тимчук</i> АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ .....	295
<i>Георгій Ратушняк, Юрій Бікс, Андрій Лялюк</i> ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ .....	298
<i>Наталія Михайлівна Слободян, Олександр Віталійович Круть</i> ОГЛЯД НАЯВНОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ ГАЗОПРОВОДАХ ШАФОВИХ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК.....	301
<i>Наталія Михайлівна Слободян, Віктор Олександрович Гончарук</i> АВТОНОМНЕ ПОВІТРЯНЕ ОПАЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ .....	305
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Володимир В'ячеславович Панкевич</i> ВИЗНАЧАЛЬНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	309
<i>Наталія Михайлівна Слободян, Олександр Валерійович Братусик</i> ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ВІД ЙОГО КУТА НАХИЛУ .....	313
<i>Ольга Ігорівна Ободяньська, Артем Олегович Блянюк</i> СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ .....	317
<i>Ольга Дмитрівна Панкевич, Владислав Олегович Клімов</i> ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ В ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ.....	320
<i>Олег Олегович Горюн</i> ПОБУДОВА ДЕРЕВА ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ТА ЛІНГВІСТИЧНА ОЦІНКА ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІМПРЕГНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ .....	323
<i>Іван Васильович Коц, Олександр Олександрович Нестеренко, Олександр Іванович Діброва</i> УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ АВТОКЛАВНОЇ ТЕПЛООВОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	326
<i>Катерина Володимирівна Анохіна, Віталій Сергійович Тимчук</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ .....	328
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Олександр Сергійович Кирилюк</i> ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ .....	330
<i>Іван Васильович Коц, Дмитро Вячеславович Жук</i> ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ І ПЕРЕРОБЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ ТА ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ, БІОНАФТИ І ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ .....	332
<i>Іван Васильович Коц, Марія Романівна Тимошук, Вероніка Віталіївна Грицик</i> ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩНОГО МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ .....	335
<i>Ольга Дмитрівна Панкевич, Валерій Володимирович Крамаренко</i> СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ .....	337
<i>Іван Васильович Коц, Єлизавета Платонівна Юзькова</i> КОМБІНОВАНА СИСТЕМА СТВОРЕННЯ КОМФОРТНОГО ТЕПЛООВОЛОГІСНОГО СЕРЕДОВИЩА У ТЕПЛИЦЯХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	340
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Максим Миколайович Іванюк</i> АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ НОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ .....	343
<i>Ольга Дмитрівна Панкевич, Олександр Михайлович Паламарчук</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ СИСТЕМИ З РОТОРНИМ РЕКУПЕРАТОРОМ.....	345
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Назар Юрійович Волинець</i> ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	347
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Артем Сергійович Бровко</i> ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФЕРМЕНТАЦІЇ БІОМАСИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОГАЗУ.....	349
<i>Константин Володимирович Нікіфоров, Наталія Михайлівна Слободян</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ .....	352
<i>Георгій Сергійович Ратушняк, Олексій Михайлович Чамор</i> СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ .....	354
<i>Іван Васильович Коц, Сергій Максимович Саврасов, Владислава Романівна Майструк</i> ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НЕОБХІДНОГО НОРМАТИВНОГО МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ УТРИМУВАННЯ ТВАРИН .....	356



<i>Іван Васильович Коц, Сергій Анатолійович Слободянюк</i> ТЕПЛОВОЛОГІСНА АВТОКЛАВНА ОБРОБКА БУДІВЕЛЬНИХ БЕТОННИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЕРОДИНАМІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ТИПУ .....	360
<i>Іван Васильович Коц, Вячеслав Ігорович Дацюк</i> ПРОЦЕС СУШІННЯ СИПУЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРОЦИРКУЛЯЦІЙНИХ АПАРАТІВ .....	363
<i>Нікіта Олександрович Грабовий, Ольга Дмитрівна Панкевич</i> СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ЛАБОРАТОРІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ .....	366
<i>Іван Васильович Коц, Олександр Іванович Бережний, Ярина Євгенівна Скуйбіда</i> МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ З ВРАХУВАННЯМ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	368
<i>Іван Васильович Коц, Юрій Петрович Куриленко</i> ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГЛИБИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ .....	372
<i>Ігор Павлович Гамеляк, Ігор Андрійович Лоза</i> ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗГИНУ ПЛАСТИН ЖОРСТКИХ ДОРОЖНИХ ТА АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ .....	375
<i>Іван Васильович Коц, Олег Борисович Анінко</i> НОВА СТРУКТУРА КРИТЕРІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ДЛЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ В ПЛАСТИНЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ .....	381
<b>Технічної теплофізики та промислової теплоенергетики</b>	
<i>Лілія Анатоліївна Боднар, Роман Юрійович Вакалюк</i> ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ККД ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	384
<i>Лілія Анатоліївна Боднар, Олександр Олексійович Куленко</i> КРИТЕРІЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ .....	387
<i>Лілія Анатоліївна Боднар</i> ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ З ВНУТРІШНЬОЦИКЛОВОЮ ГАЗИФІКАЦІЄЮ ВУГІЛЛЯ .....	390
<i>Лілія Анатоліївна Боднар, Валентин Володимирович Яремчук</i> СВІТОВИЙ ДОСВІД ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ .....	393
<i>Дмитро Вікторович Степанов, Дмитро Миколайович Резидент, Наталія Володимирівна Резидент</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ТИПУ «ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ».....	396
<i>Сергій Миколайович Оникієнко, Дмитро Вікторович Степанов</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗАХОДИ НА ТОВ «ПОНІНКІВСЬКА КАРТОННО-ПАПЕРОВА ФАБРИКА».....	399
<i>Дмитро Михайлович Снісарчук, Наталія Дмитрівна Степанова</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ СИСТЕМАХ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ .....	402
<i>Максим Віталійович Слободян, Ігор Віталійович Капусевич, Олександр Юрійович Співак</i> ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ СУШІННЯ ЦУКРУ В БАРАБАННИХ СУШАРКАХ .....	405
<i>Дмитро Вікторович Степанов, Олексій Вікторович Бабенко</i> ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ.....	408
<i>Катерина Русланівна Ковтун, Катерина Петрівна Ільчук, Наталія Дмитрівна Степанова</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	411
<i>Наталія Дмитрівна Степанова, Ярослав Олександрович Глеба, Олександр Сергійович Чернобай</i> ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНІ НА СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ .....	414
<i>Дмитро Вікторович Степанов, Денис Ярославович Лисюк</i> ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ КОТЛІВ НА ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЖК» .....	418
<i>Дмитро Вікторович Степанов, Віталій Вікторович Мартиненко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОТЛА КОЛВІ-1500 НА РІЗНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ .....	421
<i>Наталія Дмитрівна Степанова, Микола Олександрович Паламарчук, Максим Володимирович Храмов</i> УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ В КОТЕЛЬНЯХ НА БІОМАСІ.....	424
<i>Наталія Володимирівна Резидент, Дмитро Романович Щуришин</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ТЕПЛООБМІННИКІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК.....	428
<i>Яна Сергіївна Горovenko, Станіслав Йосипович Ткаченко</i> ТЕОРІЯ ПОДІБНОСТІ ТА РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ .....	430

## **Екології, хімії та технологій захисту довкілля**

<i>Віталій Анатолійович Іщенко, Сунь Сяодун</i> STUDY ON WASTE BATTERIES STORAGE .....	433
<i>Ігор Валерійович Іващук, Віталій Анатолійович Іщенко</i> ПОВОДЖЕННЯ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ В ЄС.....	435
<i>Владислав Олександрович Лисенко, Віталій Анатолійович Іщенко</i> УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	437
<i>Олена Сірачова</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ФУНКЦІЇ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ.....	439
<i>Аліна Ігорівна Руда</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ «ЗЕЛЕНИХ ОФІСІВ».....	442
<i>Анастасія Гринь, Ігор Володимирович Васильківський</i> ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ.....	445
<i>Іван Вікторович Мусінкевич, Галина Володимирівна Сакалова</i> ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ПЕРЕВИЩЕННЯ ГДК ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ВІННИЦЯ.....	448
<i>Артем Артурович Сидоренко, Галина Володимирівна Сакалова</i> ПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	450
<i>Сергій Михайлович Кватернюк, Анастасія Володимирівна Василич, Василь Григорович Петрук, Галина Дмитрівна Петрук, Святослав Васильович Мандебур, Дмитро Русланович Латуша</i> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D ECO RECYCLING ДЛЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ВОДНО- БОЛОТНИХ УГІДЬ.....	452
<i>Анна Андріївна Зінченко</i> РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ.....	456
<i>Назар Дмитрович Левчук</i> РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ .....	458

## ПРАКТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕХОДУ ВІД ДОВГИХ ДО КОРОТКИХ ПАЛЬ У СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТАХ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Виконаний аналіз результатів математичного моделювання стовпчастого пальового фундаменту з забивних паль з різними геометричними параметрами в двох видах ґрунту. Варіювалась довжина паль і їх крок при сталій кількості у куці. При збільшенні відстані між палями і зменшенні їх довжини підвищується реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту. Ступінь реалізації роботи ростверку у порівнянні з відповідним фундаментом мілкового закладання найбільш суттєво підвищується при збільшенні кроку паль. Отже, найбільш ефективну роботу показують пальові фундаменти з коротких паль при збільшеній відстані між ними.

Досліджена економічна ефективність переходу в однорідних ґрунтах від куца з довгих паль при стандартному мінімальному кроці до куца з коротких паль при збільшеній відстані між палями. За рахунок врахування спільної роботи паль і ростверку куц з коротких паль з більшими габаритами ростверку забезпечує таку ж несучу здатність, як куц з довгих паль з компактним ростверком.

На підставі кошторисних розрахунків показано, що застосування фундаментів з коротких паль при збільшенні розмірів ростверку може призвести до економії коштів до 30%.

**Ключові слова:** стовпчастий пальовий фундамент, ростверк, забивна паля, перерозподіл навантажень, кошторисна вартість, економічна доцільність.

### *Abstract*

The analysis of the results of the mathematical modeling of the columnar pile foundation from driven piles with different geometric parameters in two types of soil was performed. The length of the piles and their pitch varied with a constant number in the bush. When the distance between the piles increases and their length decreases, the realization of the load-bearing capacity of the piles as part of the foundation increases. The degree of implementation of the grid work in comparison with the corresponding foundation of shallow laying increases most significantly when the pitch of the piles increases. Therefore, the most effective work is shown by pile foundations from short piles with an increased distance between them.

The economic efficiency of the transition in homogeneous soils from a bush made of long piles with a standard minimum step to a bush made of short piles with an increased distance between the piles was investigated. By taking into account the joint work of piles and grid, a bush made of short piles with larger grid dimensions provides the same bearing capacity as a bush made of long piles with a compact grid.

On the basis of estimated calculations, it is shown that the use of foundations from short piles with an increase in the size of the grid can lead to cost savings of up to 30%.

**Keywords:** columnar pile foundation, grillage, driving pile, redistribution of loads, estimated cost, economic feasibility.

### **Вступ**

Відомо, що у пальових фундаментах з низькими ростверками у роботу під навантаженням включаються не тільки палі, як це передбачене чинними нормами [1], а і ростверк за рахунок тиску під подошвою.

При кафедрі БМГА ВНТУ проводяться дослідження перерозподілу зусиль між елементами пальових фундаментів в залежності від різних факторів [2 – 7], але є ще багато аспектів, які залишається поза увагою. Зокрема чи є економічно доцільним використання коротких паль у порівнянні з довгими і за яких умов використання коротких паль може дати економічний ефект.

Оскільки проектування фундаментів у вигляді груп паль за нормами [1] здійснюється на підставі визначення граничного опору одиночної палі, то при проектуванні за нормами короткі палі будуть поступатись довгим (за умови збереження їх кількості).

Врахування спільної роботи всіх елементів пальового фундаменту може підвищити ефективність і надійність проєктних рішень, тому тема дослідження є актуальною і має практичне значення.

Дослідження проводилось на базі математичного моделювання у програмному комплексі Plaxis 3D, який розроблений на основі методів скінченних елементів та умов просторової задачі.

### Програма чисельного моделювання роботи систем стовпчастих ростверк – пальі – ґрунт

Моделльні експерименти розділено на такі підгрупи:

I - моделювання сумісної роботи ростверку і паль на однорідній піщаній основі при довжинах паль 3 м, 6 м, 9 м, 12 м та при осьовій відстані між ними 3d, 5d, 7d, товщина ростверку 500 мм, програму моделювання наведено в табл. 1. Характеристики піщаного ґрунту: пісок дрібний,  $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$ ,  $e = 0,67$ ,  $c = 2 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 32^\circ$ ,  $E = 28 \text{ МПа}$ ;

II - моделювання сумісної роботи ростверку і паль на однорідній глинистій основі при довжинах паль 3 м, 6 м, 9 м, 12 м та при осьовій відстані між ними 3d, 5d, 7d, товщина ростверку 500 мм, програму моделювання наведено в табл. 1. Характеристики глинистого ґрунту: суглинок,  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 23 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 21^\circ$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $E = 14 \text{ МПа}$ .

Таблиця 1 – Програма моделювання сумісної роботи ростверку і паль стовпчастого пальового фундаменту для підгруп I – II

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль	Розміри ростверка
1	L = 3 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.	2,4×2,4 м
2		5d, 9 шт.	3,6×3,6 м
3		7d, 9 шт.	4,8×4,8 м
4	L = 6 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.	2,4×2,4 м
5		5d, 9 шт.	3,6×3,6 м
6		7d, 9 шт.	4,8×4,8 м
7	L = 9 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.	2,4×2,4 м
8		5d, 9 шт.	3,6×3,6 м
9		7d, 9 шт.	4,8×4,8 м
10	L = 12 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.	2,4×2,4 м
11		5d, 9 шт.	3,6×3,6 м
12		7d, 9 шт.	4,8×4,8 м

III – моделювання роботи одиночних паль різної довжини в різних ґрунтових умовах підгруп I – II;

IV – моделювання роботи ростверку як фундаменту мілкого закладання в різних ґрунтових умовах підгруп I – II.

### Результати чисельного моделювання системи «ростверк – пальі – основа»

1. Робота пальі в групі з низьким ростверком суттєво відрізняється від роботи одиночної пальі. По мірі зростання навантаження осереднене навантаження на палю у складі фундаменту зростає і для пальових фундаментів з кроком паль більше 3d перевищує несучу здатність одиночної пальі.

2. Реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту підвищується із збільшенням кроку паль. При більшій довжині несуча здатність паль реалізується менше.

3. Тиск під подошвою ростверку із збільшенням кроку паль збільшується, його реалізація складає від 8 до 50%, що дозволяє підвищити несучу здатність фундаменту.

4. Вид ґрунту практично не впливає на характер перерозподілу зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту з забивних паль.

5. Фундамент з паль довжиною 12 м при розмірах ростверка 2,4×2,4 м має таку ж несучу здатність, як фундамент з паль довжиною 6 м при розмірах ростверка 3,6×3,6 м і фундамент з паль довжиною 3 м при розмірах ростверка 4,8×4,8 м.

### Порівняльний аналіз вартості фундаментів з довгих та коротких паль

Для порівняння вартості були обрані три варіанти конструктивного рішення фундаменту при однаковій несучій здатності:

Варіант 1 - фундамент з паль довжиною 12 м при розмірах ростверка 2,4×2,4 м.

Варіант 2 - фундамент з паль довжиною 6 м при розмірах ростверка 3,6×3,6 м.

Варіант 3 - фундамент з палів довжиною 3 м при розмірах ростверка 4,8 × 4,8 м.

Був виконаний розрахунок міцності тіла для всіх трьох варіантів з підбиранням потрібної кількості арматури. Зрозуміло, що варіант 1 має значний об'єм палів, але незначні витрати бетону і арматури ростверка, а варіанти 2 та 3 мають зменшений об'єм палів, але значні витрати матеріалів на ростверк. Результати розрахунків наведені у таблиці 2 та на рис. 1.

Таблиця 2 – Результати розрахунку витрат матеріалів на улаштування палих фундаментів

Витрати матеріалів	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Об'єм бетону палів, м <sup>3</sup>	9,72	4,86	2,43
Об'єм бетону ростверка, м <sup>3</sup>	5,29	12,0	21,64
Вага арматури, кг	175	398	564

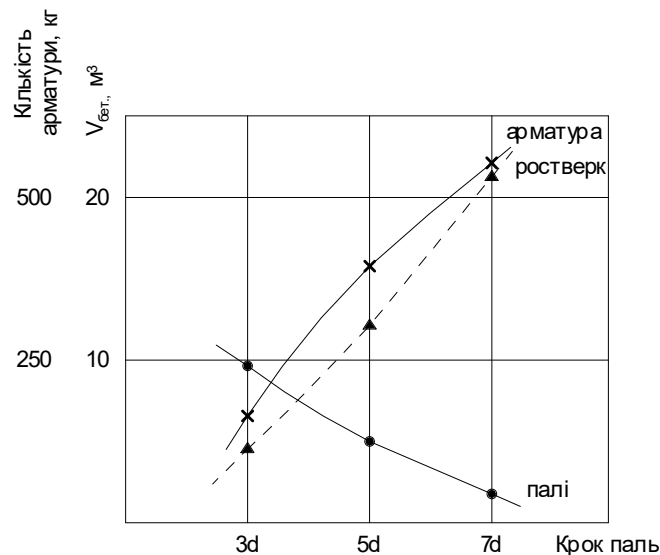


Рис. 1 – Залежність витрат матеріалів від кроку палів у ростверку

Як бачимо, сумарні витрати бетону і арматури при переході від довгих палів із стандартним кроком 3d до коротких палів з підвищеним кроком в цілому збільшуються за рахунок зростання об'єму ростверка і збільшення згинального моменту у тілі ростверка від реакцій палів і тиску під ростверком (більше плече сил).

Але відомо, що готові палі заводського виготовлення є найбільш дорогою конструкцією у перерахуванні на 1 м<sup>3</sup> у порівнянні з іншими збірними та монолітними елементами.

Для аналізу економічної доцільності запропонованих варіантів конструктивного рішення були складені кошториси для трьох запропонованих варіантів. Результати розрахунку кошторисної вартості наведені у таблиці 3 та на рис.2.

Таблиця 3 – Результати розрахунку кошторисної вартості улаштування палих фундаментів

Кошторисна вартість	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Вартість улаштування палів, тис. грн.	126,47	59,69	25,81
Вартість улаштування ростверка, тис. грн.	15,64	35,47	63,85
Вартість арматури, тис. грн.	4,92	11,19	15,86
Загальна кошторисна вартість, тис. грн.	152,09	113,43	112,96
Загальна кошторисна вартість, %	135	100,4	100

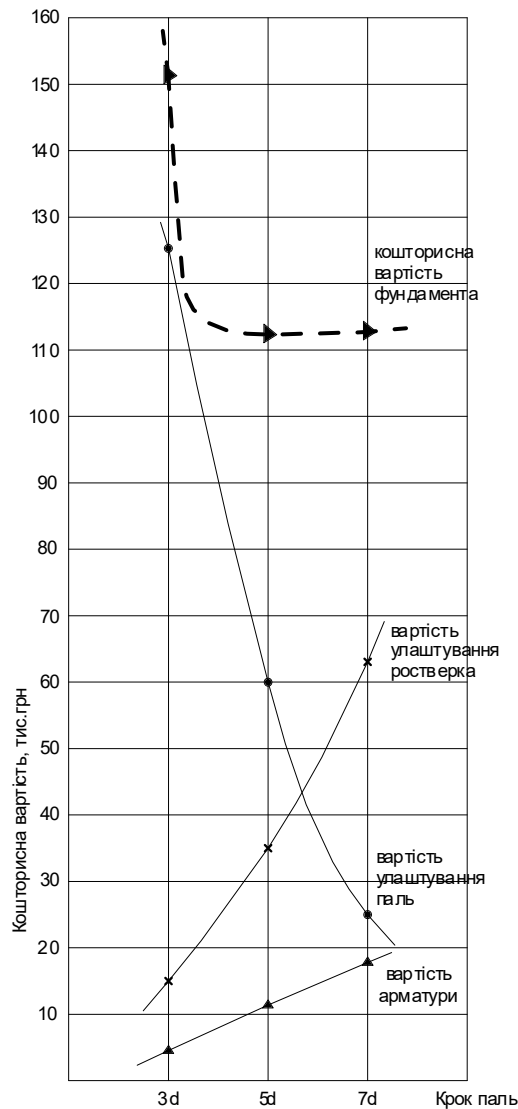


Рис. 2 – Залежність кошторисної вартості від кроку палей у ростверку

### Висновки

Реалізація несучої здатності палей у кущовому пальовому фундаменті зростає при зменшенні довжини палей і збільшенні їх кроку.

Реалізація роботи ростверка також покращується при збільшенні відстані між палями.

За рахунок кращої реалізації роботи елементів пальового фундаменту для палей малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з палей великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.

Не дивлячись на значне зростання об'єму бетону ростверку і кількості арматури при збільшенні кроку палей економія коштів на вартості палей забезпечує економічний ефект від використання кущів з коротких палей з широкими ростверками до 35%.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною №1 та №2. [Чинний від 2012-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с. (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення).
2. Блащук Н.В. Маєвська І.В., Попович М.М. Перерозподіл зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту. Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві, н/т збірник ВНТУ, Вінниця : 2018. №1(24). С.36-44.

3. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Кремінська Ю. О. Особливості роботи пальових кушів з коротких паль за даними числового моделювання. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Київ, КНУБА, 2021. Вип.43. С. 30-39.

4. Маєвська І. В. Попович М.М., Кремінська Ю. О. Різниця в роботі коротких і довгих паль у складі стовпчастого пальового фундаменту за результатами фізичного моделювання. „Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві”, н/т збірник ВНТУ, Вінниця. 2022. №2(33). С. 108-118.

5. Кримняк Я. М., Маєвська І. В. Реалізація несучої здатності забивних паль і ростверку у стовпчастому пальовому фундаменті. Збірник матеріалів науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві - 2020», м. Вінниця, ВНТУ, 2020 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10890>

6. Колібаба В.В., Маєвська І.В. Робота бурових паль і ростверку у складі стовпчастого пальового фундаменту // Тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», Вінниця, ВНТУ, 2021 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/11114>.

7. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота паль і ростверку у складі стовпчастих пальових фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2023. 182 с.

**Саміленко Вадим Вікторович** — магістр, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [samilenko.vadym@gmail.com](mailto:samilenko.vadym@gmail.com).

**Шмундяк Олександр Юрійович** - аспірант, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [shmund@ukr.net](mailto:shmund@ukr.net).

**Маєвська Ірина Вікторівна** — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [irina.mayevskaja@gmail.com](mailto:irina.mayevskaja@gmail.com).

**Samilenko Vadim Viktorovych** - Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [samilenko.vadym@gmail.com](mailto:samilenko.vadym@gmail.com).

**Shmundyak Oleksandr YU** — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [shmund@ukr.net](mailto:shmund@ukr.net)

**Maievskaya Irina Victorivna** – associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [irina.mayevskaja@gmail.com](mailto:irina.mayevskaja@gmail.com)

## ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТОВИХ СПОРУД

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У науковій роботі розглянуто основні методи підвищення міцності вузлових з'єднань елементів мостів на основі досліджень, що проводяться задля вдосконалення конструкцій, забезпечення безпечної та тривалої експлуатації споруд критичної інфраструктури. Проаналізовано вплив різноманітних навантажень на мостові конструкції, включаючи ненормований від вибухової хвилі, підбір сучасних та екологічних матеріалів для будівництва мостових споруд. Описано методи щодо підвищення міцності вузлових з'єднань мостових споруд, а також методи моніторингу стану споруди і вчасного виявлення проблем. На конкретному прикладі доведено прямий зв'язок сейсмостійкості мостових споруд з підсиленими вузловими з'єднаннями та їх здатності опиратися вибуховій хвилі.*

**Ключові слова:** міст, пролітна будова, мостова опора, вузлові з'єднання, ригель, напружено-деформований стан.

### *Abstract*

*In the scientific work have been considered the main methods of increasing the strength of connectors of bridge elements which are carried out to improve structures, ensure safe and long-term operation of critical infrastructure facilities. Have been analyzed the influence of various types of loads on bridge structures, including non-normalized from the blast wave, the selection of modern and ecological materials for the construction of bridge structures. Have been described methods for increasing the strength of nodal connections of bridge structures, as well as methods for monitoring the condition of the structure and timely detection of problems. Have been proved a direct connection between the seismic resistance of bridge structures with reinforced nodal joints and their ability to withstand a blast wave on specific example.*

**Key words:** bridge, superstructure, bridge support, nodal connections, crossbar, stress-strain state.

### **Вступ**

В умовах воєнного стану, запровадженого у нашій державі, особливе значення має критична транспортна інфраструктура. На сьогодні використання морських портів обмежене, а авіаційне сполучення повністю паралізоване. Тому залізницею та автодорогами здійснюється лівова частка перевалки вантажів та переміщення людських ресурсів [1, 2]. На даний час використовують навіть другорядні дорожні системи (дороги регіонального значення) для перевезення вантажів різного призначення. Тому такі дорожні системи в Україні отримали важливе стратегічне значення.

Основним елементом кожної автомобільної магістралі є мостові споруди. Мости за конструктивним рішенням, за протяжністю прольотів, матеріалом несучих конструкцій та за інтенсивністю транспортного руху вирізняються у нашій країні широкою різноманітністю [2, 3 – 5].

Значна частка вітчизняної транспортної системи за тривалий час існування втратила експлуатаційну надійність, стала менш безпечною для пересування автомобілів, що призводило до великої кількості аварій та травматизму. Крім того, автомобільні дороги минулого вже не відповідають вимогам сучасних норм з вантажопідйомності та пропускної здатності. Тому нещодавно розпочалася активна робота з модернізації застарілої автодорожньої системи за перспективною програмою Президента України «Велике будівництво». Ця програма стимулювала економічне зростання країни, оскільки модернізація доріг сприяла підвищенню рівня безпеки пересування; розвитку торгівлі та бізнесу, забезпечуючи ефективну транспортну інфраструктуру для підприємств; створенню робочих місць та підтримці розвитку регіонів. Також вона заохотила до співучасті чимало іноземних інвесторів.

### **Основна частина**

Мости – складні, вартісні споруди, термін використання яких зазвичай досягає ста й більше років. У процесі експлуатації вони пошкоджуються; унаслідок збільшення експлуатаційного



навантаження на окремі елементи споруд через об'єктивні процеси інтенсифікації логістики. Іноді зміна умов експлуатації дороги призводить до необхідності збільшити габарити мостів та підвищити їх міцність, тому експлуатовані інженерні споруди потребують періодичних ремонтів, посилення та реконструкції [3 – 5].

Відомо, що в Україні переважна більшість автомобільних доріг була збудована в 50-70 рр. ХХ сторіччя, пережила серію модернізацій, та, з цього часу, фактично, не піддавалася суттєвим змінам, окрім локальних ремонтів дорожнього покриття. Так за даними експлуатаційних організацій (облавтодорів) 46% мостів на дорогах загального користування та 72% комунальних мостів не задовольняють вимоги нормативних документів [2].

У довоєнні часи в Україні мости сприймали навантаження лише від автомобільного транспорту та пішоходів, проте, під час воєнного стану, до мостів та мостових споруд постає набагато більше завдань, таких як:

- Забезпечення надлишкової міцності, через те, що мости можуть бути піддані руйнівним нападам. Тому, природньо, що мости в умовах воєнних дій мають витримувати наслідки вибухів та ураження іншим озброєнням.
- Сприймання навантаження великої інтенсивності, адже існує потреба у транспортуванні важкої військової техніки та військового обладнання через різноманітні перешкоди.
- Можливість швидкого відновлення експлуатаційних якостей, навіть у випадку пошкодження.

Основним фактором, що впливає на надійність і безпеку мостових споруд є міцність вузлових з'єднань основних конструктивних елементів мостів. Вузлові з'єднання забезпечують з'єднання між різними елементами мосту, такими як опори, прогони, балки тощо. Тому мостові вузли повинні витримувати значні навантаження, а також навантаження від руху транспорту, снігу, вітру та землетрусів. Існують конкретні приклади заходів для підвищення міцності і жорсткості вузлових з'єднань мостових споруд:

- Замість звичайної сталі у вузлах металевих і сталобетонних мостів можна використовувати високоміцну сталь, оскільки вона має набагато вищу міцність на розрив й вигин.
- Болтові з'єднання на звичайних болтах можна замінити високоміцними болтами, адже вони забезпечують додаткове з'єднання, а також, встановити додаткові кріпильні елементи.
- Замість болтових кріплень доцільно використовувати клейово-болтові з'єднання або хімічне анкерування, як більш жорстке.
- Для виготовлення вузлових з'єднань слід використовувати якісні матеріали і технології, які відповідають вимогам проекту.

Використовуючи досвід американських та ізраїльських проектувальників, пропонується проектувати та будувати мостові споруди сейсмостійкими, навіть у районах без підвищеної сейсмічної активності, адже їх здатність чинити опір нападам, вибухам, терористичним актам та іншим навантаженням, набагато вища, аніж у звичайних мостів. Прикладом цього є, те що американські проектувальники та будівельники у штаті Каліфорнія будують сейсмостійкі мости й мостові споруди через високий рівень сейсмічної активності в регіоні (рис. 1).



Рис. 1. Арковий міст Сан-Габріель, м. Лос-Анджелес, штат Каліфорнія, США

Каліфорнія розташована у зоні де відбуваються активні тектонічні рухи, і землетруси можуть бути дуже сильними і небезпечними. Сейсмостійкі мости побудовані з використанням спеціальних

інженерних рішень та матеріалів, які є гнучкими і стійкими до деформації. Зазвичай такі мости мають більш широкі опори, що можуть витримати більші сили та краще розділити навантаження; дані мости будують із гнучких конструкцій і це дає змогу витримати коливання під час землетрусу; також практикують будівництво мостів із частинами, які рухаються під час землетрусу, цим ж запобігаючи руйнуванням. Звісно, будівництво сейсмостійких мостів є набагато дорожче, ніж звичайних мостів, але є життєво необхідним заходом для захисту населення і інфраструктури Каліфорнії.

Наведемо приклад прямого взаємозв'язку надлишкової міцності вузлових з'єднань для забезпечення сейсмостійкості та здатності мосту опиратися вибуховій хвилі. Розглянемо для порівняння Антонівський міст, що з'єднує місто Херсон з лівобережжям (рис. 1) та Кримський (Керченський) міст (рис. 2).



Рис. 2. Антонівський міст



Рис. 3. Кримський міст

Кримський міст на переважній протяжності побудований за класичною балковою технологією зі сталевим каркасом із вузловими конструкціями пролітної будови без особливих посилень. Антонівський міст є залізобетонною спорудою, пролітна будова, якого конструктивно являє собою багатопролітну нерозрізну коробчасту балку із потужними посиленними вузловими з'єднаннями елементів. Після початку бойових дій обидва мости зазнали потужних ракетно-дронних ударів з принципово різними наслідками. Кримський міст декілька разів піддався атакам та кожного разу був частково зруйнований через вплив вибухові хвилі. Антонівський міст сприйняв на себе близько 40 прямих ракетних влучань та не був остаточно зруйнований, аж до моменту масштабний підризу вибухівкою. Таким чином стає зрозуміло, що Кримський міст є великою але вразливою спорудою із конструкцією, яку легко зруйнувати, водночас і легко відновити. Антонівський міст відновити буде вкрай складно, але подібні конструкції більш стійкі до нападів з використанням ракетного озброєння.

#### Висновки

При виконанні цієї узагальнюючої науково-дослідної роботи розглянуто основні методи підвищення міцності вузлових з'єднань та мостових споруд. Розглянуто основні фактори, як впливають на міцність та стійкість мостових споруд. Доведено, що у довоєнні часи в Україні мости сприймали менш інтенсивні навантаження, ніж у теперішній час воєнного стану. Тому потрібно використовувати сучасні та надійні методи підвищення міцності мостових споруд, а при зведенні нових мостів потрібно враховувати усі фактори, що відповідають вимогам та викликам нашого часу.

Виходячи із досвіду проектування і проти вибухових заходів ізраїльських та американських спеціалістів, було запропоновано, при розробці та проектуванні мостів враховувати сейсмічну складову і ризики, навіть коли вони відсутні. Внаслідок цього, такі мости та мостові споруди будуть не лише сейсмічно стійкими, а й вибухо стійкими.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Popov VOLODYMYR, Voitshivskiy OLEXANDR The effective method of strengthening of reinforced concrete beam bridges by arrangement of the horizontal steel-concrete cover system. Concrete structures for resilient society. Proceeding of the FIB Symposium 2020, 22-24 November, China, Shanghai. Chapter 12. P. 1258 – 1264.
2. Попов В.О. Загальні тенденції реконструкції балочних мостових споруд Вінницької області [Електронний ресурс] / В.О. Попов // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції: «Інноваційні технології в будівництві-2022» (м. Вінниця, 23-25.11.2022) – Електрон. текст. дані. – 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16717>

3. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування [На заміну ДБН В.2.3-14:2006]. [Чинний від 2009-11-11] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. (Національні стандарти України).
4. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи - (Чинні від 2010-03-01).- К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с.- (Державні будівельні норми України).
5. ДБН В.2.3-26:2010. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проектування [На заміну ДБН В.2.3-14:2006, гл. 6] / [Чинний від 2011-10-01] – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. (Національні стандарти України).

**Попов Володимир Олексійович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com) ORCID 0000-0003-2379-7764

**Кисляк Аліна Віталіївна** – студентка факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, email: [kysliakalinavitalievna@gmail.com](mailto:kysliakalinavitalievna@gmail.com). ORCID 0009-0004-4671-8525

**Popov Volodymyr O.** — Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Kyslyak Alina Vitaliyivna** – student of Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [kysliakalinavitalievna@gmail.com](mailto:kysliakalinavitalievna@gmail.com). ORCID 0009-0004-4671-8525

## МЕТОДИ ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ ПРИ ВПЛИВІ ПОВТОРНИХ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ (АФТЕРШОКІВ)

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано методи оцінки сейсмостійкості будівель і споруд при впливі основного землетрусу та повторної сейсмічної події (афтершоку). Виконано порівняння параметрів сейсмічної реакції та напружено-деформованого стану конструкцій багатоповерхової житлової будівлі, запроєктованої у сейсмічному районі України, з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР».*

**Ключові слова:** сейсмічний вплив, афтершок, напружено-деформований стан, багатоповерхова будівля

### Abstract

*The methods of assessing the seismic resistance of buildings and structures under the influence of the main earthquake and a repeated seismic event (aftershock) were analyzed. A comparison of the parameters of the seismic response and the stress-strain state of the structures of a multi-story residential building designed in a seismic area of Ukraine was made using the LIRA-SAPR software complex.*

**Keywords:** seismic impact, aftershock, stress-strain state, multi-story building

Сейсмостійкість будівель і споруд оцінюється переважно на вплив основного землетрусу розрахункової інтенсивності [1, 2]. Завдяки розвитку (досягненням) сейсмостійкого будівництва та постійному удосконаленню норм проектування нові будівлі і споруди, в переважаючій кількості, здатні витримувати вплив сильних землетрусів без загального руйнування, втрати стійкості. В той же час конструкції отримують суттєві пошкодження, що зменшують жорсткість окремих елементів та споруди в цілому. Для таких об'єктів важливим є перевірка (оцінка) «залишкової» сейсмостійкості при повторних сейсмічних подіях (афтершоках).

Афтершоки – це підземні поштовхи, які відбуваються після основного землетрусу. Кількість афтершоків може досягати декількох тисяч, але їх інтенсивність менша від інтенсивності основного землетрусу. Відомо багато випадків, коли будівлі, пошкоджені головним ударом, руйнувалися саме при повторних, менш сильних поштовхах. Серед останніх – землетрус, що стався у лютому 2023 року в Туреччині [3].

В дослідженні на основі аналізу наслідків руйнівних землетрусів та пов'язаних з ними афтершоків обґрунтовано необхідність врахування повторних впливів для оцінки загальної сейсмостійкості будівель і споруд.

На основі аналізу положень нормативних документів [2, 4] та результатів досліджень визначено методи оцінки сейсмостійкості будівель і споруд на вплив повторних сейсмічних подій, зокрема щодо завдання рівня сейсмічного впливу для афтершоку, врахування пошкоджень конструкцій, зменшення жорсткості окремих елементів та інтегральної жорсткості будівлі в цілому.

На основі розрахункових досліджень з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР» [5] виконано оцінку напружено-деформованого стану та сейсмостійкості багатоповерхової житлової будівлі, запроєктованої у сейсмічному районі України за схемою безригельного каркасу, при впливі основної та повторної сейсмічної події. Виконано порівняння параметрів сейсмічної реакції та НДС конструкцій, отриманих за результатами розрахунків.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Німчинов Ю. І. Сейсмостійкість будівель та споруд. В двох частинах. – К: Гудименко С.В., 2008. – 480 с.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р. – 117 с.
3. Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse? By Jake Horton & William Armstrong/ BBC Reality Check & BBC Monitoring. Режим доступу: <https://www.bbc.com/news/64568826>
4. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT).
5. ПК “ЛИРА-САПР” 2017. Керівництво користувача. Навчальні приклади. Під ред. академіка АН України О. С. Городецького. – Електронне видання: 2017 г. – 535 с.

*Килимнюк Андрій Олександрович*, магістр, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії.

*Андрухов Валерій Михайлович*, к.т.н., доцент кафедри БМГА, член-кореспондент академії будівництва України, очолює роботу СПКБ «ВІННИЦЯ-XXI». E-mail: [andruchov@vntu.edu.ua](mailto:andruchov@vntu.edu.ua).

## ***Methods of evaluating the earthquake resistance of buildings under the influence of repeated seismic events (aftershocks)***

### **Abstract**

*The methods of assessing the seismic resistance of buildings and structures under the influence of the main earthquake and a repeated seismic event (aftershock) were analyzed. A comparison of the parameters of the seismic response and the stress-strain state of the structures of a multi-story residential building designed in a seismic area of Ukraine was made using the LIRA-SAPR software complex.*

**Keywords:** seismic impact, aftershock, stress-strain state, multi-story building.

*Andrii Oleksandrovych Kylymniuk, master's degree, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering.*

*Valery Mykhailovych Andrukhov, Ph.D., associate professor of the BMHA department, corresponding member of the Academy of Construction of Ukraine, heads the work of SPKB "VINNITSYA-XXI". E-mail: [andruchov@vntu.edu.ua](mailto:andruchov@vntu.edu.ua)*

## ОЦІНКА ВПЛИВУ СТІНОВОГО ЗАПОВНЕННЯ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СЕЙСМІЧНУ РЕАКЦІЮ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано вплив на динамічні характеристики та параметри напружено-деформованого стану конструкцій монолітно-каркасної будівлі врахування роботи стінового заповнення. Виконано розрахунки тривимірної комп'ютерної моделі багатоповерхової залізобетонної каркасної будівлі з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР».*

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, сейсмічний вплив, основні несучі конструкції, стінове заповнення

### Abstract

*The influence of taking into account the work of wall filling on the dynamic characteristics and parameters of the stress-strain state of the structures of the monolithic frame building was analyzed. Calculations of a three-dimensional computer model of a multi-story reinforced concrete frame building were performed using the LIRA-SAPR software complex.*

**Keywords:** stress-strain state, seismic impact, general constructions, masonry infill

При сучасному раціональному проектуванні будівель і споруд необхідно, за можливості, максимально враховувати їх реальну роботу у методах розрахунку, що використовуються. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми для монолітно-каркасних будівель з кам'яним заповненням є вивчення взаємодії заповнення з елементами каркасу.

Урахування кам'яного заповнення при моделюванні роботи каркаса призводить до перерозподілу зусиль між його елементами; зменшуються вузлові згинальні моменти в каркасі; збільшується згинальна та зсувна жорсткість каркаса при дії горизонтальних навантажень, зокрема при інтенсивних сейсмічних впливах. Сейсмостійкість каркасних будівель може бути підвищена за рахунок врахування спільної роботи конструкцій каркасу та стінового заповнення. Крім того, це може бути джерелом резерву стійкості конструкцій каркасу при прогресуючому обваленні, що може виникати при руйнуванні окремих колон та температурного впливу внаслідок військових дій та терористичних атак.

В закордонній та вітчизняній літературі отримано результати експериментально-теоретичних досліджень та набуто практичний досвід щодо врахування спільної роботи конструкцій. Основною проблемою залишається моделювання взаємодії конструкцій та їх розрахунок. Суттєві переваги в цьому питанні мають методи розрахунку на основі методу скінченних елементів, реалізованого у сучасних комплексах розрахунку та проектування.

В дослідженні проаналізовано положення нормативних документів України [1, 2], європейських [3] та інших міжнародних норм, вітчизняних та закордонних публікацій, присвячених вивченню впливу способів формування розрахункових сейсмічних ситуацій та оцінки параметрів НДС конструкцій при інтенсивних сейсмічних впливах.

В якості прикладу розглянуто багатоповерхову залізобетонну будівлю, запроєктовану для будівництва у сейсмічному районі України з використанням рамно-в'язевої конструктивної схеми. На основі розрахунку просторової комп'ютерної моделі з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР» [4], отримано параметри НДС несучих конструкцій при сейсмічному впливі, заданому за спектральним методом ДБН В.1.1-12 [3], при різних варіантах моделювання стінового

заповнення. Виконано порівняння динамічних характеристик, параметрів сейсмічної реакції та НДС конструкцій, отриманих за результатами розрахунків.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р. – 117 с.
2. ДСТУ ХХХХ:202Х Розрахунок будівель на стійкість до прогресуючого обвалення. Проект, перша редакція
3. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT).
4. ПК “ЛИРА-САПР” 2017. Керівництво користувача. Навчальні приклади. Під ред. академіка АІН України О. С. Городецького. – Електронне видання: 2017 г. – 535 с.

**Попович Костянтин Анатолійович**, магістр, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії. E-mail: kostiapopovich18@gmail.com  
**Андрухов Валерій Михайлович**, к.т.н., доцент кафедри БМГА, член-кореспондент академії будівництва України, очолює роботу СПКБ «ВІННИЦЯ-XXI». E-mail: [andruchov@vntu.edu.ua](mailto:andruchov@vntu.edu.ua)

#### *Assessment of the influence of wall filling on dynamic characteristics and the seismic response of the frame building*

##### **Abstract**

*The influence of taking into account the work of wall filling on the dynamic characteristics and parameters of the stress-strain state of the structures of the monolithic frame building was analyzed. Calculations of a three-dimensional computer model of a multi-story reinforced concrete frame building were performed using the LIRA-SAPR software complex.*

**Keywords:** stress-strain state, seismic impact, general constructions, masonry infill.

**Kostiantyn Anatoliiovych Popovych**, master's degree, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering. E-mail: kostiapopovich18@gmail.com

**Valery Mykhailovych Andrukhov**, Ph.D., associate professor of the BMHA department, corresponding member of the Academy of Construction of Ukraine, heads the work of SPKB "VINNITSYA-XXI". E-mail: vmandruchov@gmail.com

Басистий В. О.  
Андрухов В. М.  
Швидкий Д. В.

## ***Організація процесу експлуатації будівель на основі їх інформаційних моделей, як новий напрямок в галузі будівництва***

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

Опрацьовано наявний досвід та виконано аналіз інформації щодо використання BIM-технологій (реалізованих в середовищі Autodesk Revit), на предмет супроводу будівельного об'єкту під час періоду експлуатації.

**Ключові слова:** BIM-технології, впровадження BIM в сфері експлуатації, BIM-менеджер.

Інноваційний підхід до проектування, будівництва та експлуатації будівель та інфраструктурних об'єктів, який об'єднує інформацію та ресурси для кращого управління на всіх етапах життєвих циклів будівлі, став можливим. Деякі з найбільш очевидних схем та аспектів використання BIM-технологій після введення в експлуатацію об'єкта будівництва, це можливість зберегти всю інформацію про будівлю в єдиній базі даних. Після завершення будівництва ця інформація може використовуватися для ефективного управління об'єктом під час експлуатації [1].

Поки що BIM розвивається в сфері проектування та будівництва, це відбувається як покрокове впровадженням в відповідних організаціях. Натомість в малих підприємствах та службах, які займаються будівництвом, обслуговуванням та ремонтами в переважній більшості це співробітники з доволі не високим рівнем комп'ютерної грамотності, а й не рідко з не фаховою освітою, не кажучи про інженера BIM.

Так в програмах які підтримують BIM, однією із яких є Autodesk Revit, передбачено різні можливості та інструменти, які можуть всебічно розкрити ще на етапі проектування майбутні процеси які будуть мати місце під час експлуатації. Проте відсутність фахівців, досвіду, методології стримують запровадження BIM в процес експлуатації.

Не слід забувати, що ліцензія на програмні продукти такого плану є досить вартісною, а можливості та фінансова складова бажають кращого. ЖЕКи, ОСББ та інші підприємства і служби не завжди спроможні платити зарплату своїм працівникам, які займаються обслуговуванням та ремонтами. Тому перспектива, що на роботу візьмуть працівника, який буде фахово працювати з BIM моделлю [2], якого потрібно забезпечити робочим місцем та усім необхідним виглядає на сьогодні нездійсненною.

Як один з можливих варіантів, необхідно створити спеціальну організацію, яка візьметься за обслуговування об'єктів за умови, що наявний персонал має бути максимально обізнаний в програмі, до прикладу Autodesk Revit. Ось деякі ключові аспекти створення такої організації: BIM-менеджер [3] відповідає за координацію та керування всіма аспектами використання BIM в обслуговуванні будівель. Він співпрацює із замовниками та власниками будівель, забезпечуючи отримання BIM-моделей від проектної організації та подальшу обробку даних під час експлуатації. А інженера або працівники займаються конкретними аспектами моделі та надають необхідну інформацію.

Базуючись на закордонному досвіді, впровадження інтегрованої системи управління будівлями (BIM) і мережами, з забезпеченням безпеки та ефективності використання будівлями комунальних послуг може бути дуже корисним. Такі системи включають в себе віддалений моніторинг і керування аспектами будівельної інфраструктури, такими як електропостачання, опалення, кондиціонування повітря, безпека та інше. BIM дозволяє віддалено керувати системами, включаючи відключення води або електроенергії у випадку аварії або злому. Це додатково захистить будівлю від затоплення, пожежі та інших небезпек. Не варто забувати що



інформаційний простір моделі дає змогу розраховувати терміни служби, в окремих випадках складати календарні графіки та кошторисну документацію або полегшити її створення для проведення попереджувальних, планових або капітальних ремонтів. Можливості програми Autodesk Revit конвертації інформації в форматі Microsoft дасть змогу надавати замовнику отримати зручний для нього формат даних. Також є розробки окремих програмних продуктів які дозволяють через звичайний браузер відкрити 3D модель об'єкта із насиченою інформацією. При такому розкладі кожен кому нададуть доступ зможе виконати перегляд та залишити свій коментар, на щастя, ввести зміни можливо лише інженеру, при наявності відповідного доступу.

Може це здається складною або неможливою для здійснення задачею, але це дасть в майбутньому розвиток нової гілки працівників, та удосконалив процес ведення експлуатації в цілому. Логічним було б реалізація таких підприємств на державному, або на міському рівні. Управління об'єктами міської інфраструктури та історичними пам'ятками може бути дуже корисним, але рішення, яке має бути на державному або міському рівнях, залежить від конкретних задач і завдань. Якщо міська інфраструктура та історичні пам'ятки являються значущими та перспективними в багатьох містах або регіонах, то це може бути національним проектом і керувати ним краще на державному рівні. Це дозволяє стандартизувати процеси та забезпечити доступ до даних для різних рівнів влади.

Після можливої реалізації створення організації або такої структури, яка б взяла на себе відповідальність, при успішному результаті впливає логічний висновок про розширення можливостей та включення більшої кількості будівель та споруд різного призначення. Але до розширення та охоплення усіх об'єктів на території України потрібні рішучі кроки для впровадження BIM в сфері експлуатації.

#### **ВИСНОВКИ:**

Питання впровадження BIM у сферу обслуговування та використання під час експлуатації об'єктів інфраструктури є дійсно доцільним і може мати значний вплив на розвиток держави і суспільства загалом. Підвищення ефективності BIM дозволить створити інтегровану цифрову модель об'єктів, яка забезпечує доступ до всієї інформації про них. Це дозволяє збільшити ефективність управління та обслуговування об'єктів, зменшити час і витрати на роботу та ресурси. А створення, організацій, підприємств зорієнтованих на роботу в даній сфері, дасть змогу як найкраще реалізувати процес.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. (№ 152-р).
2. Андрухов В. М. Використання BIM-технологій та аналіз уніфікованої цифрової моделі (УЦМ) [Текст] / В. М. Андрухов, А. О. Колесник, В. В. Матвійчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – м. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2012.– №1. – С.104–108.
3. В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, Про один з можливих варіантів запровадження BIM-технологій в практику моделювання будівельних об'єктів. *СучТехнБудів*, вип. 25, вип. 2, с. 19–24, Лют 2019.

**Басистий Віталій Олександрович**, аспірант, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, E-mail: [vital.bass1@gmail.com](mailto:vital.bass1@gmail.com).

**Андрухов Валерій Михайлович**, к.т.н., доцент кафедри БМГА, член-кореспондент академії будівництва України, очолює роботу СПКБ «ВІННИЦЯ-XXI». E-mail: [vmandruchov@gmail.com](mailto:vmandruchov@gmail.com)

**Швидкий Дмитро Васильович**, аспірант, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії.

# ***Organization of the building operation process based on their information models as a new direction in the construction industry***

## **Abstract**

The existing experience was worked out and an analysis of the information regarding the use of BIM technology in the Autodesk Revit environment was carried out, for the purpose of supporting the construction object during the period of operation.

**Keywords:** BIM technologies, implementation of BIM in the field of operation, BIM manager.

***Vitaliy Oleksandrovych Bassisty***, PhD student, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, E-mail: vital.bass1@gmail.com.

***Valery Mykhailovych Andrukhov***, Ph.D., associate professor of the BMHA department, corresponding member of the Academy of Construction of Ukraine, heads the work of SPKB "VINNITSYA-XXI". E-mail: vmandruhov@gmail.com

***Shvidky Dmytro Vasylivych***, PhD student, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering.

## РУЙНУВАННЯ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Приведено аналіз відомих способів руйнування бетонних конструкцій будівель. Виконані лабораторні дослідження, показані особливості використання комбінованого навантаження і розроблено технологію, яка забезпечить зменшення витрат праці та вартості демонтажу бетонних конструкцій.

**Ключові слова:** конструкції, бетон, стиск, розтяг, імпульси, руйнування, комбіноване навантаження.

### Abstract

An analysis of known methods of destruction of concrete structures of buildings is given. Laboratory studies have been carried out, the features of using a combined load have been shown, and a technology has been developed that will ensure a reduction in labor costs and the cost of dismantling concrete structures.

**Keywords:** structures, concrete, compression, tension, impulses, destruction, combined load.

### Вступ

Ударні навантаження, під якими розуміють сукупні явища, що виникають при зіткненні тіл, що рухаються, дуже часто зустрічаються в інженерній практиці під час будівництва та експлуатації, як окремих конструкцій, так і цілих споруд. При цьому ударні навантаження можуть бути враховані при проектуванні, наприклад, конструкції фундаментів ковальських молотів і тиску вальцьових пресів, оголовки забивних паль тощо, а також можуть бути пов'язані з випадковістю, наприклад, випадкове зіткнення якогось тіла (транспорту, льоду, каміння та ін.) з елементами конструкцій або споруд.

Одночасно з ударною дією (запланованою або випадковою) матеріал конструкції сприймає статичні навантаження, пов'язані зі зміною температурно-вологісних умов експлуатації та техногенного впливу в процесі експлуатації чи в період руйнування при утилізації.

### Результати дослідження

Сумарна дія імпульсного, техногенного та екологічного впливів проводить руйнування конструкцій. Це ґрунтується на встановленому явищі, що в умовах ударної дії матеріал руйнується за більш низьких напружень у порівнянні зі статичними навантаженнями. У бетоні можна виділити такі складові: цементний камінь, що затвердів, зерна заповнювача, перехідний шар, що виконує функцію з'єднання складових, невикристалізовані зерна цементу, порожнеча (пори), заповнена повітрям або водою (водною парою) [1]. Отже, бетон є багатофазним з'єднанням – складним композитом. Технічна міцність бетону залежить від властивостей окремих фаз, їх відсоткового складу, структури, взаємного співвідношення та просторового оформлення. П. Петерсон [2] констатував зниження міцності бетону на розтяг разом із зростанням зерен заповнювача. Результати досліджень Райнхарда [3] та П. Налазамбі [4] довели, що міцність на розтягування та енергія тріщиноутворення була вищою у бетонів з заповнювачем з великою міцністю.

Традиційно для руйнування об'єкта, наприклад бетонної конструкції або каменю, використовують способи: статичний (розщеплення, дроблення, різання і розширення) і динамічний (ударний, вібраційний, вибуховий). В даний час найбільші результати досягнуті в удосконаленні технології руйнування будівельних конструкцій ударними методами, розщеплення, різання, дроблення і розширення.

Дослідження нових методів зумовлено наростанням екологічних проблем в Україні та необхідністю застосування енергозберігаючих технологій.

Відомий спосіб руйнування, при якому в об'єкті, який потрібно руйнувати, влаштовують отвір, у отвір поміщають суміш частинок ґрунту та води та суміш заморозують [5]. Коли суміш замерзає, створюється великий тиск розширення на навколишнє середовище і об'єкт руйнується.

Недоліком такого способу, є складність технології та велика вартість через використання обладнання для рідкого азоту, який використовують для заморозування суміші.

Відомий спосіб спрямованого руйнування, що включає етапи свердління отвору на камені тонкостінним свердлом, розміщення спеціального розширювального елемента в просвердлений отвір, сполучення джерела робочого середовища з входом спеціального розширювального елемента для руйнування каменю, збільшення тиску робочого середовища і передачі спрямованої дії сили на просвердлений отвір через оболонку спеціального розширювального елемента таким чином, щоб спрямована діюча сила рівномірно і ефективно прикладалася до стінок на периферії отвору розширювального елемента, щоб камінь тріснув [6].

Недоліком відомого способу є те, що розширювальний елемент діє на породу тільки у верхній частині свердловини, що має низьку ефективність руйнування, вартість такого обладнання велика, а термін застосування короткий.

Найбільш близьким по технічній сутності і досягнутому результату є спосіб руйнування бетону, що включає встановлення контейнера для руйнування в отворі, утвореному в об'єкті руйнування, запобіганні виходу ударного тиску під час руйнування на відкриту сторону отвору для кріплення заповненні його землею і піском, подачі електричної енергії на тонкі металеві дроти на короткий час за допомогою пристрою подачі енергії, при цьому тонкі металеві дроти швидко розплавляються та випаровуються, а руйнівний матеріал руйнується силою розширення [7].

Недоліком такого способу є низька ефективність руйнування через низькі деформаційні характеристики землі і піску, в порівнянні з бетоном, які влаштовують для запобіганні виходу ударного тиску під час руйнування на відкриту сторону отвору та малий об'єм контейнера для руйнування.

В основу магістерської дисертації поставлена задача розробки комбінованого способу руйнування каменю з використанням статичного та динамічного впливу для підвищення ефективності використання енергії розширення.

Поставлена задача вирішується тим, що в комбінованому способі руйнування бетонних конструкцій, що включає заповнення руйнівним матеріалом отвору, утвореному в об'єкті руйнування, встановлення електродів з тонкими металевими дротами, запобіганні виходу ударного тиску під час руйнування, подачі електричної енергії на тонкі металеві дроти на короткий час за допомогою пристрою подачі енергії, при цьому тонкі металеві дроти швидко розплавляються та випаровуються, а руйнівний матеріал руйнується силою розширення, попередньо напружують стінки отвору статичним навантаженням.

Технологічна схема використання запропонованого пристрою показана на рис. 1.

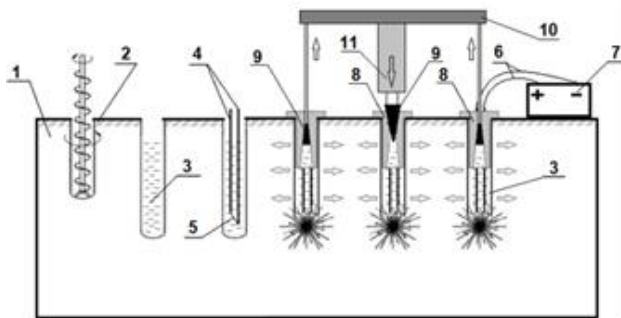


Рис.1 Схема комбінованого руйнування

Комбінований спосіб руйнування бетонних конструкцій, при якому в об'єкті руйнування 1, пробурені отвори 2, які заповнені руйнівним матеріалом 3 (наприклад, водою), розміщено електроди 4, до яких прикріплені тонкі металеві дроти 5 розрядного пристрою для здійснення імпульсного електричного розряду, з'єднані високовольтними кабелями 6 з батареєю конденсаторів 7. В отвори 2 вставлені розпірні елементи 8 з робочими клинами 9, прикріпленими до розпірної системи 10 з силовим пристроєм 11.

Спосіб здійснюють наступним чином. В об'єкті руйнування, (наприклад бетонній конструкції), пробурюють отвори на заздалегідь визначену глибину та заздалегідь заданого діаметру, заповнюють руйнівним матеріалом (наприклад, водою), розміщують електроди, до яких заздалегідь прикріплюють тонкі металеві дроти розрядного пристрою для здійснення імпульсного електричного розряду та під'єднують високовольтними кабелями до батареї конденсаторів. В отвори встановлюють розпірні елементи з робочими клинами, прикріпленими до розпірної системи з силовим пристроєм. Виконують статичне навантаження силовим пристроєм, при якому зусилля передають через робочі клини на розпірні елементи, які розпирають стінки отвору по лінії розколу. Потім здійснюють електричний розряд і генерацію ударних хвиль.

Статичні зусилля від силового пристрою передаються через робочі клини та розпірні елементи на стінки отворів, викликаючи напруження по лінії розташування отворів. Накопичена електрична енергія батареї конденсаторів через високовольтні кабелі подається на електроди, до яких прикріплені тонкі металеві дроти, які швидко плавляться і випаровуються, а руйнівний матеріал швидко розши-

рюється, створюючи ударний тиск, який динамічно впливає на робочі клини, розпірні елементи та стінки отвору.

В лабораторії кафедри БМГА ВНТУ виготовлена експериментальна установка для проведення експериментальних і технологічних досліджень, зображена на рисунку 2, та проведена серія експериментальних досліджень руйнування бетонних зразків (рис.3).



Рис. 2. Установка для статичного навантаження  
1 –зразок; 2 –силовий механізм; 3 –динамометр;  
4 –індикатор годинникового типу; 5 –клиновий анкер



Рис. 3 Характер руйнування бетонних зразків

### Висновки

Особливість використання запропонованої авторами технології руйнування, полягає в тому, що попередньо проводять статичне навантаження стінок отвору в бетонній конструкції, що підлягає руйнуванню, потім динамічне, при якому додаткова енергія при дії високовольтних імпульсних електричних розрядів на тонкий металевий дріт, занурений в руйнівний матеріал, створює динамічний тиск і витрачається на роботу з руйнування, підсилюючи статичний тиск на стінки отвору в конструкції, що підлягає руйнуванню.

Комбінування статичного і динамічного впливів при руйнуванні бетонних конструкцій дозволить підвищити ефективність руйнування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.2.7-221:2009 Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги. [Чинний від 2009-12-22]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 9 с.(Будівельні матеріали)
2. Petersson P.E., Crack growth and development of fracture zones in plain concrete and similar materials, Raport –TVBM, Lund Inst. of Technol, Sweden, 1981, p. 171–182.
3. Reinhardt H.W., Cornelissen H.W., Post–peak cyclic behaviour of concrete in uniaxial and alternating tensile and compressive loading, Cement and Concrete Research, 1984, №14(3), p.263–270.
4. Nallathambi P., i inni., Effect of specimen and crack sizes, water/ cement ratio and coarse aggregate texture upon fracture toughness of concrete, Mag. of Concrete Research, 1984, Vol.36, p.227–236.
5. Спосіб дроблення: патент JP 2790931 B2, МПК E04G23/08, опубл. 27.08.1998 р.
6. Спосіб і пристрій для обробки каменю: патент CN 101519965 A, МПК E21C37/10, опубл. 19.01.2011 р.
7. Метод знищення: патент JP 3770663 B2, МПК E21C 37/18, опубл. 26.04.2006 р.

**Бондарчук Вячеслав Олегович** – студент групи Б-22мз, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [slavunchik15@gmail.com](mailto:slavunchik15@gmail.com)

**Попович Микола Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [popovychnick@gmail.com](mailto:popovychnick@gmail.com)

**Vyacheslav Bondarchuk** – student of group B-22mz, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : [slavunchik15@gmail.com](mailto:slavunchik15@gmail.com)

**Mykola Popovych** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [popovychnick@gmail.com](mailto:popovychnick@gmail.com)

# **ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ПАРКІНГІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ОПОРУ ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*У науковій роботі розглянуто принципи архітектурного розпланування та конструювання надземних багаторівневих паркінгів, які вирішують актуальне питання недостачі паркомісць в умовах щільної забудови сучасних історичних міст України. Окреслено переваги та недоліки надземних паркінгів у порівнянні з іншими типами автостоянок. Описано принципи організації простору надземних паркінгів. Проаналізовано основні проблеми конструювання таких споруд та наведені приклади вирішення цих проблем. Проілюстровані нормативні нововведення щодо конструкцій багатоповерхових паркінгів з метою підвищення опору динамічним навантаженням та їх реалізація для більш надійного та безпечного користування цими будівлями населенням.*

**Ключові слова:** багаторівневий паркінг, будівля, паркомісце, автостоянка, залізобетонне перекриття, несучі конструкції

## **Abstract**

*Have been examined the principles of architectural planning and construction of above-ground multi-level parking lots, which solve the urgent issue of the lack of parking lots in the conditions of dense construction of modern historical cities of Ukraine in this scientific work. Have been outlined the advantages and disadvantages of above-ground parking in comparison with other types of parking. Have been described the principles of organizing the space of above-ground parking lots. Have been analyzed the main problems of the construction of such structures and have been given examples of solutions to these problems. Have been illustrated the normative innovations regarding the structures of multi-storey parking lots with the aim of increasing resistance to dynamic loads and their implementation for more reliable and safe use of these buildings by the population.*

**Key words:** multi-storey parking, building, parking lot, car park, concrete slab, supporting constructions

## **Вступ**

В наш час в густо заселених містах світу, загалом, та України, зокрема, існує гостре питання недостачі місць для паркування автомобілів. Рівень автомобілізації в містах України невпинно зростає та складає вже понад 200 автомобілів на 1 тисячу мешканців. Водночас, один автомобіль, навіть в умовах щільних стоянок займає набагато більше корисного простору, аніж людина у натовпі (близько 10 м<sup>2</sup> у порівнянні з 1 – 2 м<sup>2</sup>).

На сьогодні в умовах історичних міст, таких як: Львів, Чернівці, Київ тощо, ця проблема постає ще більш гостро, адже архітектурно-планувальна структура їх центральної частини, яка сформувалася ще у середні віки, не передбачала такий високий рівень автомобілізації [1]. Вінниця також відноситься до переліку історичних міст, тому проблема з нестачею місць для паркування, тимчасового та тривалого зберігання автомобілів давно є головним болем муніципалітету.

Проблему тривалого та тимчасового розташування автомобілів в умовах щільної забудови прийнято вирішувати будівництвом автостоянок та паркінгів. Вони бувають підземними, наземними та надземні. Наземні паркінги (територія із твердим покриттям в межах двору будівлі) є гарним рішенням у випадку наявності достатнього простору поблизу з будівлею, причому, якщо мова йде про житлову забудову, від кількості мешканців прямо залежить розмір ділянки, яку потрібно зарезервувати під паркінг на прибудинковій території. Крім того, звичайні наземні автостоянки доцільні і економічно вигідні поблизу невеликої офісної будівлі.

Проте, часто, особливо в умовах хмарочосів спальних районів, великих торговельно-офісних центрів, кількість паркомісць має бути значно більшою аніж площа всієї прибудинкової території.

В цьому випадку проєктувальникам нового будівельного комплексу радять використовувати підвальні приміщення будівель для паркування, а парковки в цьому випадку, перетворюються у підземні споруди. Дійсно, у межах відведеної площі забудови можна збудувати декілька підземних рівнів парковок. Однак, незважаючи на зручність, адже підземні паркінги знаходяться в безпосередній близькості до потрібного місця перебування власника автомобіля та на високий рівень безпеки та на компактність парковки, використання підземних паркінгів вкрай обмежене. В першу чергу, улаштувати такий паркінг можливо тільки при новому будівництві за відсутності високого рівня ґрунтових вод. Такі паркінги обладнують потужною системою примусової вентиляції, протипожежним не проникним перекриттям з поверхами, які використовують люди для громадських потреб та житла, потужними системами оповіщення про пожежу та пожежогасіння.

Отже, найоптимальнішим рішенням в умовах щільної міської забудови, що сформувалася, можуть бути надземні паркінги.

Надземний паркінг – це багатоповерхова будівля, яка служить для паркування автомобілів та зазвичай знаходиться біля торгових або офісних центрів, або недалеко від щільної житлової забудови. На відміну від інших будівель дах паркінга одночасно виконує функцію верхнього рівня паркування. Ясно, що конструкції надземного паркінга мають бути достатньо міцними та жорсткими для сприйняття навантажень від автомобільного транспорту, водночас, їх конструкція не має містити значної кількості перешкод (якими є колони чи стіни будівлі) на шляху руху автомобілів, що паркуються.

Отже, постає задача наукового дослідження – на запропонувати надійне конструктивне рішення надземного паркінгу на основі архітектурно-планувальних напрацювань в умовах щільної забудови одного з обласних центрів України.

### Основна частина

Для прикладу розглянемо історичний центр місті Вінниця, типового обласного центру України із щільною забудовою та величезною проблемою відсутності достатньої кількості паркувальних місць. У історичному центрі міста наявна стара багатоповерхова забудова, яка, на сьогодні, використовується, як житло та для громадських потреб. Вздовж центральної магістралі міста, вулиці Соборної, де зосереджений муніципалітет, обласна адміністрація, велика кількість інших адміністративних будівель, шкіл, та супермаркетів, відсутні великі резерви площ для створення нових автостоянок [4]. Крім того, на незначній глибині від поверхні дорожнього покриття прокладена ціла низка підземних водонесучих комунікацій і, навіть, протікає, захована у труби, підземна річка. Саме через це поблизу вулиці Соборної немає можливості будувати підземні парковки. Як наслідок, всі вулиці, що межують із Соборною, з ранку до пізнього вечора забиті автомобілями, які використовують праву смугу цих доріг у якості стоянок.

Гарним рішенням для цієї проблеми могли б стати надземні паркінги, що не вимагають великої території забудови, у порівнянні з наземні. Багаторівневі надземні паркінги, як варіант, можуть бути прибудованими до вже існуючих будівель, що власне і робить їх достатньо універсальними [2].

Незважаючи на усі плюси такого формату паркінгів, присутній і ряд проблем, з яким стикаються будівельники ще на етапі проєктування цих будівель. Одна з них – це вибір виду переміщення автомобілів між поверхами (рівнями паркування). На рис.1 наведена порівняльна характеристика рампової (варіант 1) та механізованої/автоматизованої (варіант 2) багатоповерхової автостоянки [2]. На сьогодні для України другий (механізований) варіант є не зовсім актуальним і рентабельним з огляду на енергозалежність. Також, механізований варіант пересування автомобілів потребує значно більших затрат при будівництві та експлуатації, а також постійного перебування на місці людей, які б обслуговували ці механізми, адже у випадку їх несправності, відбуватиметься фактично унеможливлення видачі автомобілів. Хоча потреба у більшій площі для рампових паркінгів є недоліком, на даний момент це рішення більш актуальне для автопаркування в Україні, яка переживає тривалу економічну і технологічну кризу. Але варіант механізованих паркінгів доцільно розглядати у подальшому, як перспективний [2].

Наступною проблемою при проєктуванні багатоповерхових паркінгів є вибір правильного конструктивного рішення перекриття з великими прольотами, що має витримувати власну навантаження від людей, обладнання та від автомобілів.

## Багатоповерхова надземна автостоянка

### Рампова автостоянка

### Механізована парковка

#### Переваги:

1. Низькі експлуатаційні витрати
2. Можливість улаштування на ділянках зі складними інженерно-геологічними умовами та при великих перепадах рельєфу
3. Багатофункціональність (приміщення можна використовувати, як для зберігання автомобілів, так і для їх обслуговування)

1. Технологічність,
2. Можливість улаштування у вкрай стиснених умовах. Більший відсоток корисної площі від загальної площі приміщень
3. Безшумність, екологічність

#### Недоліки:

Велика площа земельної ділянки для спорудження через необхідність організації заїзних пандусів, необхідність відводу токсичних газів, особливо при парковочних маневрах, необхідність розділення потоків машин, що паркуються, та водіїв, які залишають паркінг

Висока вартість механізованого обладнання, автоматики, енергозалежність, необхідність постійно перебуваючого високо кваліфікованого персоналу, проблема видачі авто при поломці, тривозі.

Рис.1. Переваги і недоліки спорудження А – рампових багатоповерхових паркінгів; Б – механізованих/автоматизованих багатоповерхових паркінгів.

Тимчасові динамічні навантаження від автомобілів, що діють протягом великого проміжку часу, мають великий вплив на перекриття, тому доцільно використовувати залізобетонні, густо армовані потовщені плити перекриття із ребрами жорсткості, або потужні несучі сталебетонні пролітні конструкції.

На опір динамічним навантаженням впливає і форма будівлі. Тому циліндрична чи квадратна форма з центральним ядром жорсткості більш стійка до динамічних навантажень, аніж прямокутна видовжена. Однак такі планувальні рішення не завжди вписуються у відведені земельні ділянки, які, в умовах стисненої забудови центральної частини історичних міст України, часто мають видовжений прямокутний абрис плану.

Ще однією проблемою, з якою стикаються проектувальники є організація простору паркінгу. Для зручного та безпечного пересування людей та автомобілів необхідно влаштувати окремі виходи і входи для людей. Також потрібно забезпечити місця для пересування людей безпосередньо на автостоянці, що будуть відокремлені від проїзної частини, де рухаються автомобілі в межах паркінгу. Звичайно ці зони впливають на збільшення площі забудови, адже розміри цих проходів повинні бути узгодженні з будівельними нормами, щоб забезпечити безпечне пересування людей та не перешкоджати вільному руху автомобілів.

Важливою проблемою при проектуванні багатоповерхових паркінгів є їх пожежостійкість та відповідність нормам пожежної безпеки. Саме тому багаторівневі надземні паркінги часто роблять відкритими (продуваемими) спорудами. Захист від можливої пожежі через розлив паливо-мастильних матеріалів надзвичайно важливий та економічно затратний, тому що вимагає певних вартісних інженерних систем та конструктивних рішень для пожежної безпеки. Необхідно забезпечувати нормативну ширину проходів та проїздів, улаштовувати спеціальні люки тощо. Також повинні застосовуватись вогнестійкі матеріали для усіх елементів конструкції паркінгу, що дозволить їм зберігати свою міцність і непроникність протягом періоду часу експлуатації. Не менш важливими є автоматичні системи протипожежного захисту у вигляді систем сигналізації, пожежогасіння та димовидалення. Такі заходи безпеки повинні підлягати регулярному огляду та обслуговуванню, для забезпечення їхньої справності та ефективної роботи.

На сьогодні впроваджено багато нормативних нововведень, що сприяють вдосконаленню конструкції та організації простору багатоповерхових паркінгів. Наприклад, більшу увагу почали приділяти створенню комфортних умов для маломобільної групи населення (рис. 2). Станом на 2022 рік кількість паркомісць для маломобільної групи населення у місті Вінниця становить близько 3% [4]. Цей відсоток не відповідає актуальному нормативному відсотку, який складає 10% від загальної кількості паркомісць на автостоянці [3], проте прослідковується тенденція до покращення. Нові паркінги будують із дотриманням необхідних вимог інклюзивності.

Ще одним важливим аспектом при проектуванні багатоповерхових паркінгів є їхня архітектурна привабливість. Довгий час не враховувався загальний вигляд нової будівлі в межах історичної забудови, проте зараз на це звертають більшу увагу та використовують різні підходи.



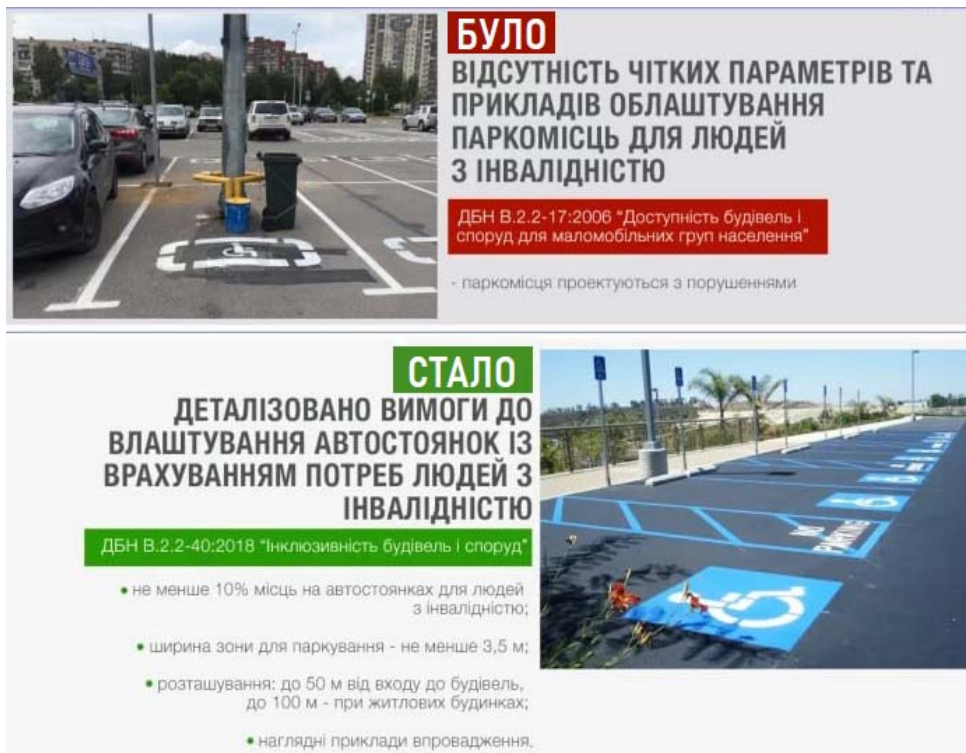


Рис.2 Нововведення та зміни у нормативах по паркінгах

Автостоянки та паркінги доцільно розташовувати за межами історичних місць, що дозволяє захистити історичну забудову від погіршення загального. Однак, такий підхід до вирішення питання не минуче призведе до додаткових витрат на транспортування людей та вантажів [2]. Інший, більш раціональний, підхід базується на ідеї проектування автостоянок та паркінгів таким чином, щоб вони гармонійно вписувалися в історичний контекст. Цей підхід може бути більш складним і дорогим, але він дозволяє зберегти історичну забудову та забезпечити зручне паркування автомобілів. На рис. 3 показана архітектурно-планувальна пропозиція, щодо улаштування паркінга за будівлею муніципалітету, закомпонованого у стилі «Хай-тек», яка вписана у складний рельєф місцевості.

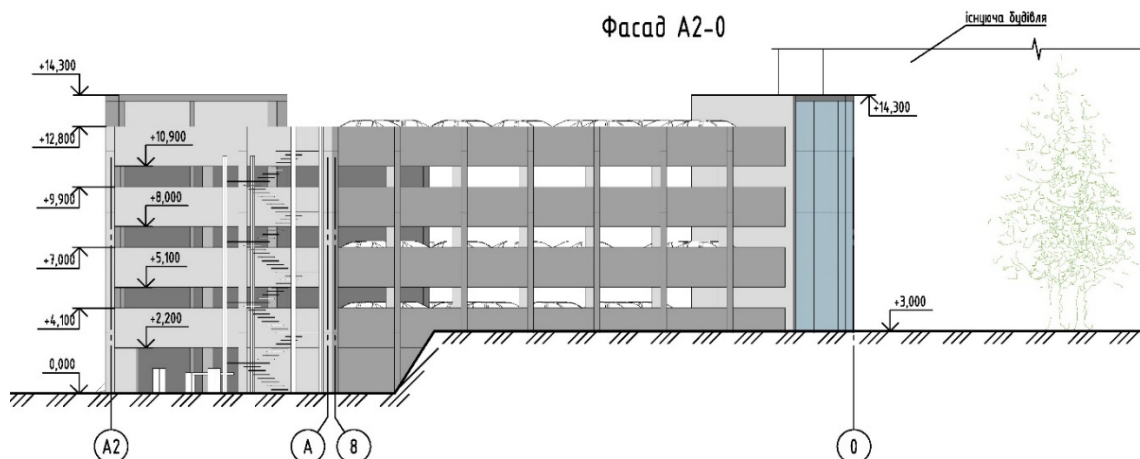


Рис. 3. Архітектурна пропозиція п'ятиповерхового рампового паркінга поблизу існуючої будівлі Вінницького муніципалітету.

Не менш необхідним є система вентиляції приміщень паркінгів. Для спрощення системи вентиляції надають перевагу надземним паркінгам, які мають гарну продуваемість. Природна вентиляція забезпечується за рахунок різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря, а також за рахунок конвекції, що виникає в результаті руху автомобілів. Такий тип вентиляції є найпростішим і найдешевшим. Прикладом такого виду паркінгів є автостоянка біля ТРЦ SkyPark у місті Вінниця, що зображена на рис.4.

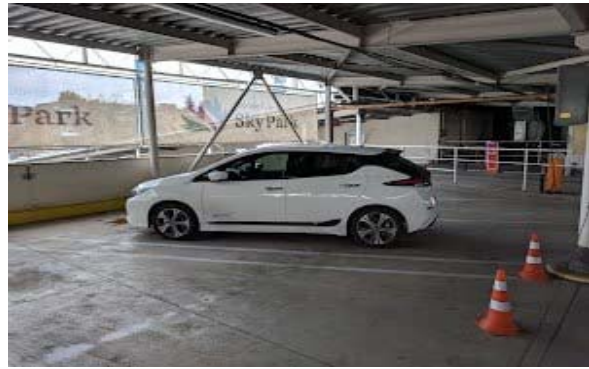


Рис.4. Вид з середини автостоянки біля ТРЦ SkyPark у місті Вінниця

### Висновки

При виконанні цієї узагальнюючої наукової роботи було проведено аналіз актуальної проблеми нестачі паркомісць в історичних густо заселених містах України та виявлено конкретні фактори, що впливають на це на прикладі центральної частини міста Вінниця. Було проведено порівняльну характеристику типів автостоянок та визначено, що конструктивно раціональним рішенням є надземні багатоповерхові рампові паркінги. Було висвітлено важливі критерії вдосконалення таких будівель, шляхом улаштування міцних ребристих перекриттів з залізобетону чи сталобетону, які мають великий загальний вплив на міцнісні характеристики конструкцій паркінгів та безпечно і комфортно їх використання усіма групами населення, у тому числі і маломобільними.

Зважаючи на вищенаведені факти, слід враховувати необхідність дотримання вимог щодо забезпечення міцності конструкцій багатоповерхових автостоянок, шляхом підсилення їх конструкцій перекриття, що детальніше буде розглянуто у наступних роботах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Любицький Р.Г. Формування мереж об'єктів паркування індивідуального автотранспорту в історично сформованих містах (на прикладі м. Львова) / Р.Г. Любицький // Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2018.
2. П 76 Принципи архітектурно-планувальної організації багатоповерхових автостоянок: колективна наукова монографія / В. В. Куцевич, С. С. Кисіль, А.С. Білик та ін. — К.: КНУТД, УЦСБ, 2018. — 184 с.
3. ДБН В.2.3-15:2007. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів [На заміну ВСН 01-89 у частині проектування автостоянок і гаражів для легкових автомобілів, а також Додатку Є ДБН В.2.2-9-99]. [Чинний від 2007-08-01] – К.: Мінбуд України, 2007. (Національні стандарти України).
4. Бондар А. В., Максименко М. А., Дремлюга С. О. 2022. Дослідження стану паркувального простору міста Вінниця. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»: Вінницький національний технічний університет, Вище художнє професійно-технічне училище № 5 м. Вінниця

**Попов Володимир Олександрович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com) ORCID 0000-0003-2379-7764

**Чорна Ірина Олександрівна** – студентка факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, email: [chornaira14@gmail.com](mailto:chornaira14@gmail.com).

**Popov Volodymyr O.** — Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Chorna Iryna O.** – student of Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [chornaira14@gmail.com](mailto:chornaira14@gmail.com).

# ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРІВЛІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Вінницький національний технічний університет;

## *Анотація*

*Запропоновано способи покращення енергетичної ефективності будівель за рахунок вдосконалення покрівельних систем. Розглянуто варіанти покращення властивостей огорожувальних конструкцій.*

**Ключові слова:** енергоефективність, покрівля, холодний дах, зелена покрівля, пасивні технології.

## *Abstract*

*Ways to improve the energy efficiency of buildings by improving roofing systems are proposed. Options for improving the properties of building envelopes are considered.*

**Keywords:** energy efficiency, roof, cold roof, green roof, passive technologies.

## Вступ

Нові технології стають невід'ємною частиною будівель, створюючи більш динамічні та інтерактивні структури. Ефективні механічні та розумні системи сприяють енергетичній ефективності будівлі. Ці системи можуть покращити самодостатність електропостачання, допомогти зменшити викиди парникових газів покращити теплотехнічні та енергозберігаючі показники будівлі. Поверхні дахів постійно привертають увагу щодо встановлення різноманітних енергоефективних систем. Міські дахи є потенційним джерелом води, енергії та їжі, які роблять міста більш стійкими та сталими. Використання інтелектуальних технологій, таких як сонячні батареї, холодні дахи, кольорові та відбивні покрівлі, можуть допомогти досягти усіх енергетичних і кліматичних цілей [1].

## Результати дослідження

Протягом останніх десятиліть швидке економічне зростання та урбанізація створили велику кількість кластерів бетонних будівель високої щільності в деяких районах. Незважаючи на те, що цей метод планування задовольнив потреби збільшення чисельності населення та обмеження земельних ресурсів, а також покращив ефективність використання об'єктів громадського обслуговування, він також створив проблему ефекту міського теплового острова (УНІ). Для пом'якшення цього ефекту суспільством запропоновано багато заходів, і модифікація фізичних властивостей зовнішніх будівельних поверхонь є одним із таких методів. У звіті «Технологічна дорожня карта», опублікованому Міжнародним енергетичним агентством [2], понад 40% очікуваної економії попиту на енергію опалення та охолодження пояснюється безпосередньо вдосконаленням огорожувальних конструкцій будівлі. У цьому звіті визначено деякі стратегії для оптимізації річної ефективності покрівлі, такі як вентиляція над палубою, ізоляція, охолоджувальні матеріали та радіаційні бар'єри, зелений дах, застосування матеріалів зі зміною фаз.

Поверхні даху будівлі становлять 20–25% від загальної площі міських поверхонь, тому їх можна успішно використовувати для зниження температури повітря та поверхні міської території. Більше того, дах можна розглядати як п'ятий фасад будівель, а його поверхню можна переосмислити як платформу для багаторазового використання, дії та потенційних ефектів трансформації міста. Удосконалення будівельних структур і систем за допомогою активних і пасивних енергоефективних технологій або виховання поведінки мешканців щодо усвідомленого ставлення до енергії може покращити енергоспоживання будівель та їх продуктивність.

На сьогоднішній день існує декілька способів модифікації покрівель, які набувають широкого застосування. Серед них виділяють:

- зелені дахи;
- відбивний дах/ «холодна» покрівля.

Механізм зниження температури за допомогою зеленого даху є дуже складним, оскільки він включає випаровування, затінення та теплоізоляцію. Згідно з останніми дослідженнями, зелені дахи демонстрували різні теплові та енергетичні показники в різних кліматичних умовах, тому вплив зелених дахів на споживання енергії будівлями також буде різним. Відповідно до експерименту, проведеного в помірному середземноморському кліматі [3] виявили, що зелена покрівля здатна знизити температуру в середньому на 12 °С порівняно з чорною бітумною покрівлею влітку, а також підтримувати значення, яке було на 4 °С вище взимку.

Ще одним способом вирішення проблеми терморегуляції є використання холодних пігментованих покриттів на зовнішніх поверхнях. «Холодними» вважаються дахи, що відображають більшу частину світлового потоку, що падає на них, і ефективно відводять зі своєї поверхні тепло. Такі дахи найчастіше мають білий колір та відбивають весь спектр сонячного випромінювання. Традиційно темні тони, широко використовуються з естетичної точки зору або для того, щоб бруд було важче побачити. Однак, оскільки чорний колір поглинає сонячне світло, темні кімнати влітку стають значно теплішими. А дахи з білої мембрани мають вищу відбивну здатність і допомагають зменшити споживання енергії будівлею. "Холодний" дах можна зробити практично з будь-якої покрівлі, нанісши на неї спеціальне покриття. Так, мер Нью-Йорка Майкл Блумберг пропонував програму зі зниження викидів парникових газів у місті на 30% до 2030 року, в тому числі завдяки оснащенню покрівель акриловим покриттям білого кольору.

## Висновки

Встановлено, що для покращення роботи покрівлі будинків та її теплотехнічних і енергозберігаючих показників необхідно встановлювати різноманітні енергоефективні системи. Актуальними та економічно вигідними варіантами є зелені дахи та «холодні» покрівлі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Todeschi, V.; Mutani, G.; Baima, L.; Nigra, M.; Robiglio, M. Smart Solutions for Sustainable Cities—The Re-Coding Experience for Harnessing the Potential of Urban Rooftops. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 7112. <https://doi.org/10.3390/app10207112>.
2. Fabrizio Ascione, Rosa Francesca De Masi, Mattheos Santamouris, Silvia Ruggiero, Giuseppe Peter Vanoli, Experimental and numerical evaluations on the energy penalty of reflective roofs during the heating season for Mediterranean climate, *Energy*, Volume 144, 2018, Pages 178-199, ISSN 0360-5442.
3. Yang He, Hang Yu, Akihito Ozaki, Nannan Dong, Thermal and energy performance of green roof and cool roof: A comparison study in Shanghai area, *Journal of Cleaner Production*, Volume 267, 020, 122205, ISSN 0959-6526.

*Середюк Станіслав Віталійович*— студент групи 2Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: *Блащук Наталя Вікторівна*— к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: blaschuk@vntu.edu.ua.

*Serediuk Stanislav* — student of 2B-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Supervisor: *Blaschuk Natalia* — Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University. E-mail: blaschuk@vntu.edu.ua.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ У ФУНДАМЕНТІ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Досліджено вплив жорсткості надфундаментних конструкцій каркасних будівель на перерозподіл зусиль у плитному фундаменті. В якості методу дослідження використане числове моделювання взаємодії елементів системи «основа-фундамент-надземна конструкція».*

**Ключові слова:** фундамент, основа, плитний фундамент, каркасна будівля, надземна конструкція.

### **Abstract**

*The influence of the rigidity of the above-foundation structures of frame buildings on the redistribution of forces in the slab foundation was studied. Numerical modeling of the interaction of elements of the "base-foundation-above-ground structure" system was used as a research method.*

**Key words:** foundation, base, slab foundation, frame building, above-ground structure.

### **Вступ**

Монолітно-каркасний будинок – це будівля з монолітного залізобетонного каркасу, утвореного колонами і перекриттями, між якими споруджені стіни з газоблоку чи цегли, а також можуть застосовуватись інші матеріали. Монолітні ділянки будинку забезпечують його основну несучу здатність, тому він відрізняється високою жорсткістю і стійкістю. Поверхи будинку жорстко пов'язані між собою до самого фундаменту. Будівля виходить настільки міцна, що монолітні колони використовують як обов'язковий елемент житлового будівництва в сейсмонебезпечних регіонах, а технологія стала однією з найпопулярніших у світі.

Плитні фундаменти у формі плоских або ребристих залізобетонних плит використовуються в різних ситуаціях. Зазвичай це стає потрібним, коли необхідно переносити великі навантаження на ґрунт з низьким розрахунковим тиском, або коли плита виконує роль гідроізоляційного елемента для високого рівня ґрунтових вод. Іншим важливим випадком використання таких фундаментів є ситуація, коли обчислені площі окремих фундаментів становлять більше 50-60% від загальної площі забудови.[1]

### **Результати дослідження**

Рекомендується використовувати спільний підхід до визначення навантаження на елементи будівель та деформацій основи, охоплюючи розрахунок фундаменту, надфундаментних конструкцій і структурного плану ґрунту з урахуванням його неоднорідності [1, 2]. Використання такого комплексного розрахунку дозволяє отримати більш деталізовану модель навантаження на ґрунтову основу та надфундаментні конструкції. Так само, як вплив жорсткості будівлі на ґрунтову основу та рівень осідання, нелінійні характеристики ґрунту визначають розподіл навантажень в надфундаментних конструкціях за допомогою цього спільного розрахунку. Отже, цей інтегрований підхід встановлює важливий зв'язок між розрахунковою моделлю будівлі і ґрунтовою основою.

Розглянемо просторову задачу, в якій фундамент та надфундаментні конструкції працюють спільно, а також поступове заміщення надфундаментних конструкцій на еквівалентне навантаження. Для розрахунків обрано каркасну 16-типоверхову житлову будівлю із плитним фундаментом (рис.1).

Для порівняння було проведено розрахунки із 16-ма поверхами, 7 поверхами, 3-ма поверхами та 1 поверхом. Розрахунок проводився у ПК Ліра САПР.

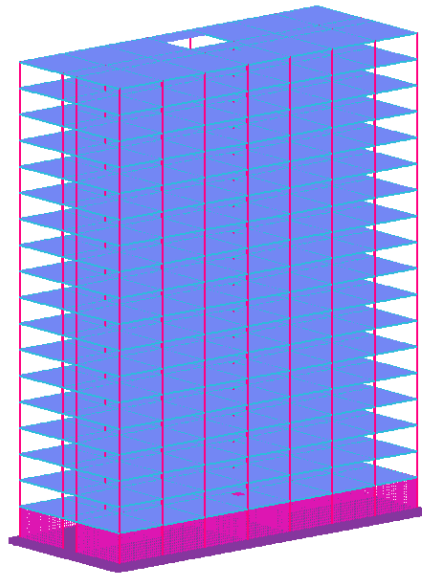


Рис. 1. Розрахункова схема будівлі

На діаграмах осідань (рис. 2 а – г) для каркасної будівлі, можемо спостерігати, що за рахунок плит перекриття, які працюють спільно із колонами, утворюється жорсткий диск. Завдяки цьому, незалежно від кількості надземних конструкцій та прикладеного еквівалентного навантаження замість решітки, результати розрахунку осідання майже однакові.

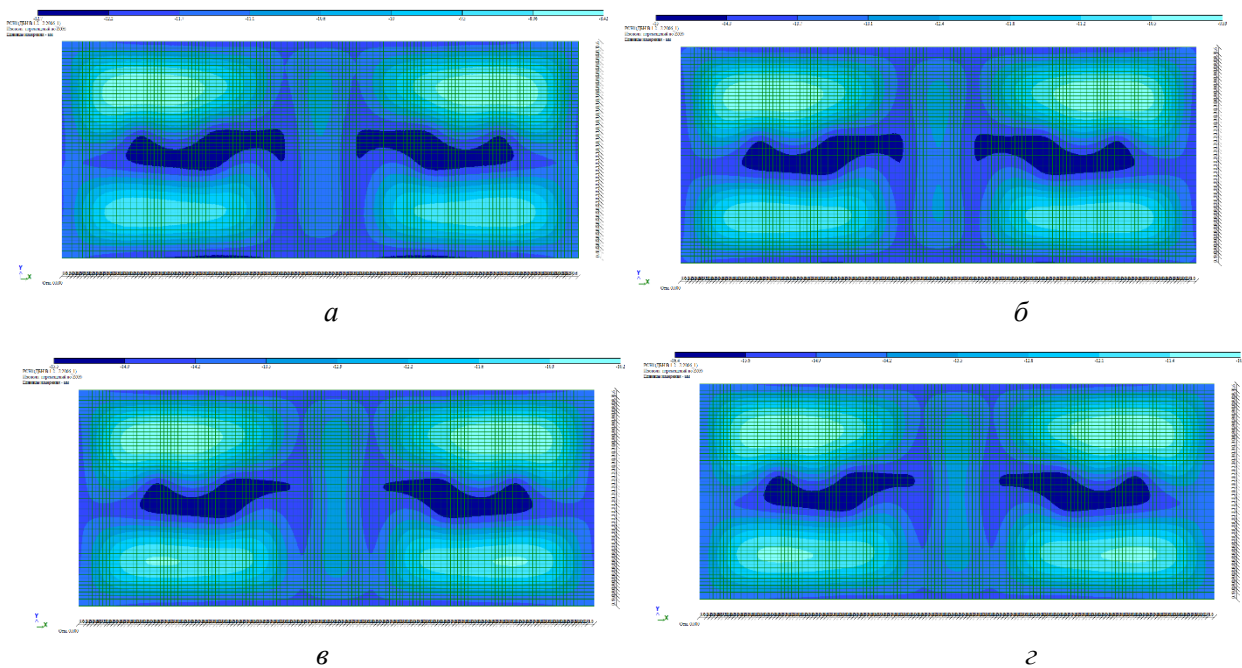


Рис. 2. Діаграма осідань: а - при 16 поверхах, б – при 7 поверхах, в – при 3 поверхах, з – при 1 поверсі

## Висновки

Як можемо спостерігати надфундаментні конструкції у каркасних будівлях не мають особливого впливу на перерозподіл напружень у фундаментній плиті.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: [підручник]/ [М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О.О.Петраков, В.Б.Швець, О.В.Школа, С.В.Біда, Ю.Л.Вінніков].- Полтава, 2003. - 446 с.
2. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. - 161 с.

**Штойко Крістіна Олександрівна** - студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Маєвська Ірина Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства і архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Stojko Kristina Oleksandrivna** - student of group 1B-22m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Mayevska Iryna Viktorivna** - — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of construction, urban economy and architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## РОБОТА ДВОЩІЛИННОГО ФУНДАМЕНТУ ПРИ ДІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В роботі на підставі чисельного моделювання виконаний аналіз напружено-деформованого стану двощілинних мало заглиблених фундаментів. Розглянуто характер зміни несучої здатності двощілинних фундаментів в залежності від глибини закладання та зміни відстані між щілинами.*

*Виконано порівняння з напружено-деформованим станом класичних стрічкових фундаментів, що мають аналогічні геометричні параметри.*

**Ключові слова:** математичне моделювання, двощілинний фундамент, несуча здатність, осідання.

### *Abstract*

*In the work, based on numerical modeling, an analysis of the stress-strain state of two-slot shallow foundations is performed. The change in the nature of its bearing capacity in relation to the depth of training and the change in the distance between the slits is considered.*

*A comparison was made with the stressed-deformed state of strip foundations having similar geometric parameters.*

**Keywords:** mathematical modeling, slot foundation, bearing capacity, subsidence.

### **Вступ**

Одним зі способів збільшення ефективності фундаментів є розробка нових конструктивних форм фундаментів, що дозволяють підвищити несучу здатність, знизити витрати матеріалів, спростити технологію влаштування. Розробка більш ефективних конструктивних форм з одного боку, і вдосконалення методів розрахунку, які дадуть кількісний та якісний результат поведінки навантажених фундаментів, - з іншого, дають можливість значно зменшити витрати матеріалів, а тим самим і загальну вартість будівництва. Малий досвід застосування мало заглиблених (глибиною до 4 м) щілинних фундаментів показав, що такі фундаменти можуть бути економічно ефективними та при певних ґрунтових умовах та конструктивних особливостях будівлі, бути конкурентами класичним типам фундаментів. На теперішній час відсутні методи розрахунку мало заглиблених щілинних фундаментів.

Усі перераховані вище проблеми говорять про актуальність досліджень двощілинних фундаментів.

Метою даної роботи є визначення залежності несучої здатності двощілинного фундаменту від геометричних параметрів щілин та порівняння їх роботи з класичними стрічковими фундаментами.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Щілинними називають фундаменти, що виконуються в вузьких і глибоких щілинах із заповненням їх бетоном в розпір без опалубки або шляхом занурення забиванням у відкриту щілину збірного залізобетонного, розширеного до верху, блоку [1-3].

Розрізняють щілинні фундаменти мілкового закладення шириною 0,15-0,6 м і глибиною від 1 до 3 м і глибокі, що влаштовуються в щілинах шириною 0,4-1 м на глибину до 20-35 м.

Щілинні фундаменти мілкового закладення в нашій країні почали розвиватись та застосовуватися з 80-х років минулого століття завдяки роботам Е. А. Сорочана, В. В. Павлова, Е. М. Перлея, Р. Г. Ревазішвілі, В. Ф. Раюка, В. Г. Півень, П. А. Коновалова, В. К. Ярутін, К. П. Кацова та інших. Щілинні фундаменти глибокого закладення найбільший розвиток отримали за кордоном в Німеччині, Франції, США, Італії та інших країнах.

У даній роботі розглядаються та досліджуються двощілинні фундаменти мілкового закладення, що виконуються в різних інженерно-геологічних умовах, без кріплення стінок щілин на глибину не більше 3 м.



Для розв'язання поставленої задачі необхідно виконати моделювання методом скінчених елементів роботи двощільного фундаменту під дією вертикального навантаження в програмному комплексі Plaxis. Основна мета моделювання полягає в встановленні якісної та кількісної картини несучої здатності двощільного фундаменту від різних факторів, а саме: геометричних параметрів щілини та фундаменту в цілому та фізико-механічних характеристик ґрунтової основи. Ґрунтова основа приймається однорідною.

При моделюванні були прийняті наступні передумови і параметри:

- модель ґрунту основи – пружно-пластична модель Кулона-Мора;
- основа однорідна;
- модель щільного фундаменту з різною довжиною щілин;
- відстань між щілинами в осях 3d, 5d та 7d;
- розміри розрахункової області в плані 30x30 м, по глибині 20 м;
- за несучу здатність двощільного фундаменту приймається значення зовнішнього навантаження на кінці прямолінійної ділянки графіку залежності «навантаження–осідання» при досягненні допустимого значення осідання.

При моделюванні роботи щільного фундаменту під дією вертикального навантаження були враховані наступні фази роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаменту (початкова фаза);
- влаштування щільного фундаменту(перша фаза);
- робота фундаменту під дією вертикального навантаження(друга фаза).

Моделювання напружено-деформованого стану системи «двощільний фундамент–ґрунтова основа» виконано з ґрунтовою основою – рослинний шар потужністю 0,5 м та суглинок потужністю 19 м з характеристиками  $\gamma=17,5 \text{ кН/м}^3$ ,  $\gamma=19,3 \text{ кН/м}^3$ ,  $E=19 \text{ МПа}$ ,  $c=28 \text{ кПа}$ ,  $\phi=22^\circ$ .

Результати моделювання показали що із збільшенням відстані між щілинами краще включається в роботу ґрунт в міжщілинному просторі під підшовою ростверку і краще реалізує свою несучу здатність по ґрунту щілина.

На рис. 1-4 наведено графіки залежностей навантаження – осідання для щільних фундаментів та стрічкових фундаментів мілкого закладання.

З графіків видно, що основа щільного фундаменту має менші деформації у порівнянні з стрічковими фундаментами з аналогічними геометричними параметрами.

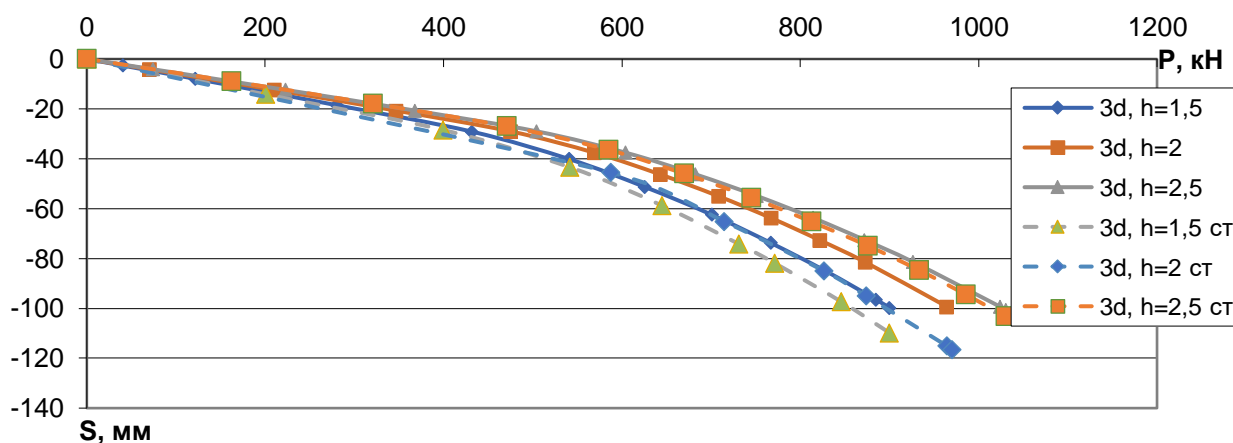


Рис. 1. Графіки залежності осідання – навантаження для щільного фундаменту з шириною ростверку 0,8 м при різній глибині щілин та стрічкового фундаменту шириною 0,8 м з різною глибиною закладання

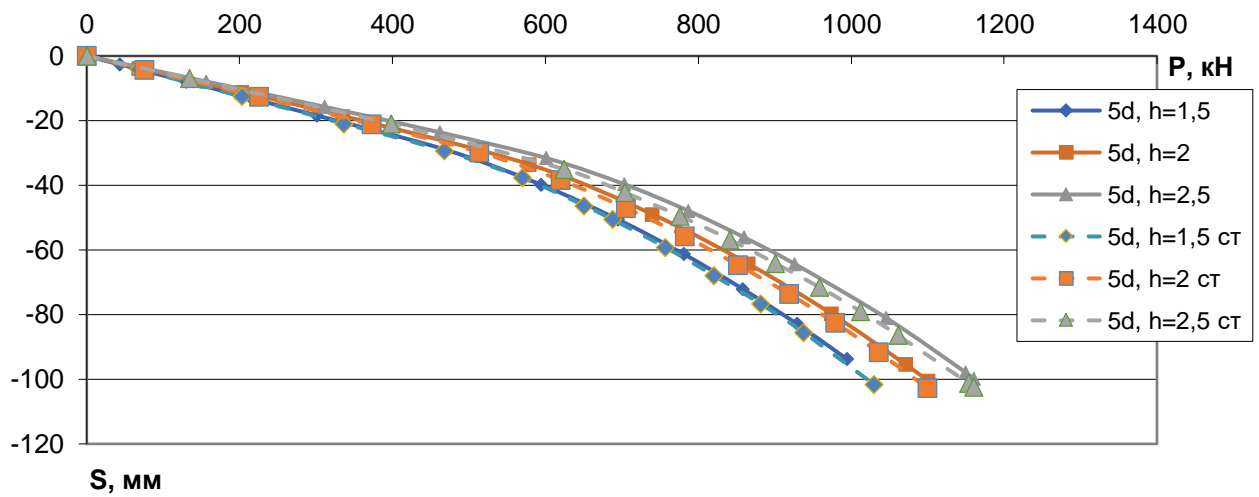


Рис. 2. Графіки залежності осідання – навантаження для щілинного фундаменту з шириною ростверку 1,2 м при різній глибині щілин та стрічкового фундаменту шириною 1,2 м з різною глибиною закладання

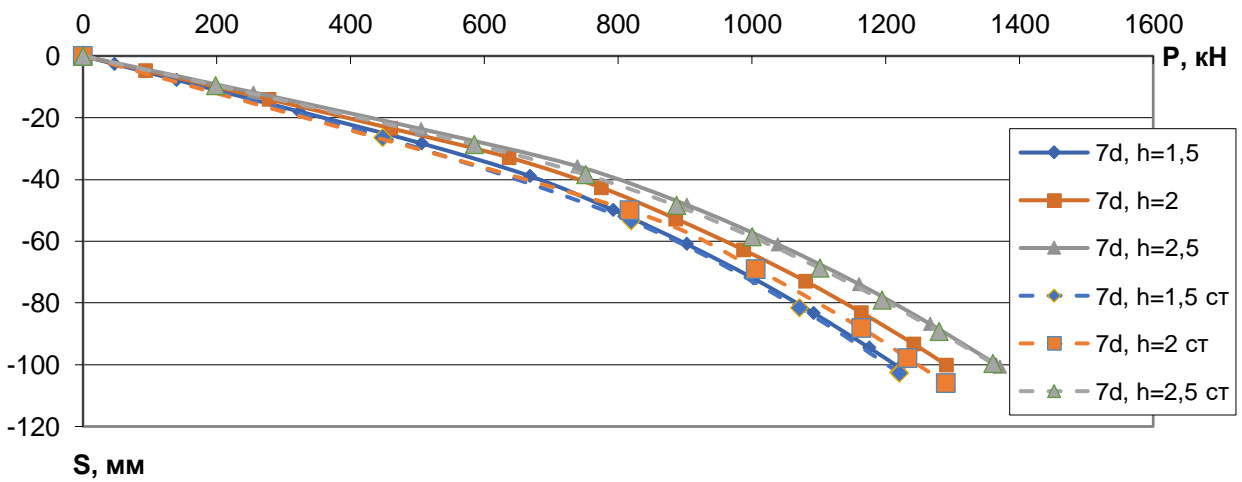


Рис. 3. Графіки залежності осідання – навантаження для щілинного фундаменту з шириною ростверку 1,8 м при різній глибині щілин та стрічкового фундаменту шириною 1,8 м з різною глибиною закладання

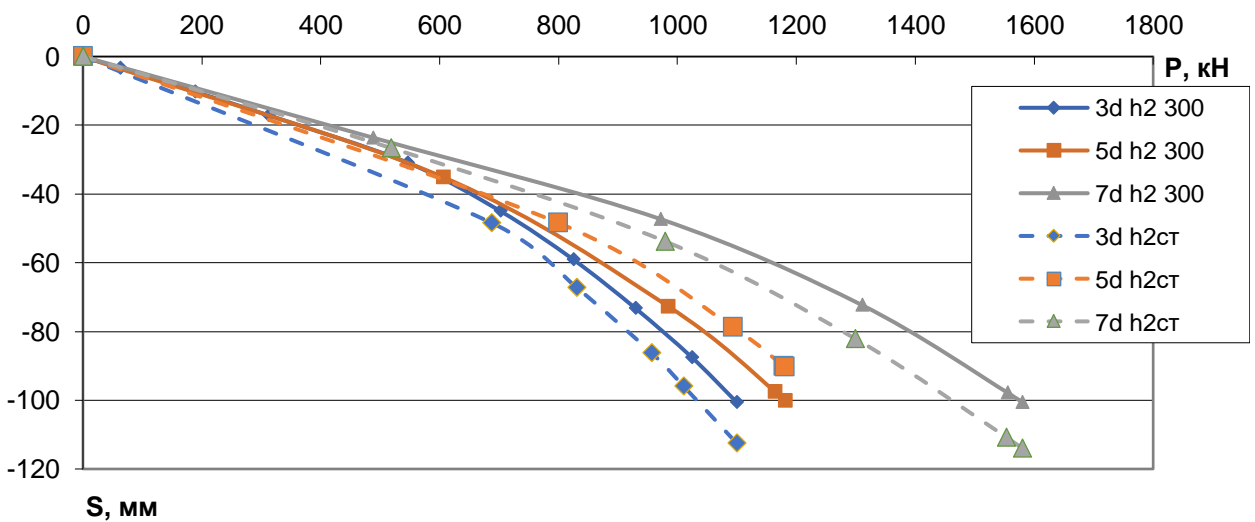


Рис. 4. Графіки залежності осідання – навантаження для щілинного фундаменту з шириною ростверку 1,2 м, 1,8 м та 2,4 м та стрічкового фундаменту шириною 1,2 м, 1,8 м та 2,4 м з глибиною закладання 2,0 м

## Висновки

Методом чисельного моделювання, в якому була використана пружно-пластична модель ґрунту, за допомогою ПК Plaxis 3D Foundations було проаналізовано напружено-деформований стан при різних сполученнях геометричних параметрів двощільного фундаменту. Було встановлено, що при зміні геометричних параметрах, а саме відстані між шлицями та довжини шлиця, змінюється і несуча здатність фундаменту.

За результатами моделювання встановлено, що при однакових навантаженнях і в однакових ґрунтових умовах двощільні фундаменти працюють краще ніж стрічкові фундаменти, що мають аналогічні геометричні параметри.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gerhard Girmscheid: Bauverfahren des Spezialtiefbaus. 15. Auflage, Eigenverlag der Eidgenössischen Hochschule, Zürich 2013.

2. Основи і фундаменти: самостійна та індивідуальна робота студентів. Ч. 2. Проектування основ і фундаментів у особливих ґрунтових умовах / І. В. Маєвська, Н.В. Блашук. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 98с.

3. Сорока М. В., Друкований М. Ф. Ефективні конструктивні рішення двощільних фундаментів мілкового закладання [Електронний ресурс] / Сорока М. В., Друкований М. Ф. // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві-2022", Вінниця, 25-27 листопада 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16801>

*Сорока Максим Васильович* — аспірант 1 року навчання, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sorokamaxx@gmail.com.

*Блашук Наталя Вікторівна* — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua).

*Soroca Maxsym* — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: sorokamaxx@gmail.com.

*Blashchuk Natalia* — Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University. E-mail: blaschuk@vntu.edu.ua.

## ВИКОРИСТАННЯ ПІНОБЕТОНУ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ОПОР МОСТІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Роботу присвячено можливості використання пінобетону для побудови несучих конструкцій мостів*

**Ключові слова:** *пінобетон; мости; властивості; осідання; міцність; економічна доцільність*

### **Abstract**

*The work is devoted to the possibility of using foam concrete for the construction of load-bearing structures of bridges*

**Keywords:** *foam concrete; bridges; property; sinking; strength; economic feasibility*

### **Вступ**

Традиційні опори мостів передбачають використання ущільнених заповнювачів, зазвичай піску. Це спричиняє надмірний бічний тиск на стінки мосту, які мають бути товстими, щоб витримувати поперечну силу, що створюється вагою піску. Крім того, необхідно мати міцний фундамент, щоб підтримувати ці масивні стіни. Основною проблемою є собівартість будівництва: товсті стіни та великі фундаменти є дорогими та трудомісткими [1].

Подальші труднощі виникають під час будівництва мостів із традиційних матеріалів через проблеми з осіданням. Існують дві ключові сфери, які викликають хвилювання: осідання конструкцій через вагу транспортних засобів та занурення всієї опори мосту у м'який ґрунт. Навіть у випадку, коли міст будується на твердому ґрунті, виникає явище осідання конструкцій, що може призводити до розтріскування та осідання дорожнього покриття. Ці проблеми стають ще гострішими при будівництві на м'якому ґрунті. Використання пінобетону для опор може значно знизити вартість робіт.

### **Основна частина**

Пінобетон є дуже універсальним матеріалом, який можна пристосувати до конкретних вимог будь-якої роботи. Вибравши відповідну суміш, можна підібрати опори які будуть конструктивно та економічно задовольняти вимоги.

По-перше, правильно виготовлена пінобетонна конструкція не осідає так, як сипучі заповнювачі. Крім того, використовуючи пінобетон відповідної щільності, можна значно зменшити будь-які загальні осідання. Вага опори може бути скорегована на етапі замішування суміші, щоб запобігти надмірному осіданню в місцях з м'яким ґрунтом.[2] З невеликим осіданням конструкцій, просідання дороги не є проблемою, тому після введення мосту в експлуатацію потрібно дуже мало ремонтних робіт.

По-друге, усувається надмірний бічний тиск на бічні стіни опор мосту [3], тому їх можна зробити тоншими, а основи менш масивними. Завдяки цьому можлива величезна економія коштів.

Крім того, характеристики розподілу навантаження пінобетону означають, що матеріал у нижній частині опори може бути виготовлений із слабшої суміші, ніж верхній шар, таким чином заощаджуючи вміст цементу в матеріалі. Це додатково знижує загальну вартість опори.

Є й багато інших переваг використання пінобетону для опор мосту:

- Пінобетон, на відміну від традиційних заповнювачів, не потребує будь-якої форми ущільнення.
- Його дуже легко розмістити, оскільки його можна як заливати, так і закачувати за допомогою звичайного бетононасоса в зону мосту.
- Будучи текучим, пінобетон значною мірою самовирівнюється, тому не потрібно вживати додаткових заходів для забезпечення рівної поверхні.
- Випробування показали, що цикл заморожування-відтавання суттєво не впливає на пінобетон.
- Кожне послідовне завантаження пінобетону є відтворюваним, тому контроль якості легший. Це неможливо з наповнювальними матеріалами, які можуть змінюватись залежно від навантаження через коливання вмісту води або дрібних фракцій[2].

Використання пінобетону для опор мостів на сьогоднішній день не було широким, однак він використовувався для кількох великих проєктів як у Великобританії, так і в США. Під час першої роботи такого типу у Великій Британії, у Колчестері, існувала додаткова проблема м'якого ґрунту.

Міст був семи метрів заввишки; перші шість метрів були розроблені для 7-денної міцності 3 Н/мм<sup>2</sup>, а щільність у сухому стані близько 1125 кг/м<sup>3</sup>, а верхній один метр повинен був мати 7-денну міцність 4,5 Н/мм<sup>2</sup>, а щільність у сухому стані близько 1300 кг/м<sup>3</sup>. Насправді це була надмірна специфікація, оскільки спочатку інженери збиралися використовувати легкий бетон із використанням легких заповнювачів, а не пінобетон. Вони хотіли досягти кінцевої міцності 4,5 Н/мм<sup>2</sup>, однак, коли вони перейшли на пінобетон, вони не врахували того факту, що пінобетон набирає свою міцність протягом набагато більшого періоду часу. Тому меншої 7-денної міцності було б достатньо.

Пінобетон заливали поетапно, щодня на півметра[3]. Це передбачало роботу близько восьми годин на день, за цей час у середньому близько 240 м<sup>3</sup> матеріалу було залито.

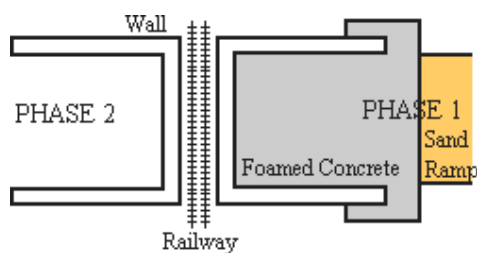


Рисунок 1 Перша фаза влаштування опори мосту в Колчестері, Великобританія.

Суспензію цементного розчину доставляли на об'єкт парком із п'яти вантажівок готової суміші, кожна з яких виконувала вісім поставок протягом дня[4]. Після прибуття на місце в кожному вантажівку додавали пінопласт, щоб зробити пінобетон.

Загалом було залито 4500 м<sup>3</sup>. Для цієї роботи було використано пінобетон, і це було друге за величиною використання пінобетону у Великобританії для одного контракту. Було заощаджено близько 40 палів опор мосту, ніж було б потрібно, якби використовувалися традиційні заповнювальні матеріали, а товщина опорної стіни була зменшена на 500 мм. Проектну осадку споруди скоротили на 50%.

Було зрозуміло, що пінобетон не тільки кращий як наповнювач для опор мостів, але й економічно ефективніший, ніж традиційні гранульовані матеріали.

## Висновок

Застосування пінобетону для опор мостів виявляється багатобічним та ефективним рішенням, що може принести численні переваги у порівнянні з традиційними матеріалами, такими як пісок. Використання пінобетону дозволяє значно зменшити бічний тиск на стінки мосту, що дозволяє робити їх тоншими та фундаменти менш масивними. Це в свою чергу призводить до суттєвих економій коштів на будівництві.

Однією з ключових переваг використання пінобетону є його здатність уникнути надмірного осідання, що може виникнути через вагу транспорту або м'який ґрунт. Пінобетон також дозволяє регулювати вагу конструкції, зменшуючи ймовірність осідання в регіонах з м'яким ґрунтом.

Додатково, пінобетон є універсальним матеріалом, який може бути адаптований до конкретних вимог будь-якого проекту. Його легко розміщувати і вирівнювати, що полегшує процес будівництва. Інші переваги включають відсутність необхідності в ущільненні та високу стійкість до циклів заморожування-відтавання.

Приклад успішного використання пінобетону для опор мосту у Колчестері, Великобританія, підтверджує його ефективність та можливість великої економії коштів у порівнянні з традиційними матеріалами. У майбутньому можна очікувати збільшення популярності використання пінобетону для опор мостів, що призведе до поліпшення якості і тривалості мостових споруд.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 WenlingTian, Liyuan Li, Xiaoyan Zhao, Mingjie Zhou, Nana Wang. Making Concrete Change: Innovation in Low-Carbon Cement and Concret; Chatham House—International Effairs Think Tank: London, UK, 2018.

2. Коваль П.М., Фаль А.С., Кушнір О.В., Усатов В.В. Перспективи використання пінобетону в дорожньому будівництві України // Дорожня галузь України. – 2008. – № 2. – С. 54–56.

3. Сердюк В.Р. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів / В.Р. Сердюк, О.В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №1(13), С. 28-32

4. Демчина Б.Г., Світий Р.М., Чень Р.І. Дослідження роботи нерозрізних пінобетонних балок неавтошлявного твердіння // Механіка та фізика руйнування будівельних конструкцій: Зб. наук. пр. – Львів, 2007. – Вип. 7.

*Сівак Роман Васильович – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: sivak10052@gmail.com*

*Sivak Roman – PhD student of the Department of Life, Municipality and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: sivak10052@gmail.com*

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Роботу присвячено проблемам, пов'язаним з використанням відходів які залишаються після демонтажу будівель як заміну цементу та дрібному наповнювачу*

**Ключові слова:** : пінобетон; цемент; термічні властивості; перероблений бетонний заповнювач; стійкі будівельні матеріали; легкий заповнювач.

### Abstract

*The work is devoted to problems related to the use of waste that remains after the dismantling of buildings as a substitute for cement and fine filler*

**Keywords:** foam concrete; cement; thermal properties; recycled concrete aggregate; sustainable building materials; lightweight filler.

### Вступ

У 2023 році будівельна галузь відповідала за 37% викидів діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub>, пов'язаних із технологічними процесами та енергетичною діяльністю, і становила понад 34% світового попиту на енергію. Даний останній показник зареєстрував зростання на 4% порівняно з попереднім роком. В Європі будівельний сектор призводив до 40% викидів CO<sub>2</sub>, при цьому більше 80% цих викидів було зумовлено процесами згорання копалинного палива. [1] Значний внесок у ці викиди вносить цементна промисловість, оскільки кожна тонна виробленого цементу призводить до викиду 0,6 тонни CO<sub>2</sub>, що становить приблизно 8% річних світових викидів CO<sub>2</sub>.

Одним із можливих шляхів зниження цих показників є використання відходів. Це може бути промислові відходи (які обговорювалися в інших роботах автора), пил і зола від спалювання побутових відходів, пластик, використані шини, скло, або відходи від знесення існуючих споруд, а також інші джерела. Відходи можна використовувати як заміники природного заповнювача або цементу.

### Основна частина

Пінобетон, створений з цементного тіста та піноутворювача, може містити обмежену кількість піску, проте, як правило, не включає великого наповнювача. Щільність цього матеріалу коливається від 300 до 1800 кг/м<sup>3</sup>. Властивості пінобетону включають низький коефіцієнт теплопередачі, який залежить від його щільності. Сьогодні досліджується можливість використання відходів для виробництва нового пінобетону. [2] Додавання легких наповнювачів, таких як спінений вермикуліт чи перліт, також розглядається. Крім того, вивчаються різні варіанти використання відходів у нових легких бетонах, таких як перероблений пінополістирол, сільськогосподарські відходи та автоклавований газобетон.

Необхідно зосередитися на проблемах, таких як водопоглинання легких наповнювачів та їх вплив на характеристики сумішей. Також вивчається можливість використання пилу, що виникає при подрібненні пінобетону, як заміни цементу чи як легкого наповнювача з підтримкою внутрішнього твердіння бетону. [3]

Заміна частини природного наповнювача переробленим бетонним наповнювачем часто призводить до погіршення консистенції суміші через збільшену поглинальність переробленого наповнювача, особливо якщо він є легким і має велику пористість. [4] Використання може полегшити обробку сумішей і дозволити випробування механічних властивостей з вмістом до 50% переробленого бетонного пилу і 30% відходів демонтованого залізобетону. Однак слід обережно обирати суперпластифікатор, оскільки деякі з них можуть спричинити надмірну газифікацію суміші, що впливає на щільність свіжих і застиглих розчинів. Заміщення частини цементу або піску переробленим бетонним наповнювачем також впливає на початковий час затвердіння. Заміна цементу на перероблений бетонний пил може скоротити час затвердіння, оскільки гідратований цемент, який додається до суміші, викликає утворення продуктів цієї реакції в міжпоровому просторі. Навпаки, заміна відходів демонтованого залізобетону на пісок може збільшити час затвердіння. [5]

Надто важливим є вивчення термомеханічних властивостей, особливо для матеріалів із ізоляційними характеристиками. Використання легких наповнювачів впливає на ефективне відношення між водою та цементом, що визначає механічні властивості композитів. Результати дослідження свідчать про те, що зі збільшенням кількості легких відходів термомеханічний індекс зменшується, що дозволяє визначити оптимальний склад для нових композитів з задовільною міцністю на стиск.

Хоча є обмежена кількість даних щодо заміщення цементу відходами від демонтажу, результати показують, що ці відходи можуть позитивно впливати на міцність цементних розчинів на стиск. [6-11] Проте важливо враховувати особливості цих відходів, такі як вміст піноутворювача, який може впливати на механічні властивості.

### **Висновок**

Дослідження, яке було представлено в тезі, має на меті оцінку придатності конкретних відходів після проведення демонтажних робіт для повторного використання у цементних розчинах. Одночасно проводилась оцінка теплотехнічних та властивостей міцності з метою визначення та порівняння характеристик та кількості відходів, які можна використовувати як замітник піску чи цементу.

#### **1. Використання відходів виробництва пінобетону:**

- При додаванні відходів в невеликих кількостях вони можуть призводити до прийнятного погіршення механічних властивостей, але одночасно покращувати термічні властивості.

- Цей матеріал може бути особливо корисним у виробництві сухих будівельних сумішей і розчинів.

#### **2. Заміна піску відходами пінобетону:**

- Така заміна може покращити термомеханічний показник, що визначається як співвідношення між міцністю на стиск і коефіцієнтом теплопровідності. Це свідчить про придатність цього матеріалу для використання в цементних розчинах.

- Заміна частини цементу відходами пінобетону може знизити значення цього показника.

#### **3. Фрезерування відходів від демонтажу:**

- Немає необхідності надмірно фрезерувати відходи від демонтажу бетону. Заміна цементу на перероблений бетонний пил вказує, що максимальний розмір зерна не впливає на щільність, вибираючи здатність і міцність на стиск в тих же кількостях.

#### **4. Лінійні кореляції:**



- Лінійні кореляції щільності—коефіцієнта теплопровідності та міцності на стиск— коефіцієнта теплопровідності вказують на хорошу придатність як для заміщення цементної частини на перероблений бетонний пил, так і для заміщення піщаної частини на відходи від демонтажу залізобетону.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Griffin P. W., Hammond G. P., Norman J. B. Industrial energy use and carbon emissions reduction in the chemicals sector: A UK perspective. *Applied Energy*, 2018, Vol. 227, pp. 587-602
2. Червяков Ю.М. Використання гіпсовміщуючих відходів промисловості в якості сировини при виробництві будівельних матеріалів і виробів / Ю.М. Червяков, Л.О. Супрун //Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2013. – №. 48. – С. 60-63.
3. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsianukova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
4. Green, E.; Jaya, P.; Sheikh Hassani, M.; Matos, J.C.; Zhang, Y.; Teixeira, E.R. Green Concrete with Glass Powder—A Literature Review. *Sustainability* 2023, 15, 14864.
5. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021)
6. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
7. Hnes, L., S. Kynytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
8. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
9. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
10. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).

*Сівак Катерина Костянтинівна – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lemishko.katya@gmail.com*

*Sivak Katerina – PhD student of the Department of Life, Municipality and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: lemishko.katya@gmail.com*

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ БЕЗКАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ У ФУНДАМЕНТІ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Досліджено вплив жорсткості надфундаментних конструкцій безкаркасних будівель на перерозподіл зусиль у плитному фундаменті. В якості методу дослідження використане числове моделювання взаємодії елементів системи «основа-фундамент-надземна конструкція».*

**Ключові слова:** фундамент, основа, плитний фундамент, безкаркасна будівля, надземна конструкція.

### *Abstract*

*The influence of the rigidity of super-foundation structures of frameless buildings on the redistribution of forces in the slab foundation was studied. Numerical modeling of the interaction of elements of the "base-foundation-above-ground structure" system was used as a research method.*

**Key words:** foundation, base, slab foundation, frameless building, above-ground structure.

### **Вступ**

З інноваціями в науково-технічному прогресі зростають потреби населення у будівництві нових споруд та будівель. В сучасних проектних рішеннях спостерігається тенденція до складніших конструкцій, таких як мости з прольотами до кількох кілометрів та великі споруди, як, наприклад, стадіони та аеропорти. Це включає збільшення розмірів колон з кроком до 16 метрів і більше в громадських будівлях, а також зменшення розмірів поперечних перерізів вертикальних несучих елементів.

Зараз важливо використовувати сучасні матеріали для надземних конструкцій, такі як високоміцні матеріали, зокрема сталі та бетони, щоб забезпечити реалізацію цих проектів. Варто відзначити, що в умовах ринкової конкуренції площа забудови визначається замовником відповідно до його інвестиційної привабливості, і часто це відбувається без врахування інженерно-геологічних умов.

### **Результати дослідження**

Рекомендується використовувати спільний підхід до визначення навантаження на елементи будівель та деформацій основи, охоплюючи розрахунок фундаменту, надфундаментних конструкцій і структурного плану ґрунту з урахуванням його неоднорідності [1, 2]. Такий комплексний розрахунок дозволяє отримати більш точну модель навантаження на ґрунтову основу та надфундаментні конструкції. Аналогічно до того, як жорсткість будівлі впливає на ґрунтову основу і рівень осідання, нелінійні властивості ґрунту впливають на розподіл навантажень в надфундаментних конструкціях. Отже, важливий взаємозв'язок між розрахунковою моделлю будівлі і ґрунтовою основою визначається цим спільним розрахунком.

Розглянемо просторову задачу, в якій фундамент та надфундаментні конструкції працюють спільно, а також поступове заміщення надфундаментних конструкцій на еквівалентне навантаження. Для розрахунків обрано безкаркасну 16-типоверхову житлову будівлю із плитним фундаментом (рис.1).

Для порівняння було проведено розрахунки із 16-ма поверхами, 9 поверхами, 5-ма поверхами та 1 поверхом. Розрахунок проводився у ПК Ліра САПР.

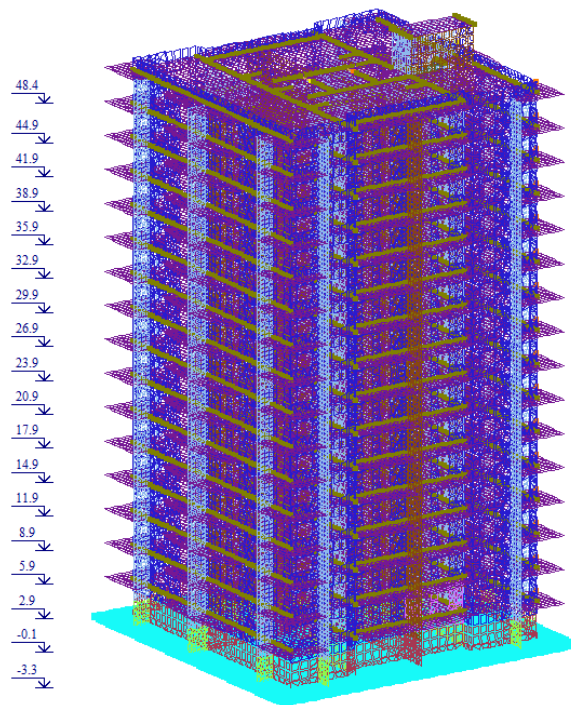


Рис. 1. Розрахункова схема будівлі

Як можна побачити на діаграмах осідань (рис.2 а-г), в фундаментній плиті в залежності від поверховості змінюються деформації: при 16 поверхах найбільше плита деформується у місці де розташована сходові клітка; при 9 поверхах – деформації починають поширюватися більш рівномірно по усій плиті, проте основні деформації все ж таки присутні у місці сходової клітки; при 5 поверхах – деформації вже відбуваються рівномірно по усій плиті; при 1 поверсі – деформації фундаменту найбільше відбуваються у центрі (як при рівномірно розподіленому навантаженні)

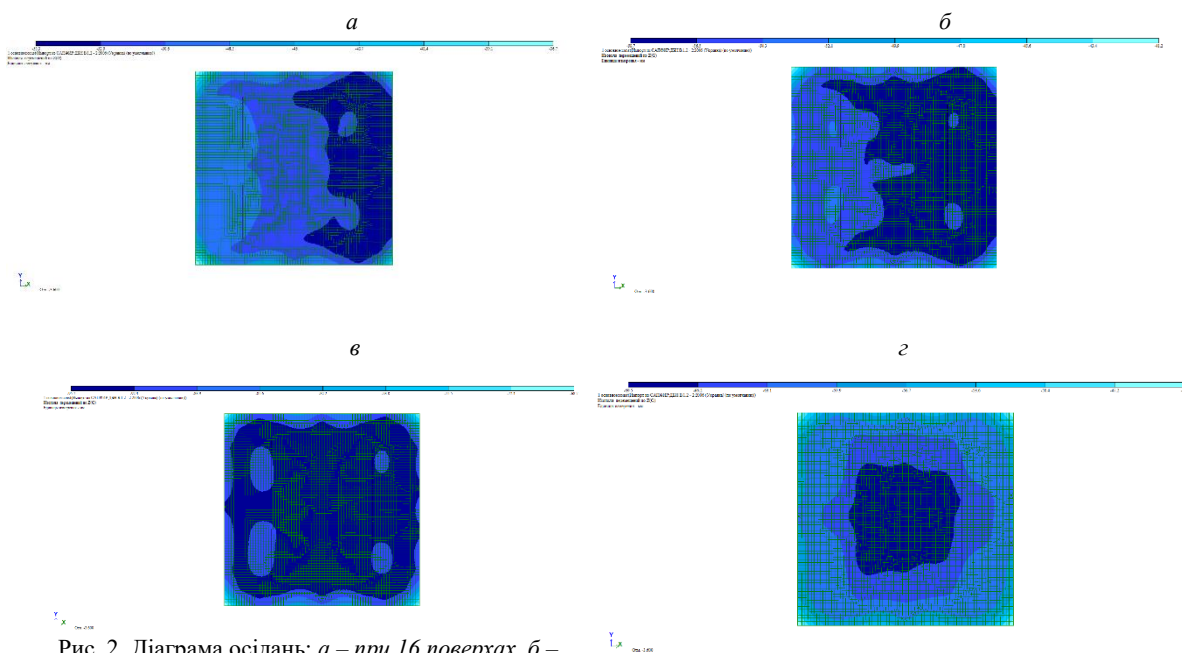


Рис. 2. Діаграма осідань: а – при 16 поверхах, б – при 9 поверхах, в – при 5 поверхах, г- при 1 поверсі

## Висновки

Як можемо спостерігати надфундаментні конструкції мають великий вплив на розрахунок фундаментів. Даний підхід дозволяє максимально точно оцінити як працюватиме фундамент у системі «основа – фундамент - надземна конструкція» та це може стати основою для подальших розробок конструкції фундаменту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: [підручник]/ [М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв, О.О.Петраков, В.Б.Швець, О.В.Школа, С.В.Біда, Ю.Л.Вінніков].- Полтава, 2003. - 446 с.
2. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. - 161 с.

*Усата Лариса Павлівна* - студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Маєвська Ірина Вікторівна* – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства і архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Usata Larisa Pavlivna* - student of group 1B-22m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

*Mayevska Iryna Viktorivna* — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of construction, urban economy and architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## ФУНКЦІЇ ПРЕПРОЦЕСОРА В СТВОРЕННІ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ BIM ПРОЄКТУ ТА ЇЇ РОЛЬ У ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ БУДІВЛІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі представлений аналіз досвіду використання препроцесорів в створенні розрахункових моделей у системі BIM (Building Information Modeling). Розглянута роль SIM (Structural Information Model) у життєвому циклі BIM моделі, правила та методи з розробки SIM в системі інформаційного моделювання.*

***Ключові слова:** BIM-технології, цифрова модель, препроцесор, розрахункова модель будівлі, експорт моделі, подвійний експорт інформації, FEA, SIM, EIR.*

### *Abstract*

*This work presents analysis of employing preprocessors to execute computational models within the Building Information Modeling (BIM) system. The study explores the significance of the Structural Information Model (SIM) in the lifecycle of a BIM model, outlining the rules and methods for SIM development in the information modeling system.*

***Keywords:** BIM technologies, digital model, preprocessor, computational building model, model export, dual information export, FEA (Finite Element Analysis), SIM (Structural Information Model), EIR (Employer's Information Requirements).*

### **Вступ**

Однією з найінноваційніших технологій, що змінила підхід до проектування - є Building Information Modeling (BIM) - системний підхід до розробки та управління будівельними проектами на всіх етапах життєвого циклу будівлі. У контексті SIM (Structural Information Model) розрахункова модель розглядається як оригінальний та вкрай необхідний результат роботи препроцесора. Це дозволяє постійно актуалізувати та контролювати інформацію при розрахунку як всієї моделі, так і її окремих конструктивних елементів, що не лише забезпечує візуалізацію після розрахунку, а й відіграє важливу роль у прогнозуванні, аналізі та оптимізації її конструктивних рішень [5].

**Метою статті** є розгляд функціональних можливостей препроцесорів при створенні розрахункових моделей, роль SIM у життєвому циклі будівлі; розглянуто задачі SIM та вимоги до неї.

### **Використання SIM у життєвому циклі будівлі**

Інновацією в світі будівельного проектування стала можливість експорту об'ємної геометрії будівлі до розрахункових FEA комплексів. Це дало змогу прискорити процес розробки розрахункових моделей, збільшити їх точність, швидко вносити зміни та візуально контролювати конструктивні елементи. Одним із відомих прикладів такого зв'язку на території України – є ЛПА-САПР та її препроцесор САПФІР 3D, але із-за вузько-орієнтованих реалізованих алгоритмів та неможливості використовувати моделі САПФІР 3D, на даний момент часу, в аспекті врахування результатів конструкторських розрахунків, користуватись таким методом для BIM проектування не є доцільним. Натомість світ BIM

технологій надає нам широкі та багатofункціональні можливості для поєднання наших Інформаційних моделей з розрахунковими комплексами, такі як Revit – ЛІРА-САПР, Tekla - RFEM, Revit -ПК Sofistik, Tekla-SAP2000 та інші.

Використання *SIM* значно розширює можливості по отриманню інформації з розрахункової програми, що дає можливість скомпонувати та візуалізувати модель як частину ВІМ проекту.

Типовий життєвий цикл розрахункової моделі будівлі в системі Інформаційного моделювання рис.1



Рисунк 1 – Життєвий цикл розрахункової моделі

При використанні системи *SIM* - Інформаційна розрахункова модель є невід'ємною частиною при контролі та аналізі параметрів напружено-деформованого стану на будь якому етапі життєвого циклу будівлі. Використання препроцесорів, як найфункціональніших інструментів для відслідковування параметрів розрахункової моделі - дає перевагу у швидкості корегувань, швидкості внесення інформації у центральні моделі, чітке реагування на зміни в проекті [4].

Для максимально ефективного функціонування такого поєднання програмних комплексів необхідно дотримуватись певних вимог до створення таких моделей:

- Створення моделі повинно бути з урахуванням коректного та соосного розташування аналітичних елементів (стержнів, пластин, вузлів)
- Модель у препроцесорі повинна створюватись з дотриманням усіх вимог EIR (інформаційних вимог замовника) – рівень деталізації моделі (LOD), призначення моделі, вимоги до кінцевого результату моделювання, цілі використання моделі ітд [2].
- Всі матеріали та поперечні перерізи мають бути визначені у препроцесорі (розрахункові характеристики елементів можуть задавати безпосередньо у розрахунковому комплексі)

- Характеристика навантажень, величин навантажень на елементи, комбінації навантажень - мають бути задані в препроцесорі.
- Доопрацювання геометрії та величин навантажень в розрахунковій програмі має бути мінімальним, або взагалі не здійснюватись.
- При зворотному експорті у препроцесор, після розрахунку, потрібно уточнити характеристики всіх елементів та задати їх безпосередньо у препроцесорі, дотримуючись усіх вимог до розробки SIM (Structural Information Model).

Кроплатформенне проектування – це методологія проектування, що використовує інформаційну модель будівлі (BIM) для розробки проекту з використанням різних платформ та програмного забезпечення. Підхід базується на ідеї подвійного експорту, який передбачає здатність обміну інформацією між різними BIM-системами та іншими САПР програмами. Найбільше переваг у кроплатформенного створення розрахункових моделей розкривається під час безпосереднього початку будівництва. Це зумовлено тим що інженери-конструктори можуть контролювати процес зведення та розрахунку, одночасно оновлюючи дані та зберігати їх у центральній моделі, завдяки чому всі зміни та інформація по розрахунку, може візуально відстежуватись усіма учасниками будівельного процесу.

### **Задача розрахункової BIM моделі**

Як уже відомо, що BIM є сучасним інструментом для створення точних моделей будівлі її числового клону, для подальшого менеджменту проекту, ведення процесу його будівництва, та усунення проблем, які неможливо було ідентифікувати у аналітичних моделях створених без її відповідного клону у препроцесорі.

Кроплатформенне виконання розрахункових моделей з використанням препроцесорів та зворотнього експорту розширює функціонал контролю ситуації при зведенні будівлі, до прикладу – зміни реальних напружень у ґрунтах, врахування стадійності зведення будівлі; аналіз залізобетонних конструкцій при неповному наборі міцності бетоном після розопалублення; фіксація поточних внутрішніх зусиль конструкцій з використанням тензометрів.

Створення моделей з використанням систем SIM переслідує свої унікальні цілі:

- Надання інформації для усіх учасників проекту про прогнозовані зміни деформацій будівлі у процесі зведення та експлуатації [1].
- Збереження унікальної та актуальної інформації про кожен етап зведення будівлі.
- Порівняння реальних зусиль з проектними на кожній з стадій будівництва.
- Швидке реагування на зміни в роботі конструкцій.
- Контроль роботи будівлі уже після зведення.

Отже, головною ціллю є – забезпечення та прогнозування реальної роботи конструкцій задля збереження цілісності як окремих конструктивних елементів так і будівлі в цілому на всіх етапах життєвих циклів будівельних об'єктів.

### **Висновки**

Можна зробити висновок, що розрахункова модель в контексті Інформаційного моделювання з використанням системи SIM (Structural Information Model) - є частиною прогресивного та новітнього підходу до розрахунку, що розширює методи аналізу параметрів НДС будівлі протягом усіх етапів її життєвого циклу. Інформаційна розрахункова модель - це інструмент для конструкторів, що мінімізує помилки при узгодженні врахованих даних, систематизує стадії розробки розрахункових моделей та візуалізує дані для всіх учасників проекту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Barabash M.S. (2014). Computer modelling of life cycle process for building objects. Monograph. Kiev, Ukraine: Steel, 300.
2. Андрухов В. М. Про один з можливих варіантів запровадження BIM-технологій в практику моделювання будівельних об'єктів [Текст] / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук // Будівельні конструкції. – 2018. – № 2. С. 21. Режим доступу: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/580/552>
3. 2. Barabash M.S. & Gorodetsky A.S. (2011). The concept of integration of CAD systems using information modelling technologies. New technologies in construction. 1 (21), 67-70.
4. Gorodetsky A.S., Barabash M.S., Sudak V.S. & et.al. (2014). Complex systems of design and construction management using fully functional building information model (BIM). Foreign and domestic experience, development prospects. Problems of urban environment development. Kiev, Ukraine: 2(12), 499.
5. Barabash M.S., Medvedenko D.V., Palienko O.I. (2013). Software packages SAPFIR and LIRA-SAPR – basis of domestic BIM-technologies. Monograph. M. Yuright, 366.

*Андрухов Валерій Михайлович* – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vmandrukhov@gmail.com](mailto:vmandrukhov@gmail.com);

*Потєха Андрій Сергійович* – студент 5 курсу, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**V. M. Andrukhov**  
**A. S Potiekha**

## FUNCTION OF PREPROCESSORS FOR THE DEVELOPMENT OF A ANALITICAL MODEL FOR BIM PROJECTS AND ITS ROLE IN THE LIFECYCLE OF A BUILDING

Vinnitsia National Technical University;

### **Abstract**

*This work presents analysis of employing preprocessors to execute computational models within the Building Information Modeling (BIM) system. The study explores the significance of the Structural Information Model (SIM) in the lifecycle of a BIM model, outlining the rules and methods for SIM development in the information modeling system.*

**Keywords:** *BIM technologies, digital model, preprocessor, computational building model, model export, dual information export, FEA (Finite Element Analysis), SIM (Structural Information Model), EIR (Employer's Information Requirements).*

*Andrukhov Valeriy Mykhailovych* – PhD, Associate Professor, Vinnitsia National Technical University, e-mail: [vmandrukhov@gmail.com](mailto:vmandrukhov@gmail.com);

*Andriy Serhiiovych Potiekha* – student, Department of Civil and Environmental Engineering Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia city.



# УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕМОНТАЖУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, ЗРУЙНОВАНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Ця робота спрямована на вивчення актуальних аспектів та можливостей удосконалення технологій демонтажу та реконструкції будівель і споруд, зруйнованих під час військових дій, з метою підвищення ефективності процесів відновлення та забезпечення стійкості об'єктів до майбутніх завдань.

**Ключові слова:** роботизація, інтелектуальна автоматизація, екологічне відновлення, інноваційні матеріали, міжнародна співпраця.

## Abstract

This work is aimed at studying current aspects and possibilities of improving the technologies of dismantling and reconstruction of buildings and structures destroyed during military operations, with the aim of increasing the efficiency of restoration processes and ensuring the stability of objects for future tasks.

**Keywords:** robotics, intelligent automation, ecological restoration, innovative materials, international cooperation.

## Вступ

В сучасних умовах конфліктів та військових дій виникає потреба швидкого та ефективного відновлення зруйнованих об'єктів інфраструктури населених пунктів. Тому актуальними є розробка та впровадження удосконалених технологій демонтажу та реконструкції будівель і споруд. Це є вагомим складовою, яка визначає швидкість відновлення території, сприяє підвищенню стійкості будівель до майбутніх загроз та забезпечення безпеки мешканців [1, 2].

## Основна частина

Для розбирання зруйнованих будівель та споруд використовується різноманітна техніка: крани, екскаватори, навантажувачі, бульдозери, механізований інструмент [3]. При розбиранні руйнувань по чергово використовують (рис. 1) вантажопідйомну техніку (крани з гаковою підвіскою або захватом) та екскаватори або навантажувачі з ківшем. Уламки із завалу навантажують у транспортні засоби, або переміщують екскаватором Е у майданчики-відвали (склади) I – II та автокраном К у майданчики-відвали III – IV. Потім автокран К та екскаватор Е міняються місцями і виконують розбирання решти завалу.

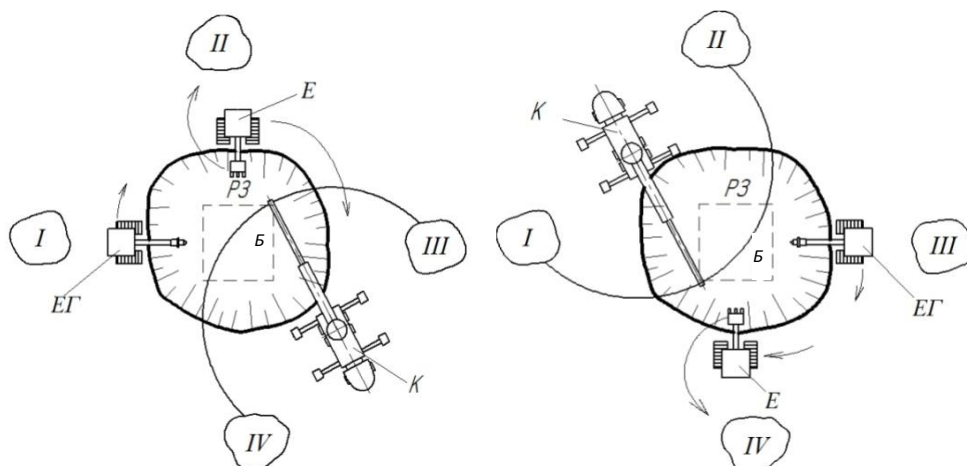


Рис. 1. Схема розстановки і переміщення при розбиранні руйнувань будівлі традиційною технікою: а – початок; б – закінчення розбирання. ЕГ – екскаватор з гідромолотом; Е – однокішневий екскаватор; К – автокран; I – IV – майданчики-відвали. Б – будівля; РЗ – зруйнована будівля

Недоліками технологічних схем розбирання завалів подібних рисунку 1 є необхідність заведення вручну строп авто-крану під уламки – це не завжди можливо й небезпечно, а також необхідність використання ковшових машин для розбирання дрібних уламків. Відсутні обґрунтовані організаційно-технологічні рішення з розстановки та взаємному переміщенню машин на зруйнованому об'єкті, що приводить до виконання рятувальних або відновлювальних робіт за недосконалими технологічних схемами, збільшує їх терміни і трудомісткість.

Метою дослідження є розробка уніфікованих рішень з удосконалення технологічних процесів розбирання руйнувань будівель та споруд.

При ліквідації наслідків руйнувань після військового влучання, яке спричинило руйнування окремої будівлі, в залежності від характеру руйнувань і можливості доступу робітників та засобів механізації до завалу й залишків будівлі, роботи можуть виконуватися за схемами:

- розбирання завалу з усіх напрямків (чотирьох – відносно основних географічних координат або сторін світу), рис. 2, а;

- розбирання завалу з обмеженням напрямків.

Друга схема проведення робіт, в залежності від кількості можливих напрямків роботи, має різновиди, які подані на рисунках 2, б – е. При розбиранні завалу з двох напрямків, роботи виконуються за схемами:

- розбирання завалу з двох протилежних напрямків (рис. 2, в);

- розбирання завалу з двох суміжних напрямків (рис. 2, г, д).

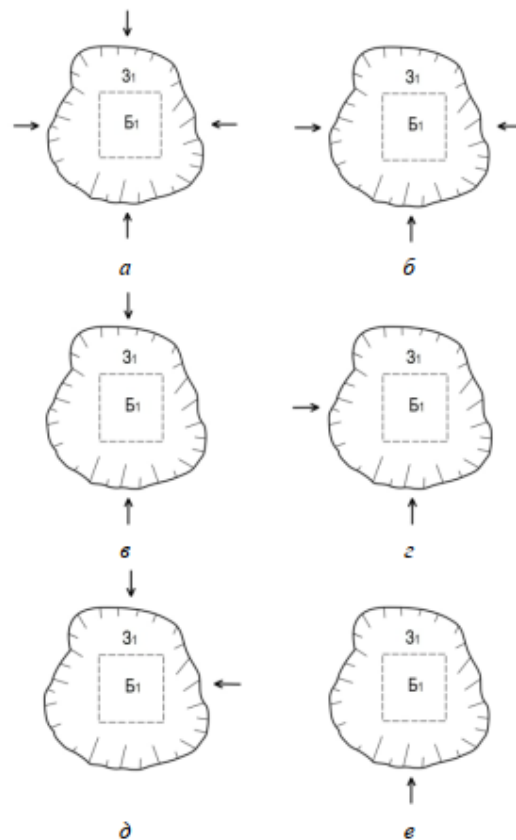


Рис. 2. Напрямки виконання робіт з розбирання завалу окремо зруйнованої будівлі:  
а – з усіх можливих; б – трьох; в, г, д – двох; е – одного; Б1 – будівля; З1 – завал

Кожна зі схем обумовлює свою послідовність робіт. Послідовність робочих процесів залежить від вимог рятувальних або відновлювальних робіт і характеру руйнування будівлі та визначається для кожного об'єкта та конкретних умов. Наявність більшої кількості напрямків розбирання завалу скорочує термін робіт за рахунок їх найбільшої продуктивності та можливості одночасного використання необхідних засобів механізації. Зменшення напрямків розбирання завалу приводить до обмеження руху будівельних машин і збільшує тривалість демонтажних робіт.

При розбиранні завалу з усіх напрямків (рис. 2, а) організація та виконання робіт проводиться за

технологічними схемами:

- розбирання завалу з вертикальним підйомом частини уламків, коли у завалах можлива наявність потерпілих (роботи виконуються за схемою на рисунку 1);

- розбирання завалу з усіх напрямків без вертикального підйому частини уламків, коли у завалах відсутні потерпілі.

Обсяги робіт, їх послідовність та інші основні показники за обома технологічними схемами визначаються в залежності від характеру руйнувань будівель та стадії виконання робіт: розбирання руйнувань при наявності потерпілих (при рятувальних роботах) або розбирання руйнувань при відновлювальних роботах [3].

### Висновок

Аналіз досвіду робіт з розбирання зруйнованих будівельних об'єктів показує, що вони виконуються за недосконалими технологічними схемами, які не враховують характеру руйнування об'єктів та базуються на використанні загальнобудівельних машин, які не відповідають вимогам цих процесів, що приводить до значних ресурсних втрат та великої трудомісткості виконання робіт.

Тому потребують подальшого дослідження технології демонтажу і реконструкції будівель і споруд, які зазнали руйнувань внаслідок військових дій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шатов С. В. Організаційно-технологічні рішення розбирання завалів декількох зруйнованих будівель або споруд. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2011. № 1-2. С. 8-14.

2. Шатов С. В. Організаційно-технологічні рішення розбирання пошкоджених та реконструйованих споруд та будівель. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2013. № 4 : Наукові дослідження. С. 12-17.

3. Хмара Л. А. Технологічні особливості розбирання завалів зруйнованих будівель. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2010. № 7. С. 42-52

**Чіпак Дмитро Анатолійович** – студент 2-го курсу магістратури, група 2Б-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,

**Науковий керівник: Дудар Ігор Никифорович** – д.т.н., професор, кафедра будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

**Chipak Dmytro** – 2st year master's student, group 2B-22m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,

**Supervisor: Igor Dudar** – d.t.n, professor, Department of Civil Engineering and Environmental Engineering of the Vinnytsya national technical university. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

## ЗАХИСНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКАХ ЖИТЛОВОГО ТА ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

<sup>2</sup> ДПТНЗ «Хмільницький аграрний центр ПТО»

### *Анотація*

*Запропоновано захисні споруди цивільного захисту при зведенні каркасно-монолітних багатоповерхових будинків житлового та громадського призначення, досліджено переваги найоптимальніший та найкомфортніший варіант на основі досвіду населення Ізраїлю.*

**Ключові слова:** захисні споруди, житлового, громадського, будівництво, доступність, безпека.

### *Abstract*

*Protective structures of civil protection during the construction of frame-monolithic multi-storey buildings for residential and public purposes are proposed, the advantages of the most optimal and most comfortable option are investigated based on the experience of the Israeli population.*

**Keywords:** protective structures, residential, public, construction, accessibility, safety.

### **Вступ**

Сьогодні актуальним є проблема наявності захисних споруд цивільного захисту в будинках, зокрема в багатоповерхових каркасно-монолітних житлового та громадського призначення. Постає проблема їх надійності, поширення, доступності, вартості зведення та комфорту експлуатації.

Метою роботи є дослідження найоптимальнішого варіанту, встановлення основних вимог досвіду Ізраїлю та порівняння їх з вимогами в Україні.

### **Результати дослідження**

Для зведення захисних споруд цивільного захисту найбільш оптимальним є варіант перейняття досвіду Ізраїлю, де у кожній квартирі є індивідуальне укриття – «мамад» (укріплена кімната у квартирі). Ці споруди мають товсті залізобетонні стіни стіни 25-30 см, щоб витримувати вибухи та ракетні атаки. Крім того, їх оснащують вентиляцією, системами очищення повітря та іншими засобами для підтримки життя в разі надзвичайних ситуацій та захисту від атак хімічною зброєю. Площа мамада має бути не менше 9 квадратних метрів, висота стелі – 2,5 метри. Також забудовники повинні передбачити металеві герметичні двері, які відчиняються лише назовні, призначені для запобігання проникненню вибухової хвилі й уламків. Металеві віконниці, що відкриваються надвір і непомітні у звичайному житті та герметичне вікно, розмірами не більше 120×100 см. Воно має бути на висоті мінімум 1,5 м від підлоги та без решітки. Будують укріплені приміщення один над одним. У мамаді має бути мінімум три електричні розетки, одна телефонна та одна радіо- чи теле-розетка. Будують укріплені приміщення один над одним [1].

Для будівель громадського призначення призначений «мамак» (укріплена кімната в громадських будівлях, яка передбачена на кожному поверсі). Створення таких укриттів, зокрема, вже передбачено у Львівських офісах.

За відсутності небезпеки це цілком звичайні кімнати, які мають таку саму вартість, але дають

змогу дістатися безпечного місця за 20 секунд, що значно менше ніж час, який потрібно, аби потрапити до звичайного укриття та зозволяє знизити відсоток населення, яке нехтує ймовірною небезпекою. Такі захисні споруди цивільного захисту не несуть за собою значних додаткових витрат. Захисні споруди громадських та житлових будинків проєктують з урахуванням забезпечення їх доступності для людей з інвалідністю та інших маломобільних груп населення відповідно до вимог [2-5].

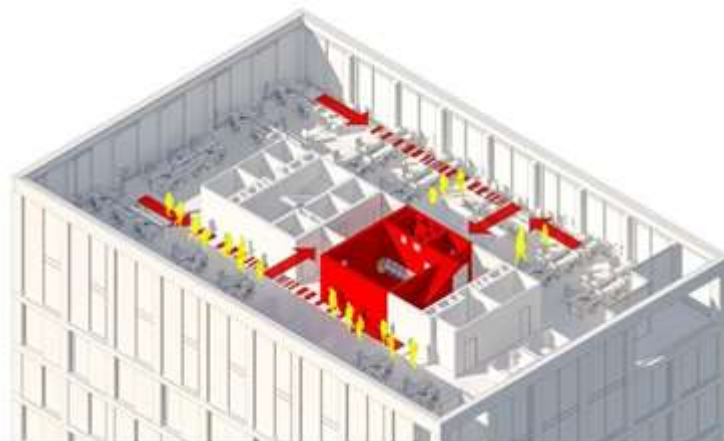


Рис. 1. Укриття розташоване в центрі будівлі на кожному поверсі [2]

Технологія каркасно-монолітного будівництва не викликає жодних труднощів під час зведення мамаду, бо забезпечує гнучкість планування, де несучими елементами є колони та перекриття, має подібну технологію зведення.

### Висновки

Встановлено, що запропонований підхід, який використовує Ізраїль, може бути адаптованим і використаним в плануванні та будівництві України, дозволяє підвищити рівень захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій. Важливою є міцність та стійкість сховища до різних видів загроз. Використання міцних матеріалів, таких як бетон або сталь, для забезпечення стійкості приміщення до ударів та вибухів. Передбачений захист від вибухів, хімічних загроз, а також зон для проживання або зберігання. Забезпечення зв'язку зовнішнім світом, наявність систем оповіщення, систем вентиляції та забезпечення безпеки в сховищі. Захисні споруди цивільного захисту повинні бути легкодоступними для населення та мати достатній розмір для забезпечення тимчасового притулку для людей, а зведення їх у каркасно-монолітних будівлях є запорукою будівництва конкурентноспроможної площі житлового та громадського призначення.

Такі заходи можуть допомогти забезпечити безпеку та захист у небезпечних умовах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Routinergency: Domestic securitization in contemporary Israel. Matan Shapiro, Ben-Gurion University, Israel, Nurit Bird-David, University of Haifa, Israel — Environment and Planning D: Society and Space 0(0) 1–19! The Author(s) 2016. Reprints and permissions: [sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav](https://sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav) DOI: 10.1177/0263775816677550 [epd.sagepub.com](https://epd.sagepub.com).
2. Як ізраїльський мамад: у львівських офісах створюватимуть нові укриття – візуалізація. Фото: [city-adm.lviv.ua](https://city-adm.lviv.ua). © [https://lviv.vgorode.ua/news/transport\\_y\\_ynfrastruktura/a1245016-jak-izrajilskij-mamad-u-lvivskikh-ofisakh-stvorjuvatimut-novi-ukrittja-vizualizatsija](https://lviv.vgorode.ua/news/transport_y_ynfrastruktura/a1245016-jak-izrajilskij-mamad-u-lvivskikh-ofisakh-stvorjuvatimut-novi-ukrittja-vizualizatsija).
3. ЗАХИСНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ: ДБН В.2.2-5:2023. — [Чинний від 2023-11-01]. — м. Київ, Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України 2023. — с. 34; с. 40; с. 41.
4. Василич А. В. Сховище для цивільного захисту населення [Текст] / А. В. Василич, В. П. Ковальський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 12 травня 2023 р. — Черкаси : ЧПБ, 2023. — С. 10-12.

5. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).

**Ковальський Віктор Павлович** — к.т.н., доцент кафедри доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

**Грошовенко Аліна Сергіївна** — студент групи Б-216, факультету будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: groshovenko.alina@gmail.com

**Вознюк Ігор Михайлович** – викладач ДПТНЗ «Хмельницький аграрний центр ПТО»

**Kovalskiy Viktor P.** — Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

**Hroshovenko Alina S.** – student of group Б-216, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: groshovenko.alina@gmail.com

**Voznyuk Igor M.** – teacher of State Vocational and Technical Educational Establishment — Khmilnyk Center of Vocational and Technical Education.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Проведена оцінка сучасних підходів енергозбереження на прикладі громадських будівель. Досліджена динаміка зростання показників термічного опору огорожувальних конструкцій в Україні та інших країнах Європи. Розглянуті сучасні тенденції та показана актуальність впровадження зеленого будівництва.*

**Ключові слова:** *зелене будівництво, нормативні вимоги, термічний опір, відставання, європейські стандарти.*

### **Abstract**

*An assessment of modern approaches to energy saving was carried out on the example of public buildings. The dynamics of the growth of thermal resistance indicators of fencing structures in Ukraine and other European countries were studied. Modern trends are considered and the relevance of the implementation of green construction is shown.*

**Key words:** *green construction, regulatory requirements, thermal resistance, lag, European standards.*

### **Вступ**

У світі налічується понад мільярд будівель, і їх негативний вплив на довкілля супроводжується через: вилучення 17% всієї прісної води; використання 25% усієї вирубаной деревини; споживання 40 % усієї сировини, 67 % усієї електрики; утворення майже 50 % усіх твердих побутових відходів та 33% всіх викидів вуглекислого газу [1].

Концепція зеленого будівництва та цілеспрямованого переходу до енергозбереження в будівельній галузі та економіці в цілому була розпочалась на початку 70-х років минулого століття. Поштовхом першої світової енергетичної кризи, яка почалася восени 1973 року, стало свідоме зменшення країнами ОПЕК обсягів видобутку нафти (приблизно на 5 %). В жовтні 1973 року ціна на нафту піднялася з \$3 до \$5 за барель, а протягом року зросла в 4 рази, до \$12. В 1980 році через ірано-іракську війну ціни на світовому ринку злетіли з \$13 до майже \$37 за барель, а восени 2007 року ціна перевищила позначку 80 доларів, а у липні 2008 року ціна за барель нафти марки Light Sweet (WTI) досягла раніше нечуваного рівня – 147 доларів. Саме нафтова криза 1973 року змусила європейські країни підвищувати показники нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель і переходити до енергозбереження в усіх галузях економіки.

### **Результати досліджень**

Через необхідність зменшення енергоспоживання та викидів парникових газів на світовому рівні з'явилося поняття «зелене» будівництво або по іншому екологічне будівництво, яке спрямоване на зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів, а так само на скорочення згубної дії утримання будівельної діяльності на здоров'я людини і довкілля [2].

Слово «екологія» грецького походження і складається з двох частин: «ойкос» - будинок і «логос» - наука. Виходить, що дослівно «екологія» - це наука про будинок. На сьогодні, звичайно,

значення цього слова стало сприймається значно ширше і багатогранніше, але не можна заперечувати, що будівлі покликані забезпечувати комфортне та екологічно безпечне середовище проживання людини.

До зеленого будівництва долучилась і Україна, втілюється в життя прогресивні технологічні рішення та заходи енергозбереження, зростає доля ВДЕ. «Зелена будівля», або екологічно стійка споруда націлена на: підвищення ефективності використання обмежених ресурсів (землі, енергії, тепла і холоду, води і матеріалів); зниження шкідливого впливу на здоров'ї людей і на мінімізацію негативної дії на довкілля впродовж усього життєвого циклу будівлі, через краще розташування, проектування, будівництво, управління, експлуатацію і подальший знос [3].

Трансформація енергоефективного зеленого будівництва проходить динамічний шлях через зменшення питомих втрат енергії на утримання будівель, які умовно поділяються на:

- будівлі з високим енергоспоживанням в межах 250-400 кВт · год / (м<sup>2</sup> · рік);
- будівлі з низьким споживанням енергії (не більше 60 кВт · год / (м<sup>2</sup> · рік);
- пасивні будинки (не більше 15 кВт · год / (м<sup>2</sup> · рік);
- будівлі «нульової енергії» (0 кВт · год / (м<sup>2</sup> · рік)
- будівлі «плюсової енергії» або «енерго активні будинки», які додатково віддають енергію в мережу.

Енергоактивні будинки за допомогою встановленого інженерного обладнання: сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів, ґрунтових теплообмінників тощо – виробляють більше енергії, ніж самі споживають. На сьогодні, нова редакція директиви Євросоюзу щодо енергетичних характеристик будівель (EPBD Recast) передбачає, що всі нові будівлі в ЄС мають будуватись з практично «нульовими втратами» енергії. При цьому планується широке використання енергії з ВДЕ.

В незалежній Україні в 1992 році було прийнято перше рішення щодо підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій стін з 1 до 2,2 – 2,5 м<sup>2</sup> · °С / Вт. Якщо на початку 1993 року ціни на імпортовану нафту з росії склали 27%, на природний газ -7%, тоді на кінець року вони зросли до 100% світового рівня.

В 2021 році Україна імпортувала вугілля на 2,5 млрд доларів. Найбільша його частка припала на росію (62,1%) та Казахстан (10,2%). Понад 50% нафтопродуктів, прямо або опосередковано країна отримувала через білоруські нафтопереробні заводи. За таких умов визначальним і дієвим фактором зменшення енергетичної залежності України залишається впровадження енергозбереження на всіх етапах будівельного виробництва.

Практично за 30 років незалежності Україна лише наблизилась нормативні показники термічного опору огорожувальних конструкцій до європейських стандартів [4].

В 1990 році було розроблено першу систему сертифікації за стандартами зеленого будівництва – Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) [5]. Необхідність економії енергії та зменшення навантаження на довкілля спричинили перехід до зеленого будівництва, які активно розвиваються і по сьогоднішній день. Головна мета зеленого будівництва (green construction, green building, екологічне будівництво) полягає у мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище будівельної індустрії на всіх етапах шляхом використання кращих технологій, підвищення якості та комфорту. До основних завдань відносять: 1) зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів протягом всього життєвого циклу будівництва (вибір ділянки, проектування, будівництво, експлуатація, ремонт, реконструкція, знесення, рециклізація, утилізація); 2) мінімізація забруднення повітря, води та ґрунту з оптимізацією використання природних ресурсів; 3) підвищення якості і комфорту будівель; 4) застосування інноваційних технологій. Будівельна галузь відповідальна за 25% шкідливих викидів, 33% парникових газів та 50% відходів на звалищах. Будівлі використовують 14% питної води і 40% енергії та сировини у світовому масштабі.

У 2021 році Україна також імпортувала 2,6 млрд м<sup>3</sup> природного газу, переважно через віртуальний реверс з країн ЄС, де пролягають транзитні потоки російського газу. На сьогодні



країни ЄС через війну розв'язану росією з Україною відмовились від російського природного газу і для проведення опалювального сезону 2023/2024 року Україна за заявою Нафтогазу має розраховувати на природний газ власного видобутку. В 2022-2023 роках суттєво зросли обсяги експорту природного скрапленого газу з США.

Порівняльні показники термічного опору зовнішніх стін в Україні та Данії свідчать про катастрофічне відставання України від Данії. Наслідком такого відставання стала необхідність утеплення 92% існуючого житлового фонду. На рис. 1 проведені порівняльні дані термічного опору стін України і Данії.

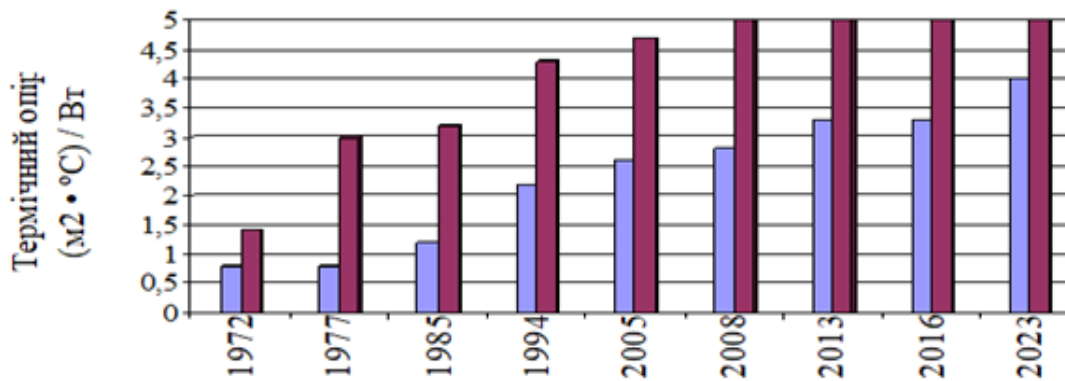


Рис. 1 – Динаміка зростання нормативних вимог термічного опору огорожувальних стін будинків України та Данії.

Приклад не тільки Данії але і сусідньої Польщі є повчальним для України. Не піддається логічному поясненню реалізація політики галузевого міністерства щодо «затягування» введення в дію нових показників термічного опору стін. Зокрема, в 2021 році в Польщі прийнятий показник термічного опору стін ( $R = 5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ), в Україні розробляється в 2021 році останні більш прогресивні ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», а вводяться вони в дію лише в кінці 2022 року, при цьому термічний опір стін передбачено збільшити на 20% ( $R = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ). Характерно те, що в Україні, як і в Польщі кліматичні умови та стінові матеріали є практично ідентичні, а в структурі стінових матеріалів домінує газобетон автоклавного тверднення. Більшість європейських країн ще на початку 90-х років минулого століття підняли нормативні вимоги термічного опору огорожувальних стін до  $4,5 - 5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , а Україні знадобилось більше 30 років для того щоб лише їх наблизити до європейських показників.

Якщо норми Німеччини EnEV 2009 передбачали в 2009 році опір теплопередачі вікон не менше  $0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , а з 1 січня 2012 року вони зросли до  $1,1-1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  то українські нормативи термічного опору вікон прийняті значно пізніше - в 2016 році і становили лише  $0,75-0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , а в 2022 році зросли лише до  $0,9$  і  $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , що нижче вимог німецьких нормативів ще 2012 року. При цьому кліматичні умови в Німеччині більш сприятливі для проживання ніж для першої (найбільш холодної) кліматичної зони України, яка охоплює значну її територію.

Нові технології будівництва зелених будівель постійно змінюються та покращуються і головними цілями будівництва зелених будівель є: скорочення загального впливу будівлі на довкілля і здоров'я людей, яке можливо досягти завдяки ефективному використанню електроенергії, води і інших ресурсів; скорочення викидів і відходів.

На відміну від країн ЄС в Україні практично 90% будівельних відходів вивозиться у відвали. Не в повній мірі використовуються активні мінеральні добавки природного та техногенного походження в технології виробництва цементних матеріалів, які провокують за даними МЕА більше 5% викидів вуглекислого газу. Відходи роботи ТЕС, металургійного виробництва навіть при наявності нормативної бази і позитивного зарубіжного і вітчизняного досвіду недостатньо використовуються в будівельній сфері. Циркулярна економіка передбачає альтернативу лінійній

моделі розвитку економіки, її ідея – це подовжити життя відходів шляхом повторного їх використання[6].

### Висновки

Концепція зеленого будівництва виникла у 1970-х роках у відповідь на енергетичну кризу. В останні десятиліття зростає стурбованість населення через енергетичні і екологічні проблеми, пов'язані з глобальними змінами клімату через надмірне спалювання викопних видів палива і викидами парникових газів та погіршенням стану навколишнього середовища. Необхідність економії енергії та зменшення навантаження на довкілля сприяло появі інновацій зеленого будівництва, які продовжують розвиватися і по сьогоднішній день.

Нормативна база щодо вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель в незалежній Україні суттєво відстає від вимог країн ЄС, що відіграє роль «міни» уповільненої дії і переносить додаткові витрати енергії при утриманні будівель на майбутні покоління.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fesanghary M. Design of low mission and energyefficient residential building using a multi objective optimization algorithm / M. Fesanghary, S. Asadi, Z. W. Geem // Building and Environment. - №49. 2012. - P. 245-250.
2. Офіційний сайт компанії Ecoran. – Режим доступу: <https://ecoranua.com/>.
3. «Зеленые» здания Украины [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tools.breeam.com/projects/explore/buildings.jsp?sectionid>.
4. Сердюк В.Р., Бричанський Д.О. Зростання приведенного опору огорожувальних конструкцій житлових будинків. МНТК «Інноваційні технології в будівництві» ВНТУ. 2022. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16605/13856>.
5. «Зеленые» здания Украины. Режим доступу: <https://tools.breeam.com/projects/explore/buildings.jsp?sectionid>.
6. Сердюк В.Р. Циркулярна економіка: Українські реалії та перспективи впровадження в будівельні галузі. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний журнал. ВНТУ. –2023. –№1(34). –С.156 -164.

**Сердюк Василь Романович** — д-р техн. наук, професор, кафедра будівництва міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [vasromvs@gmail.com](mailto:vasromvs@gmail.com)

**Оленич Василь Васильович** студент 2-го курсу магістратури, група Б-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [olenichvv@gmail.com](mailto:olenichvv@gmail.com).

**Serdyuk Vasyl Romanovych** — Dr. Tech. Sciences, professor, department of urban construction and architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vasromvs@gmail.com](mailto:vasromvs@gmail.com)

**Olenich Vasyl Vasyliovych**, 2nd year master's student, group B-22m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olenichvv@gmail.com](mailto:olenichvv@gmail.com).

# **СТІЙКІСТЬ ТОНКОСТІННИХ КУПОЛЬНИХ СИСТЕМ ПРОТИ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*У науковій роботі розглянуто важливу проблему, яка виникає при проектуванні та експлуатації купольних систем – вплив вітрових навантажень на стійкість конструкції. Зосереджуючись на підвищенні опору купола вітровому тиску, дослідження включає в себе вивчення геометричних та структурних параметрів, які можуть ефективно зменшити вплив вітру на конструкцію. Враховуючи динамічний характер вітрових сил та використовуючи сучасні інженерні технології, дослідження спрямоване на розробку нових рішень для забезпечення максимальної стійкості купольних систем у вітряних умовах шляхом оптимізації форми купола, використання матеріалів з високим опором вітру, а також вдосконалення конструктивних рішень для зменшення горизонтальних напружень. Результати цього дослідження можуть використовуватися в архітектурному та інженерному проектуванні для поліпшення безпеки та довговічності купольних споруд у регіонах з високим рівнем вітрових навантажень.*

**Ключові слова:** купол, купольна система, вітрові навантаження, стійкість, напруження, конструкція, опукле покриття, каркас.

## **Abstract**

*The scientific work considers an important problem in the design and operation of dome systems - the influence of wind loads on the stability of the structure. Focusing on increasing the dome's resistance to wind pressure, the study includes the study of geometric and structural parameters that can effectively reduce the impact of wind on the structure. Taking into account the dynamic nature of wind forces and using modern engineering technologies, the research is aimed at developing new solutions to ensure maximum stability of dome systems in windy conditions by optimizing the shape of the dome, using materials with high wind resistance, as well as improving structural solutions to reduce horizontal stresses. Results of this research can be used in architectural and engineering design to improve the safety and durability of dome structures in regions with high levels of wind loads.*

**Key words:** dome, dome system, wind loads, stability, stress, construction, convex covering, frame.

## **Вступ**

Історія куполобудування почалася ще в доісторичні часи, однак, розповсюдження купольних систем по різних країнах давнього світу не однакове. Наприклад, в Стародавній Греції, використання куполів було вкрай обмежене через складність зведення. Технологічно складні та великі куполи отримали широке розповсюдження під час римської архітектурної революції, для улаштування покриттів храмів і великих громадських споруд. Вважається, що найдавніший купол з нині існуючих розташований в римському Пантеоні, зведеному приблизно в 128 році нашої ери. Традицію куполобудування перейняла візантійська християнська культова архітектура. Кульмінацією цього періоду стало застосування революційної вітрильної технології при зведенні Софійського собору у Константинополі. Широко відомі, також, купольні системи пам'яток архітектури Епохи Відродження, куполи середньовічного Китаю та Індії [1].

Купол – просторова несуча конструкція у вигляді опуклого покриття круглої, еліптичної, квадратної або багатокутної в плані споруди. У ХХ ст. з'явилися куполи ребристі, ребристо-кільцеві, з хвилястою внутрішньою поверхнею, а також геодезичні куполи Б. Фуллера (рис.1), монолітні збірні

П.Л. Нерві, куполи з нестандартних матеріалів, наприклад, з монолітного полікарбонату (рис. 2) чи закаленого скла тощо.



Рис. 1. Геозедичний стрижневий купол Фуллера.



Рис. 2. Безкаркасні куполи з монолітного полікарбонату.

На сьогодні купольні системи є ефективними, архітектурно виразними, але конструктивно складними компонентами будівель і споруд, які сприймають кліматичні та технологічні навантаження.

Область сучасного застосування купольних систем, доволі, широка. Куполи застосовуються для покриття культових споруд, яким надають особливий архітектурний стиль та символіку; для покриття великих глядацьких залів та амфітеатрів, музеїв, виставкових центрів, планетаріїв, де куполи забезпечують ефективне використання простору без додаткових опор; для перекриття об'єктів обслуговування – торгових центрів, ресторанів, вокзалів, аеропортів для створення вражаючих вільних просторів; як покриття унікальних спортивних об'єктів; для формування споруд теплиць та сільського господарства.

Будова стандартної каркасної купольної системи включає такі основні елементи:

- Каркас – структурна рама, що утримує криволінійну форму купола та передає навантаження на нижче розташовані конструктивні елементи (стіни або фундаменти споруди).
- Опорне кільце – горизонтальний елемент в основі купола, що допомагає сприйняти розрив купольної системи, а також служить для передачі ваги купола на опорну конструкцію або фундамент.
- Купольні ребра – криволінійні вертикальні або нахилених елементи, які утворюють просторову структуру купола.
- Покриття купола – огорожувальні конструкції, що покривають зовнішню поверхню купола (залізобетонне, дерев'яне, скляне, полікарбонатне, металеве, тентове).
- Верхній вінчальний камінь (ліхтар): Верхній елемент, який може мати відкритий або закритий дизайн і дозволяє світлу та повітрю проникати всередину [2].

Через значні прольоти, що перекриваються куполами та відносно невелику товщину купольних оболонок, інженери приділяють особливу увагу взаємодії з вітровими потоками.

Пів сферична або еліптична форма куполів, незалежно від розмірів, конструктивних матеріалів каркасу та покриття є дуже вдалою з точки зору аеродинаміки, оскільки плавні обводи куполів добре огинаються вітровими потоками, навіть при впливі штормового чи ураганного вітру. Однак, чим менша вага і жорсткість покриття куполів, тим ймовірнішою є поява граничного стану – втрати стійкості купольної форми. Особливо це стосується безкаркасних конструкцій [3, 4] та каркасних систем з тентовим покриттям [5]. Тому подальші дослідження, які стосуються удосконаленню тонкостінних купольних систем для опору вітровим навантаженням є доцільними і актуальними.

## Основна частина

Під час експлуатації, купольні системи піддаються різноманітним навантаженням, серед яких можна виділити: статичні (вага конструкції купола та обладнання), динамічні (вітрові), тимчасові (снігові, ожеледні навантаження), термічні (розширення та стиск матеріалів), конструкційні (сили, що виникають внаслідок внутрішніх напружень та деформацій через недосконалість форми та просідання основ).

Вітрові навантаження можуть спричиняти більшу шкоду купольним конструкціям порівняно з сніговими та ожеледними впливами. Це пояснюється тим, що по-перше: вітер створює суттєві горизонтальні сили, які діють на поверхню купола та можуть викликати значні горизонтальні напруження та деформації куполів, що вимагає надійного супротиву з боку їх несучих елементів. По-друге: швидкість вітру зазвичай зростає з висотою над землею, і чим вища конструкція, тим більше вона відчуває вплив вітру. Крім того, куполи, як компоненти покриття, можуть бути експонованими, що означає відсутність природних перешкод для захисту від сильних вітрів. З іншого боку, снігові та ожеледні навантаження, хоча і можуть бути значними, зазвичай здійснюють вертикальний, часто полярно симетричний вплив на купол, що набагато менш небезпечно для купольної конструкції, ніж горизонтальні вітрові впливи.

Методологія збору вітрових навантажень на конструкцію купола детально описана у [6] та [7]. Граничне розрахункове вітрове навантаження згідно з [7]:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C \quad [кН/м^2], \quad (1)$$

де  $W_0$  – нормативний вітровий тиск;  $\gamma_{fm}$  – коефіцієнт надійності за граничним значенням вітрового навантаження;  $C$  – коефіцієнт, що визначається за формулою (2):

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d \quad (2)$$

У формулі (2)  $C_h$  – коефіцієнт висоти споруди;  $C_{alt}$  – коефіцієнт географічної висоти,  $C_{dir}$  – коефіцієнт напрямку;  $C_{rel}$  – коефіцієнт рельєфу;  $C_d$  – коефіцієнт динамічності. Для знаходження аеродинамічного коефіцієнта  $C_{aer}$  сферичного купола слід визначити число Рейнольдса:  $Re = 0,88 \cdot d \cdot \sqrt{W_0 \cdot C_h \cdot \gamma_{fm}}$  [7].

Схема розподілу аеродинамічних коефіцієнтів у плані та по висоті купальної споруди діаметром основи 13,5 м, які за характером тотожні розподілу вітрових тисків, показана на рис. 3 та рис. 4.

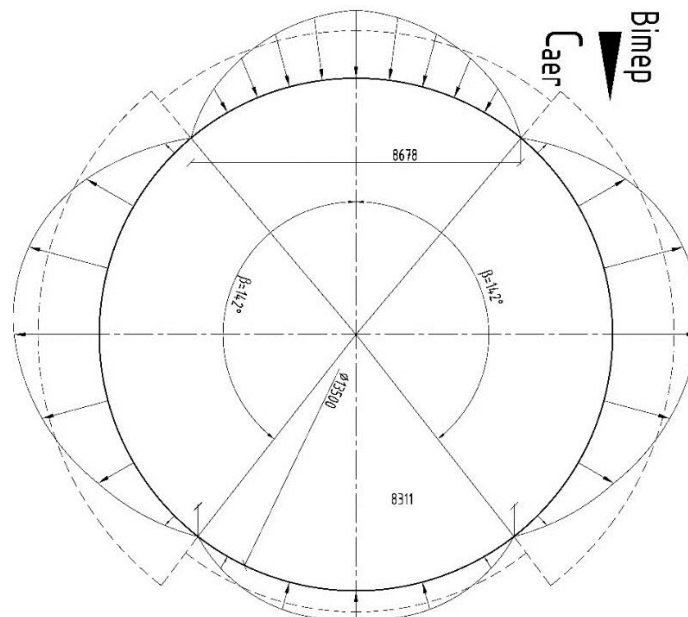


Рис. 3. Схема, що ілюструє розподіл аеродинамічних коефіцієнтів у плані.

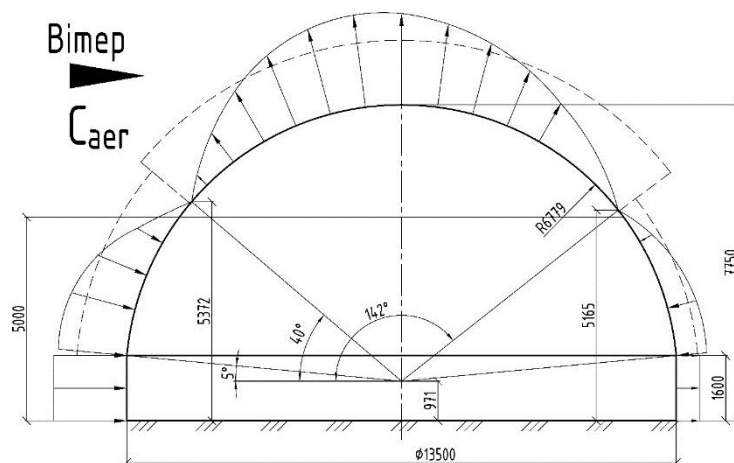


Рис. 4. Розподіл коефіцієнтів аеродинамічності та вітрового тиску на купол по висоті.

Зі схем, зображених на рис. 3 і 4 випливає, що при вітровому впливі куполи змінюють свою форму (викривляються у плані та по висоті). Тому для тонкостінних конструкцій виникає небезпека втрати стійкості.

Для поліпшення жорсткості і забезпечення стійкості тонкостінних купольних систем проти негативного впливу вітрових навантажень пропонується застосувати комплексний інженерно-технічний підхід, який полягає у застосуванні різних заходів, спрямованих на підвищення живучості споруди, а саме:

1. Надійне кріплення опорного кільця до основ або вертикальних несучих елементів (введення внутрішніх опорних елементів чи каркасу, які підсилюють структуру і підтримують стабільність під час вітрових навантажень).
2. Улаштування внутрішніх ребер жорсткості для забезпечення стійкості форми споруди.
3. Улаштування вітрозахисних щитів (модифікація зовнішньої поверхні купола для зменшення турбулентності).
4. Улаштування протиожеледних покриттів, які зменшать вітровий опір споруди.
5. Використання сучасних гладких композитних матеріалів покриття, які поєднують міцність із низькою вагою (наприклад, монолітний полікарбонат).
6. Застосування натяжних систем для тентового покриття.
7. Встановлення систем моніторингу для постійного відстеження стану конструкції та реагування на будь-які ознаки стресу чи пошкоджень.
8. Використання комп'ютерних програм для детального аналізу вітрових навантажень та визначення слабких точок конструкції.

### Висновки

При виконанні цієї науково-дослідної роботи розглянуто основні методи підвищення стійкості тонкостінних купольних систем для протидії вітровим навантаженням. Окреслено раціональні конструктивні рішення куполів, їх класифікація та види навантажень, що на них впливають. Доведено, що кліматичний вплив, особливо вітрова компонента, негативно впливають та стійкість, міцність, жорсткість на довговічність купольної системи. Окреслено конкретні конструктивні заходи, щодо збільшення стійкості купольних конструкцій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Архітектурні конструкції: Навч. посібник (для студентів спеціальності «Містобудування» напряму 1201 – «Архітектура»). Автор: Дрьомова Л.В. –Харків: ХНАМГ, 2007 – (164)171 с.
2. Купол // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 114. — ISBN 978-966-7407-83-4.

3. Попов В.О. Моделювання напружено-деформованого стану тонкостінних куполів з полікарбонату для раціонального проектування. / В.О. Попов, А.В. Попова, Вей Ван // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2022-2. С. 81 – 93.
4. Попов В.О. Безкаркасні тонкостінні куполи з монолітного полікарбонату – система покриття майбутнього [Електронний ресурс] / В.О. Попов, Вей Ван // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції: «Інноваційні технології в будівництві-2022» (м. Вінниця, 23-25.11.2022) – Електрон. текст. дані. – 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16738>
5. Попов В. О. Раціональні геодезичні стрижневі купольні системи для пересувних планетаріїв [Електронний ресурс] / В. О. Попов, О. С. Баранецька // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ : Збірник доповідей, Вінниця, 14-23 березня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. С. 1480 – 1484. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/18983>
6. Попов В.О. Розроблення скінчено-елементної моделі напружено-деформованого стану куполу з умов оптимального проектування. / В.О. Попов, О.С. Кошівський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2012-1. С. 11 – 15.
7. ДБН В.1.2.-:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [На заміну СНиП 2.01.07-85 (крім розділу 10)]. [Чинний від 2007-01-01] – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).

**Попов Володимир Олександрович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Баранецька Олена Сергіївна** – бакалавр будівництва, фахівець центру забезпечення якості освіти Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. email: [alexeyielenka@gmail.com](mailto:alexeyielenka@gmail.com)

**Мицик Тетяна Сергіївна** – студентка факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, email: [mtsuaa@gmail.com](mailto:mtsuaa@gmail.com).

**Popov Volodymyr O.** — Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Baranetska Olena S.** – bachelor of civil engineering, specialist of the center for ensuring the quality of education of the Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa city, email: [alexeyielenka@gmail.com](mailto:alexeyielenka@gmail.com)

**Mysik Tetyana Serhiivna**– student of Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: [mtsuaa@gmail.com](mailto:mtsuaa@gmail.com).

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТІ БУДІВНИЦТВА ПЛОСКИХ ПОКРІВЕЛЬ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОЇ СФЕРИ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Матеріал присвячений дослідженню та аналізу застосування сучасних технологій в проектуванні та будівництві плоских покриттів об'єктів соціальної сфери. У роботі розглядаються інноваційні методи та матеріали, що забезпечують ефективність, надійність та стійкість плоских покрівельних систем.*

**Ключові слова:** житлові будинки, плоскі покрівлі, соціальна сфера, технології, інновації.

## *Abstract*

*The material is dedicated to the research and analysis of the application of modern technologies in the design and construction of flat coverings of objects of the social sphere. The work considers innovative methods and materials that ensure the efficiency, reliability and stability of flat roofing systems.*

**Key words:** residential buildings, flat roofs, social sphere, technologies, innovations.

## **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та постійними змінами в будівельній сфері забезпечується вдосконалення підходів до проектування та будівництва квартирних покрівель, зокрема на об'єктах соціальної сфери. Сучасні технології відкривають перед фахівцями широкі можливості для підвищення ефективності, надійності та стійкості плоских покрівельних систем [1].

Однією з ключових галузей, яка сприяє розвитку будівельної сфери, є впровадження інноваційних технологій. В даному дослідженні ми розглядаємо застосування таких технологій в контексті проектування та будівництва плоских покрівель об'єктів соціальної сфери. Ретельний аналіз сучасних досягнень у цій області дозволяє отримати переваги, які можуть бути отримані за рахунок новаторських підходів до будівництва, забезпечуючи тим самим стійкість та довговічність конструкції.

## **Основна частина**

### **1. Технологічні інновації у проектуванні плоских покрівель**

Перший розділ дослідження присвячений глибокому аналізу технологічних інновацій у сфері проектування плоских покрівель. Розглядаються сучасні підходи до комп'ютерного моделювання, використання штучного інтелекту та віртуальної реальності в дизайні конструкцій. Особливо увага приділяється методам оптимізації форми та структури, що дозволяє забезпечити максимальну ефективність при мінімальних витратах матеріалів [2].

### **2. Інноваційні матеріали у будівництві плоских покрівель**

Другий вивчає сучасні матеріали, які виготовлені в будівництві плоских покрівель. Проведено аналіз властивостей мембран із полімерів високої міцності, скляних та карбонових композитів, а також їх вплив на теплоізоляцію та стійкість до атмосферних впливів. Окрема увага приділяється екологічним аспектам використання таких матеріалів.

### **3. Вплив технологій на енергоефективність плоских покрівель**

Третій розділ аналізує вплив інноваційних технологій на енергоефективність плоских покрівель. Розглядається можливість використання сонячних батарей, систем теплового насоса та інших відновлюваних джерел енергії для забезпечення автономності та зменшення витрат електроенергії. Досліджується взаємодія з енергетичними системами будівель та їх вплив на загальний екологічний відбиток [3].

### **4. Технічна безпека та стійкість конструкції**

Четвертий розділ приділяє особливу увагу аспектам технічної безпеки та стійкості плоских покрівель, враховуючи вплив сучасних технологій. Аналізуються системи протипожежного захисту,



методи виявлення та реагування на ваші проблеми, а також заходи щодо підвищення стійкості конструкції до зовнішніх впливів, таких як сильні вітри та опади.

#### 5. Тривалість експлуатації та ефективність витрат ресурсів

Останній розділ присвячений вивченню тривалості експлуатації плоских покрівель та ефективності витрат ресурсів. Аналізуються методи підвищення тривалості служби конструкцій, враховуючи експлуатаційні умови. Також досліджуються аспекти оптимізації витрат матеріалів та енергії на всіх етапах життєвого циклу покривної конструкції, що сприяє підвищенню стійкості та економічної ефективності будівельних об'єктів [4].

### Висновки

Здійснений аналіз сучасних технологій у проектуванні та будівництві плоских покриттів об'єктів соціальної сфери створює перспективність інноваційних підходів у цій галузі. Технологічні інновації в проектуванні не вдалося оптимізувати форму та структуру, забезпечуючи максимальну ефективність матеріаловитрат. Використання інноваційних матеріалів, таких як мембрани з полімерів та скляні композити, сприяє не лише тривалості служби конструкції, а й покращенню їхньої теплоізоляції та екологічних властивостей.

Енергоефективність плоских покрівель забезпечується за допомогою сучасних технологій використання відновлених джерел енергії, таких як сонячні батареї та теплові насоси. Це лише зменшує енергетичні витрати, але й сприяє створенню екологічно чистих об'єктів.

Особливе значення до аспектів технічної безпеки та стійкості конструкційних засобів про те, що сучасні технології дозволяють вдосконалити протипожежний захист та забезпечити стабільність плоских покрівель навіть за екстремальних умов.

Завершуючи, вивчаючи тривалість експлуатації та оптимізуючи витрати ресурсів, підтверджується, що інноваційні технології сприяють створенню покрівельних систем, не лише відповідаючи сучасним стандартам, а й мають великий потенціал для забезпечення сталого розвитку будівельної сфери. В цілому, інтеграція сучасних технологій у будівельну практику об'єктів соціальної сфери створює новий рівень якості та ефективності в цій ключовій галузі, що важливо для подальшого покращення життєвого середовища та забезпечення безпеки та комфорту користувачів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Закусило Н. М. Дослідження ефективності будівництва енергозберігаючого покриття [Електронний ресурс] / Н. М. Закусило, О. Г. Лялюк, // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України», Вінниця, 12-14 листопада 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/view/8331>

[2] Лівінський, А.М. Аналіз методів і обсягів виробництва покрівельних робіт і розробки пропозицій щодо їх вдосконалення [Текст] / Лівінський О.М., Євтушенко В.А. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - №1. - 2009. - С. 73-79

[3] Терновий В. І. Сучасні покрівельні роботи: Навчальний посібник/ В. І. Терновий. – К. : «МП Леся», 2007. – 112 с.

[4] Фаренюк Г. Г. Особливості термомодернізації багатоповерхових будівель з навісними залізобетонними панелями / Г. Г. Фаренюк, О. В. Семко, О. Б. Борисенко // Науково-технічний збірник «Енергозбереження в будівництві та архітектурі». – К. : КНУБА, 2012р. – Вип. 3. – С. 91–95.

**Діденко Микола Миколайович** – магістр, група 2Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет

**Науковий керівник: Христич Олександр Володимирович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [khristych@vntu.edu.ua](mailto:khristych@vntu.edu.ua)

**Didenko Mykola** – master, group 2B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Supervisor: Hristych Oleksandr** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [khristych@vntu.edu.ua](mailto:khristych@vntu.edu.ua)

## **АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СПОРТИВНИХ ЗАКЛАДІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ**

Вінницький національний технічний університет

***Анотація** Проаналізовано сучасні багатофункціональні будівлі, які характеризуються архітектурною індивідуальністю, компактністю, наявністю досить великої номенклатури соціально-побутових функцій. Висвітлено стан розвитку таких будівель. Визначено, що будівництво багатофункціональних спортивних комплексів продиктоване пошуком нових перспективних шляхів вдосконалення спортивних споруд у напрямку інтеграції спорту.*

**Ключові слова:** спортивний комплекс, класифікація, сучасні тенденції розвитку.

***Abstract** Modern multi-functional buildings are analyzed, which are characterized by architectural individuality, compactness, and the presence of a fairly large range of social and household functions. The state of development of such buildings is highlighted. It was determined that the construction of multifunctional sports complexes is dictated by the search for new promising ways of improving sports facilities in the direction of sports integration.*

**Keywords:** sports complex, classification, modern development trends.

### **Вступ**

Формування фізкультурно-спортивних зон навчальних закладів завжди актуальне в сучасних умовах, адже сприяє вихованню фізично здорового покоління, підвищенню якості підготовки спеціалістів, культури дозвілля та відпочинку, підтриманню здоров'я населення взагалі. Проте останнім часом існуюча мережа спортивних споруд навчально-виховних закладів не відповідає сучасним вимогам ні кількісно, ні якісно. Для вищих навчальних закладів розміри та функціональна структура території визначаються відповідно до державних будівельних норм ДБН Планування та забудова поселень та ДБН Будинки та споруди навчальних закладів. Метою є висвітлення архітектурно-конструктивних рішень спортивних комплексів та їх особливостей. Завдання: визначити стан вивченості питання, проаналізувати існуючі джерела, сформулювати класифікацію та охарактеризувати спортивні комплекси.

### **Результати досліджень**

Територія навчальних закладів повинна забудовуватись комплексно. На виділеній ділянці розміщуються навчальні, науково-дослідні, господарсько-побутові корпуси, а також фізкультурно-спортивні споруди, які забезпечують проведення різних напрямків, форм та методів навчально-спортивної роботи. Всі зазначені функціональні зони, особливо спортивна, потребують значних територій та суттєво впливають на архітектурно-планувальні якості забудови навчального закладу.

Фізкультурно-спортивні споруди – це система, яка постійно змінюється, вона нерозривно пов'язана з розвитком суспільства. Соціальні зміни, що відбуваються в суспільстві, викликають до життя нові види і форми фізкультурно-оздоровчих та дозвіллевих занять. Відповідно до цих змін виникають типологічні особливості фізкультурно-спортивних споруд: 1. Змінюються спортивно-технологічні параметри місць проведення занять; збільшується частка універсальних, багатофункціональних приміщень і споруд, що забезпечують можливість трансформації приміщень; 2. Розширюються склади споруд за рахунок приміщень для фізкультурно-оздоровчих, розважальних і клубних видів діяльності; 3. Посилюються взаємозв'язки критих і відкритих споруд при широкому їх використанні для нових нетрадиційних видів активного дозвілля; 4. Забезпечується доступність фізкультурно-спортивних споруд для інвалідів, до складу споруд входять спеціалізовані зали та приміщення для їх занять; розвиваються спеціалізовані спортивні центри: гірськолижні, вітрильні, кінноспортивні. 5. Зростає комфортність споруд, їх інтер'єрів і

зовнішнього середовища; все більше уваги приділяється привабливості архітектурного вигляду фізкультурно-спортивних споруд; 6. Спостерігається зростання будівництва критих споруд замість відкритих басейнів, стадіонів, ковзанярських доріжок [1]. Для формування нових пропозицій спортивних комплексів потрібно аналізувати спортивні об'єкти того чи іншого призначення, їх кількість, місця розташування, доступність, об'ємно-планувальні структури, класифікації та ін.



Рис.1. Класифікація спортивних комплексів.

За об'ємно-планувальною конструкцією розрізняються спортивні комплекси відкриті, криті і напіввідкриті. Відкриті спортивні комплекси – це споруди, в яких змагання та навчально-тренувальні заняття проводяться під відкритим небом. Криті спортивні комплекси. Криті спортивні комплекси - це споруди, в яких змагання та навчально- тренувальні заняття проводяться в критих залах, манежах, басейнах, Палацах спорту [2]. Споруди з навісом, в яких змагання та навчально-тренувальні заняття проводяться на відкритому повітрі, відносяться до напіввідкритим комплексам.



Рис.2. Види спортивних комплексів.

Фізкультурно-спортивні зони, не залежно від типу навчального закладу, повинні задовольняти загальні вимоги інсоляції: сонячне опромінення фізкультурно-спортивної зони повинно бути забезпечене в період з березня по вересень протягом 3 годин на день. Розташування світлових прорізів має виключати сліпучу дію сонячних променів на глядачів та відвідувачів, що займаються у спортивних залах [3]. Площа озеленення земельних ділянок навчально-виховних закладів повинна складати 45-50 % загальної площі ділянки (включаючи озеленення місця відпочинку, ділянки для вирощування овочевих та ягідних культур, захисні смуги та посадки по периметру ділянки).

## Висновки

Висвітлено формування спортивних комплексів. Охарактеризовано основні види спортивних комплексів. Проаналізовано архітектурно-планувальні рішення даних споруд. Досліджено нормативні вимоги щодо планування спортивних комплексів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальська Г. Л. Принципи та методи оптимізації функціонально-планувального розвитку вищих навчальних закладів в існуючій міській забудові : автореф. дис. канд. архітектури : 18.00.02 «Архітектура будівель та споруд» / Г. Л. Ковальська ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ, 2002. – 23 с.
2. Передерій, А. В., Пітин, М. П., Мельник, М. Г. Матеріально-технічне забезпечення студентського спорту України в XXI столітті (на прикладі основних спортивних споруд). Київ, 2015 – 25 с.
3. Нойферт Э. Будівельне проектування – К.: Київархідрук, 1991. – 389 с.

*Шпанюк Микола Сергійович - студент групи 2Б-206, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Shpanyuk1999@gmail.com](mailto:Shpanyuk1999@gmail.com)*

*Пташка Олена Максимівна – студентка групи БМ-206, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ptashka.olena@gmail.com](mailto:ptashka.olena@gmail.com)*

**Риндюк Світлана Володимирівна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rundyuksv@gmail.com](mailto:rundyuksv@gmail.com)

Науковий керівник: **Хороша Оксана Іванівна** – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

**Mykola Shpanyuk** - student of group 2B-20b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Shpanyuk1999@gmail.com](mailto:Shpanyuk1999@gmail.com)

**Olena Ptashka** - student of BM-20b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ptashka.olen@gmail.com](mailto:ptashka.olen@gmail.com)

**Svitlana Ryndiuk** — PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rundyuksv@gmail.com](mailto:rundyuksv@gmail.com)

Supervisor: **Khorosha Oksana** - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

## РІЗНИЦЯ В РОБОТІ БУРОВИХ І ЗАБИВНИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі виконано огляд результатів досліджень пальових фундаментів. Встановлено фактори, що впливають на перерозподіл зусиль між ростверком і палями в складі пальових фундаментів. Встановлено, що ступінь реалізації несучої здатності палі і ростверку у складі пальового фундаменту залежить не тільки від ґрунтових умов, відносної довжини і кроку паль, а і від способу їх влаштування. Виявлено, що пальові фундаменти з бурових паль значно підвищують свою несучу здатність за рахунок спільної роботи їх елементів під навантаженням у порівнянні з пальовими фундаментами з забивних паль.

### Ключові слова:

Пальовий фундамент, бурова паля, забивна паля, напружено-деформований стан.

### Abstract

The paper reviews the results of research on pile foundations. The factors affecting the redistribution of forces between the grid and the piles in the pile foundations have been established. It has been established that the degree of implementation of the load-bearing capacity of piles and grids as part of the pile foundation depends not only on the soil conditions, a certain length and pitch of the piles, but also on the method of their adjustment. It was found that pile foundations made of drilled piles significantly increase their bearing capacity due to the joint work of their elements under load compared to pile foundations made of driven piles.

### Keywords:

Pile foundation, drilling pile, driving pile, stressed-deformed state

### Вступ

На даний час було проведено багато експериментальних і фізичних досліджень пальових фундаментів [1-2], які показали, що частину навантаження сприймає ростверк, а частину – палі. Відсоток вертикального навантаження, яке сприймає ростверк залежить від характеру передачі навантаження на пальовий фундамент, від виду паль, від конструктивних характеристик самого фундаменту та від фізико-механічних властивостей ґрунтової основи.

Оскільки при влаштуванні бурових паль навколо них не утворюється ущільнена зона на відміну від забивних, то ступінь реалізації несучої здатності палі у складі групи (куша) для бурових паль, можна очікувати більшою, ніж для забивних при аналогічних геометричних параметрах. Для доведення цього припущення було проведено порівняння роботи пальових кушів [3] та стрічкових фундаментів з забивних та бурових паль з аналізом перерозподілу зусиль між елементами фундаментів (палями і низьким ростверком) при варіюванні довжини паль, кроку паль в ростверку і виду ґрунту при сталій кількості паль.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Шляхом чисельного моделювання виконано комплексний аналіз НДС системи «основа-пальовий фундамент» з врахуванням впливу геометричних параметрів пальових фундаментів і фізико-механічних характеристик ґрунтів основи.

Для математичного моделювання роботи пальових фундаментів обрано програмний продукт Plaxis 3D, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів.

Основна мета моделювання в програмному комплексі Plaxis полягає в визначенні напружено-деформованого стані в основі пальових фундаментів в залежності від геометричних параметрів, а також від характеристик ґрунтової основи.

За результатами чисельного моделювання видно, що частка ростверку у фундаментах з бурових паль суттєво більша (20-50% для піщаних ґрунтів та 20-40% для глинистих). Для забивних паль ця частка складає 3-35% для піщаних ґрунтів та 2-30% для глинистих. Характер залежності частки ростверку від геометричних параметрів куцця та стрічкових пальових фундаментів для забивних і бурових паль аналогічний. Частка ростверку залежить переважно від осьової відстані між палями. Збільшення відстані між палями призводить до суттєвого збільшення частки ростверку, але для пальових куців збільшення відстані між палями призводить до збільшення загальної площі ростверку, що закономірно збільшує і реактивний опір ґрунту. При збільшенні довжини палі частка ростверку у навантаженні на фундамент знижується, але несуттєво. Характер зміни частки ростверку аналогічний при роботі пальових фундаментів у піщаному та глинистому ґрунті (рис. 1-2).

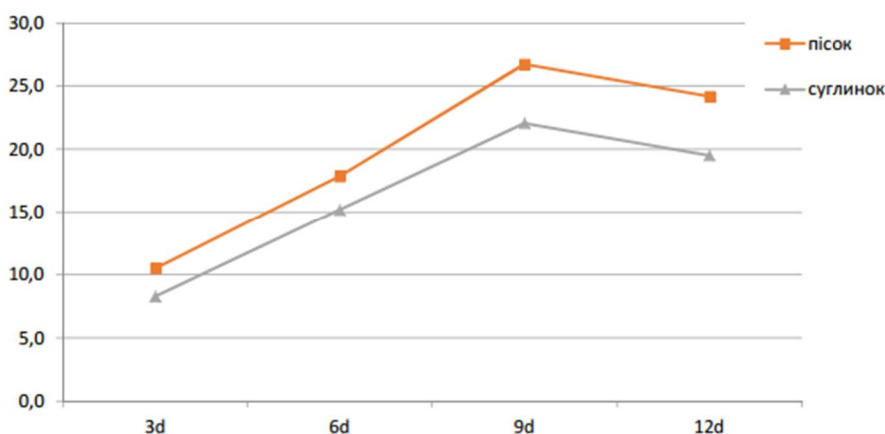


Рис. 1 – Залежність частки, що сприймає ростверк однорядного стрічкового пальового фундаменту (%), від кроку паль довжиною 9 м в різних ґрунтах

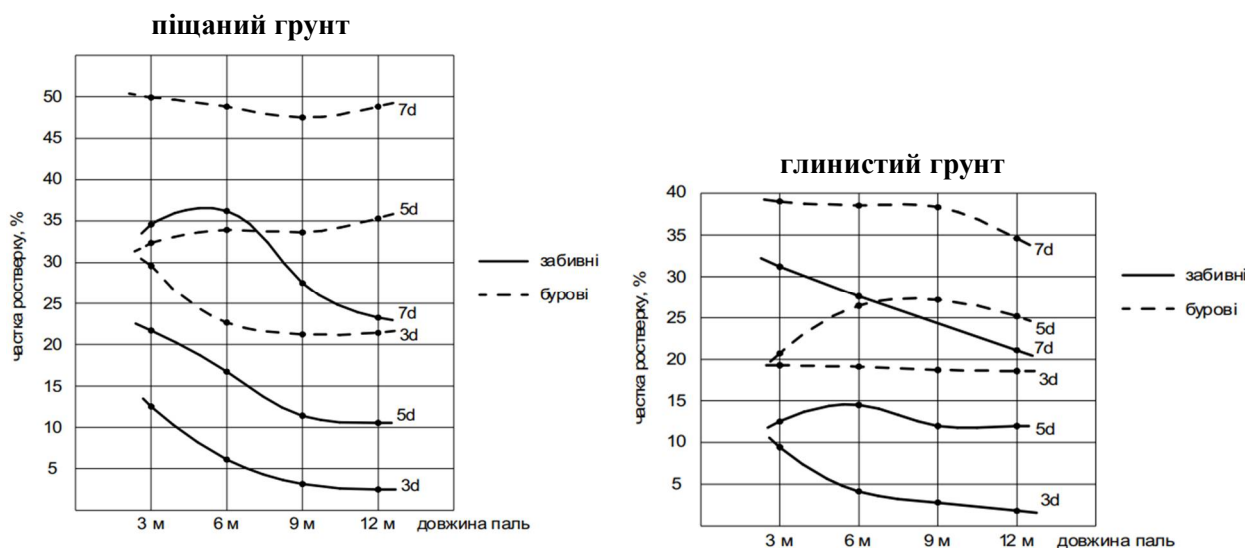


Рис. 2 – Графіки залежності частки ростверку у навантаженні на стовпчастий пальовий фундамент з забивних та бурових паль від довжини і кроку паль

### Висновок

Проведене числове дослідження свідчить, що ступінь реалізації бурових паль у складі пальових куців та стрічкових пальових фундаментів більший ніж для аналогічних за геометричними параметрами фундаментів на забивних палях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Урахування роботи ростверку у складі стрічкових пальових та підсилених палями фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2013. 168 с.
2. Маєвська І.В., Блащук Н.В. Перерозподіл зусиль між елементами однорядного стрічкового пальового фундаменту *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*: міжнародний н/т журнал ВНТУ, Вінниця. – 2019. – №1(26). – С.43-52.
3. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота паль і ростверку у складі стовпчастих пальових фундаментів: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2022. – 183 с.

***Перебийніс Михайло Володимирович*** — аспірант, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [Mishauavn@gmail.com](mailto:Mishauavn@gmail.com)

***Науковий керівник: Блащук Наталя Вікторівна*** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

***Mykhailo Perebyinis*** — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [Mishauavn@gmail.com](mailto:Mishauavn@gmail.com)

***Supervisor: Blaschuk Natalia*** – candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa. E-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

# ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*Дослідження спеціального використання технології "Розумний будинок" з метою підвищення енергоефективності соціального житла. У роботі розглядаються основні принципи та компоненти «розумних» систем, їх можливості щодо оптимізації використання енергії та підвищення комфорту мешканців соціального житла*

**Ключові слова:** розумний будинок, енергоефективність, соціальне житло, системи автоматизації.

## **Abstract**

*Research on the special use of "Smart House" technology in order to increase the energy efficiency of social housing. The work examines the main principles and components of "smart" systems, their possibilities for optimizing energy use and increasing the comfort of residents of social housing*

**Key words:** smart house, energy efficiency, social housing, automation systems.

## **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

У сучасному світі, де виклики щодо енергоефективності та сталого розвитку залишаються надзвичайно актуальними, технології «Розумний будинок» займають центральне місце в парадигмі розвитку житла. Ця інноваційна концепція зменшується лише як технічне досягнення, але і як ключовий інструмент для оптимізації енергоспоживання та підвищення якості життя мешканців. У зв'язку з високим попитом на соціальне житло, впровадження «розумних» технологій стає стратегічно напрямком у забезпеченні енергоефективності та сталого розвитку цього сегменту нерухомості [1].

В цьому контексті спрямоване дослідження на розкриття потенціалу технології «Розумний будинок» як інструменту досягнення високого рівня енергоефективності в соціальному житлі. Системи автоматизації, інтеграція «Інтернету речей» та інші аспекти «розумного» життя вивчаються з метою визначення їх впливу на оптимізацію витрат енергії та створення комфортного середовища для мешканців. У цьому контексті важливо не лише розглядати технічні аспекти, але і визначати соціально-економічні вигоди, які можуть виникнути внаслідок впровадження «розумних» рішень у соціальному житловому будівництві.

## **Основна частина**

### **1. Ключові аспекти технології "Розумний будинок"**

Перший ключовий аспект, який варто врахувати в розглянуті технології "Розумний будинок", - це системи автоматизації, які контролюють різні аспекти житлового простору. Спеціальні датчики, розташовані по всьому будинку, забезпечують збір даних про енергоспоживання, освітлення, освітлення та інші параметри. Ці дані дозволяють системі "Розумний будинок" аналізувати звичаї мешканців та самостійно регулювати режими, забезпечуючи оптимальні умови та ефективне використання енергії.

### **2. Інтеграція "Інтернет речей" для оптимізації енергоспоживання [2]**

Ще однією ключовою складовою є інтеграція "Інтернет речей" (IoT), яка дозволяє різним пристроям в будинку взаємодіяти та обмінюватися інформацією. Це не лише порушення створеної екосистеми з комбінованих пристроїв, але і дозволяє створити інтелектуальні стратегії для оптимізації енергоспоживання. Наприклад, взаємодія холодильника та системи опалення для оптимального використання електроенергії під час пікових годин чи зниження витрат під час кількох мешканців.

### **3. Підвищення комфорту та зменшення витрат**



Технологія «Розумний будинок» не тільки спрямована на підвищення енергоефективності, але і на покращення комфорту мешканців. Системи автоматизації можуть адаптувати вашу роботу до особистих вподобань мешканців, створюючи оптимальні умови для їхнього перебування в будинку. Це включає в себе індивідуальне керування освітленням, температурою та безпековими системами, що сприяє підвищенню якості життя та зниженню витрат на енергію.

#### 4. Важливість соціального виміру

При введенні технології "Розумний будинок" у соціальне житло, розміщення є не лише технічний аспект, але й соціальний вимір. Поліпшення умов та зменшення енергонезалежності проживання соціального житла може призвести до підвищення якості життя менш забезпечених верств населення, сприяючи соціальній інклюзії та рівності [3].

#### 5. Виклики та перспективи впровадження

Нарешті, важливі програми виклики та перспективи впровадження технології "Розумний будинок" у соціальному житлі. З одного боку, це можливість створення сталого та енергоефективного житла для всіх верств населення. З іншого боку, важливо забезпечити аспекти конфіденційності даних, системи безпеки та доступності для різних соціальних груп, забезпечуючи рівний доступ до переваг технологічного розвитку.

### Висновки

Дослідження технології "Розумний будинок" у контексті підвищення енергоефективності соціального житла виявило, що ця інноваційна концепція має значний потенціал для трансформації сучасного житлового середовища. Впровадження системи автоматизації та інтеграції "Інтернет речей" дозволяє не лише оптимізувати витрати енергії та енергії, але й покращити комфортну якість життя мешканців.

Важливим є розуміння, що технологія «Розумний будинок» несе не тільки технічну вдосконаленість, але й соціальні та економічні переваги. Сприяючи підвищенню енергоефективності, вона може стати інструментом соціальної інклюзії та рівності, покращуючи умови проживання для різних соціальних груп.

Впровадження "розумних" технологій у соціальне життя вимагає важливого розгляду проблем, таких як конфіденційність даних, безпека системи та доступність для всіх. Тільки з цих аспектів може бути забезпечено успішне та рівноправне впровадження технології, що сприятиме створенню сталого, ефективного та соціально відповідального життя.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage [Електронний ресурс] / Dickson. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devices-from-being-forced-into-botnet-slavery/>.

[2] Технологія розумного будинку: як AI створює простір, комфортний для життя [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.everest.ua/tehnologiya-rozumnogo-budynku-yak-ai-stvoaryuye-prostir-komfortnyj-dlya-zhyttya>

[3] Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://bron.ua/article/scho-take-rozumnij-budinok-vse-scho-potrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/>

**Обертинський Антон Арсенович** – магістр, група 2Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет

**Науковий керівник: Очеретний Володимир Петрович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua)

**Obertynskyi Anton** – master, group 2B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia

**Supervisor: Ocheretnyi Volodymyr** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia. e-mail: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua)

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі виконано огляд результатів досліджень ґрунтоцементу. Використання ґрунтоцементу з додаванням золи винесення пропонується для армування основ вертикальними армуючими елементами. З метою розробки практичних рекомендацій щодо оптимального складу ґрунтоцементу було виконане математичне моделювання роботи армованої ґрунтоцементними палями основи з варіюванням фізико-механічних характеристик палей, що залежать від вмісту золи винесення, та деформативних характеристик ґрунту.

Для чисельного моделювання був використаний програмний комплекс Plaxis. При сталому кроці армуючих елементів досліджувались властивості ґрунтоцементного масиву в залежності від деформативності палей та ґрунту основи.

### Ключові слова:

ґрунтоцемент; зола-винесення, міцність, армована основа, розрахунковий опір, модуль деформації.

### Abstract

The work reviewed the results of soil cement research. The use of soil cement with the addition of fly ash is suggested for reinforcing foundations with vertical reinforcing elements. In order to develop practical recommendations regarding the optimal composition of soil-cement, mathematical modeling of the work of the foundation reinforced with soil-cement piles was performed with variations in the physical and mechanical characteristics of the piles, which depend on the content of drift ash, and the deformable characteristics of the soil.

Plaxis software was used for numerical simulation. At a constant step of the reinforcing elements, the properties of the soil-cement massif were studied depending on the deformability of the piles and the base soil.

### Keywords:

soil cement; ash removal, strength, reinforced base, calculated resistance, deformation modulus

### Вступ

Ґрунтоцемент використовується як матеріал для виготовлення палей та підсилення основ [1-5]. Використання ґрунтоцементу спрямоване на зниження вартості будівельних робіт, оскільки використовуються ґрунти, що залягають безпосередньо в основі будівельних об'єктів, з додаванням цементу, вапна, гіпсу, золи і т.п.

Дослідженнями встановлено [6], що при вмісті золи винесення від 5 до 12 % спостерігається максимальне значення міцності ґрунтоцементу, величина якої залежить вже від вмісту цементу. При вмісті цементу від 7 до 20 % від ваги ґрунту міцність ґрунтоцементу коливається в межах 2,0 – 4,5 МПа.

Досвід використання ґрунтоцементу говорить про те, що така міцність достатня для цілей армування ґрунту, а в певних умовах і для влаштування ґрунтоцементних палей.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Перспективним напрямком досліджень напружено-деформованого стану (НДС) системи «фундамент – армований елемент - основа» є використання методів математичного моделювання на основі чисельних методів аналізу. Найпоширенішим на сьогодні є метод скінчених елементів (МСЕ), який покладений в основу сучасних програмних комплексів для розрахунку будівельних конструкцій, будівель і споруд. Для математичного моделювання роботи армованої ґрунтоцементними палями основи фундаменту мілкового закладання обрано програмний продукт Plaxis 3D Foundation в умовах вирішення просторової задачі.

Метою чисельних досліджень є аналіз параметрів основи, армованої ґрунтоцементними палями з використанням золи виносення.

Для моделювання ґрунтоцементних паль необхідно задати такі їх характеристики: питома вага, модуль деформації та коефіцієнт Пуассона. Коефіцієнт Пуассона за різними джерелами [1, 2] для ґрунтоцементу знаходиться в межах 0,2 – 0,25.

Властивості ґрунтоцементу залежать від технології його виготовлення. Головним фактором при цьому є наявність обтиснення ґрунтоцементної суміші. При виготовленні паль за стандартною бурозмішувальною технологією використовується текуча суміш, яка не підлягає ущільненню. Ущільнення суміші в тілі паль може здійснюватись за допомогою вібрації. Міцність ґрунтоцементу, виготовленого за бурозмішувальною технологією знаходиться у діапазоні 1,0 -6,0 МПа в залежності від виду ґрунту, вмісту цементу, водоцементного відношення.

Для аналізу параметрів основи, армованої ґрунтоцементними палями з використанням золи виносення, виконано моделювання роботи штампів розмірами 1200x1200 мм та 1800x1800мм на основі, армованій ґрунтоцементними палями довжиною 5,7 м.

При дослідженні передбачене варіювання модуля деформації армуючих елементів з ґрунтоцементу з додаванням золи виносення в діапазоні від 100 до 2000 МПа, оскільки зола виносення рекомендується в якості добавки для будь-якої технології влаштування ґрунтоцементних паль (як без ущільнення так і з ущільненням).

Другим параметром, вплив якого досліджується, є модуль деформації природного ґрунту, в якому влаштовуються елементи армування.

Моделльні експерименти розділено на такі підгрупи (кожна підгрупа повторюється для різних розмірів штампів):

I - моделювання сумісної роботи фундаменту та ґрунтоцементних паль  $\varnothing 0,2$  м з кроком 3d довжиною 5,7 м на неоднорідному ґрунті. Матеріал фундаменту – бетон класом міцності С15/20. Щебенева підготовка  $\gamma=18$  кН/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,3$  кПа,  $E=60$  МПа висотою 25 см.

II - моделювання сумісної роботи фундаменту та ґрунтоцементних паль  $\varnothing 0,2$  м з кроком 3d довжиною 5,7 м на однорідному ґрунті з наступними характеристиками: суглинок  $\gamma=16,8$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=16$ кПа,  $\phi=16^\circ$ ,  $E=12$  МПа. Матеріал фундаменту – бетон класом міцності С15/20. Щебенева підготовка  $\gamma=18$  кН/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,3$  кПа,  $E=60$  МПа висотою 25 см.

III - моделювання сумісної роботи фундаменту та ґрунтоцементних паль  $\varnothing 0,2$  м довжиною 5,7 м розміщеними під основою фундаменту на однорідному ґрунті з наступними характеристиками: суглинок  $\gamma=16,8$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=14$  кПа,  $\phi=14^\circ$ ,  $E=6$  МПа. Матеріал фундаменту – бетон класом міцності С15/20. Щебенева підготовка  $\gamma=18$  кН/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,3$  кПа,  $E=60$  МПа висотою 25 см.

Внаслідок армування основи вертикальними ґрунтоцементними елементами модуль деформації основи з приведеним модулем деформації 18 МПа збільшився на 30 % для паль, улаштованих за бурозмішувальною технологією, і більше, ніж вдвічі для паль, улаштованих за струменевою цементациєю (Jet Grouting).

Для ґрунтової основи з модулем деформації 12 МПа відповідне збільшення складає 210 % та 280 %, для ґрунтової основи з модулем деформації 6 МПа відповідне збільшення складає 270 % та 370 %.

Відповідно розрахунковий опір збільшився у 1,5 рази для паль, улаштованих за бурозмішувальною технологією, і у 1,6 рази для паль, улаштованих за струменевою цементациєю (Jet Grouting) практично незалежно від початкових параметрів ґрунтової основи.

#### **Висновок**

Для оцінювання напружено-деформованого стану основи, армованої ґрунтоцементними елементами, використана пружнопластична модель ґрунту, реалізована у програмному комплексі Plaxis 3D. Порівняння залежностей „осідання – навантаження”, отриманих за даними розрахунків і експериментальним шляхом, показало високий збіг результатів. Це свідчить про правомірність вибору та засто-

сування пружнопластичної моделі ґрунту й підтверджує достовірність встановлених закономірностей зміни деформативних характеристик армованих основ.

Внаслідок армування основи вертикальними ґрунтоцементними елементами модуль деформації основи з приведеним модулем деформації 18 МПа збільшився на 30 % для паль, улаштованих за бурозмішувальною технологією, і більше, ніж вдвічі для паль, улаштованих за струменевою цементациєю (Jet Grouting).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петраш, Р. В. Спільна робота ґрунту та елементів армування, які виготовлені за бурозмішувальною технологією: дис. на здобуття наук. ст. канд. техн. наук: 05.23.02 / ПолтНТУ, Полтава, 2009. – 216 с.
2. Зоценко М. Л., Винников Ю. Л., Зоценко В. М. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: монографія. Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 94 с.
3. Новицький О. П. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу / Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 4 (34) – с. 171 – 177.
4. Дворкін Л. Й. Будматеріали з відходів [Електронний ресурс] / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін // Фенікс. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-110-stroitelnye-materialy/index.htm>.
5. Гріщенко Р. П., Маєвська І. В. Аналіз параметрів ґрунтової основи, армованої ґрунтоцементними палями з використанням золи винесення/ Матеріали конференції «XLIX Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2020)», Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9082>
6. Маєвська І. В., Очеретний В. П., Гончарук М.С. Визначення впливу добавок золи винесення на властивості ґрунтоцементу / Іноваційні технології в будівництві. Міжнародна н/т конф. ВНТУ, Вінниця, 2018. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>.
- 7.

**Шевчук Олексій Михайлович** — аспірант, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [omshevchuk@gmail.com](mailto:omshevchuk@gmail.com)

**Науковий керівник: Блащук Наталя Вікторівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

**Shevchuk Oleksii** — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [omshevchuk@gmail.com](mailto:omshevchuk@gmail.com)

**Supervisor: Blaschuk Natalia** – candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsya National Technical University. Vinnitsa. E-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

## СУЧАСНИЙ СТАН ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ БАЛОЧНИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто питання сучасного стану автодорожньої системи України, включаючи технічний стан автодорожніх мостів. Доведено, що в умовах зміни логістичних потоків через воєнний стан технічний стан існуючих споруд суттєво погіршився. Виокремлено важливі компоненти пролітних будов автомобільних балочних мостів – деформаційні шви, розглянуто їх класифікацію, основні причини передчасного зносу. Доведено, що для забезпечення безвідмовної і тривалої експлуатації деформаційних швів слід дотримуватися суворого регламенту їх підбору, улаштування та експлуатації*

**Ключові слова:** автодорожній міст, пролітна будова, деформаційний шов, технічний стан, дефекти і пошкодження.

### *Abstract*

*The issue of the current state of the highway system of Ukraine, including the technical condition of highway bridges, was considered. It has been proven that the technical condition of existing facilities has significantly deteriorated in the conditions of changes in logistics flows due to martial law. The important components of span structures of automobile girder bridges are singled out - deformation joints, their classification, the main causes of premature wear are considered. It has been proven that to ensure trouble-free and long-term operation of expansion joints, strict regulations for their selection, arrangement and operation should be followed*

**Key words:** road bridge, span structure, deformation seam, technical condition, defects and damage

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

На сьогоднішній день актуальним питанням для України є модернізація її автодорожньої системи. Типові рішення, які застосовувались за радянських часів, не відповідають сучасним нормам і стандартам та не забезпечує відповідні експлуатаційні властивості та необхідний рівень безпеки мостової споруди загалом, особливо, в умовах воєнного стану. Аналіз існуючих конструкцій мостових споруд показує, що такі елементи як мостове полотно, деформаційні шви та опори зазнають значних пошкоджень, і є найбільш зношеними та потребують нагального ремонту. Переважна більшість мостових споруд України на дорогах загального користування являє собою одно- чи багатопролітну балочну конструкцію, яка спирається на мостові опори.

Воєнні дії на півночі, сході та півдні України які продовжуються дотепер з лютого 2022 року призвели до суттєвих загальнодержавних логістичних змін. На сьогодні у прифронтових районах спостерігається постійний рух великогабаритної та важкої військової техніки, що найчастіше здійснюється не у вигляді поодиноких рухомих механізмів, а шляхом переміщення багатомашинних колон, на дорогах державного та місцевого значення. Це призвело до ненормативних понадпроектних впливів, і, як наслідок, до передчасного утворення вибоїн, просідання, руйнування дорожнього одягу та пошкодження конструктивних елементів мостів автодорожньої системи. На це накладається довоєнна зношеність старих балочних споруд.

Ще до початку війни на території України корпорація «Укравтодор» провела дослідження на автомобільних дорогах та навела характеристику стану автодорожніх мостів, табл. 1 [1].

Аналізуючи дані таблиці 1 можна побачити, що 59...63% мостів, в залежності від експлуатанта, на автодорогах загального користування не задовольняють вимог ДБН В.2.3-1Д:2006 «Мости та труби. Правила проектування». Необхідно відзначити, що стан балочних автодорожніх мостів, які експлуатуються органами самоврядування населених пунктів, ще гірший аніж представлені в таблиці дані, оскільки у місцевих бюджетах закладаються значно менші витрати на їх утримання.

Більшість з мостів, які мають обслуговуватися територіальними громадами, протягом значного часу не обстежувалась, тому достовірних даних про їх технічний стан на сьогодні немає

Таблиця 1 – Характеристика стану автодорожніх мостів [1]

Експлуатант	Одиниця виміру	Всього	Не задовольняють вимогам ДБН	Задовольняють вимогам ДБН
Укравтодор	шт	16059	10190	5869
	%	100	63	37
Самоврядування населених пунктів	шт	4272	2514	1758
	%	100	59	41

### Основна частина

Відомо, що деформаційні шви є невід'ємною частиною мостів, які забезпечують вільне переміщення сусідніх ділянок пролітних будов, ущільнення стиків між будовами для забезпечення тривалої експлуатації мосту в цілому. Радянські проектувальники приділяли цим важливим компонентам мостових споруд, які забезпечують герметизацію проїзного полотна та захист мостових опор від впливу вологи не достатню увагу. Тому, на існуючих спорудах, в основному, використовувалися або відкриті деформаційні шви (зазори), або U-подібні шви закритого типу. Досвід обстеження мостових споруд довів, що стандартні деформаційні шви у вигляді U-подібної гнutoї сталевий пластини, заповненої еластичним матеріалом, без належного догляду вже через 3 – 5 років експлуатації втрачають герметичність чи повністю руйнуються [2]. При виникненні відмов у їх роботі швидко прогресує руйнування інших суміжних елементів, що різко знижує довговічність всього мосту і комфортність руху по спорудах. Крім того, конструкція мостових швів згідно з сучасними дослідженнями, працює у тісній співпраці з опорними системами. Тип шва на пряму залежить від розміру, принципу роботи та жорсткості таких опорних систем. Часто, у вигляді рухомих опор як у минулому, так і зараз, використовувалися гумові еластомерні плити.

На даний час відома значна кількість різноманітних швів (рис. 1), де показана їх класифікація [3].



Рис. 1. Класифікація конструкцій деформаційних швів автодорожніх мостів [3]

Протягом останніх десятиліть було проведено великі аналітичні та експериментальні дослідження роботи деформаційних швів у складі пролітних будов мостів. Основна увага приділялася вертикальним статичним і динамічним характеристикам швів під транспортним навантаженням, а також їх структурній цілісності залежно від втоми, міцності та експлуатаційних вимог. Досліджень було зосереджено на поздовжній поведінці компенсаторів під робочими навантаженнями, коли з'єднання мають складні горизонтальні робочі механізми, включно з тертям ковзання, само еквівалентність відстані між пластинами, обмеження руху, а також власне демпфірування та жорсткість.

Дослідження за цим напрямком довели, що деформаційні шви найпростішого (відкритого) типу ненадійні, оскільки, з часом, їх стан суттєво погіршується. Те саме стосується U-подібних компенсаторів. В місцях їх улаштування масово спостерігаються руйнування бетонного каменю

прогонової будови, корозія металу шва і суміжного армування, засмічення швів аж до їх заклинювання. Типовий стан швів найпростішого типу балочних мостів показаний на рис. 2.



Рис. 2. Зовнішній вигляд та технічний стан деформаційного шва балочного мосту, збудованого у с. Удич, на дорозі Р-54. Руйнування ущільнювача шва. Сліди замокання суміжних бетонних конструкцій. Руйнування ділянок бетону поблизу швів внаслідок втрати морозостійкості.

Сучасні шви закритого типу Mauger D50 ... D100 надійно і довготривало працюють під навантаженням. Але для цього необхідно, щоб їх монтаж був здійснений у відповідності до рекомендацій виробника швів, а саме:

- зазори між металевими елементами швів були виставлені з дотриманням температурного режиму (чим холодніша погода під час монтажу, тим зазор має бути ширшим);
- деформативність еластомерних опор має відповідати розрахунковій деформативності швів;
- анкерні конструкції швів мають бути надійно зв'язані з арматурою пролітної плити;
- зазори між металевими конструкціями швів при експлуатації слід очищати від бруду і каміння, гумові елементи слід ретельно заводити у посадочні місця швів для уникнення розгерметизації;
- конструкції швів при монтажі слід улаштовувати перпендикулярно осі дороги з дотриманням проектної прямолінійності.

На основі цих досліджень у специфікаціях по проектуванню та випробувань було надано рекомендації щодо поліпшення проектування, виготовлення та монтажу компенсаторів [4, 5].

### Висновки

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що основні елементи мостових споруд в умовах воєнного стану зазнають значних пошкоджень, передчасно зношуються та потребують нагального ремонту. Основний фокус у роботі зосереджено на деформаційних швах, як важливих компонентах будови, якими часто нехтують проектувальники. Доведено, що шви минулого найпростішого типу вже не задовольняють вимог надійної і безвідмовної експлуатації сучасності. Для балочних мостів рекомендовано використовувати шви закритого типу з гумовим компенсатором. Наведено основні конструктивні та технологічні рекомендації щодо улаштування таких швів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. О. Попов і О. В. Войцехівський, Метод підсилення залізобетонних мостових опор улаштуванням біт-рапечеїдальної обойми [Текст] / В. О. Попов, О. В. Войцехівський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2022. – № 1. – С. 5–15.

2. Талавіра, Г. М. Стан автодорожніх мостів України. Diss. Національний авіаційний університет, 2021.
3. Коваль, П. М., Полюга, Р. І., Фаль, А. Є., Бойко, С. І. (2009). Забезпечення експлуатаційної надійності деформаційних швів автодорожніх мостів. Дороги і мости, (11), 164-173.
4. Guo, Tong, et al. "Damage mechanism of control springs in modular expansion joints of long-span bridges." Journal of Bridge Engineering 23.7 (2018): 04018038.
5. Popov V. The effective method of strengthening of reinforced concrete beam bridges by arrangement of the horizontal steel-concrete cover 'system / О. Voitsehivskiy, V. Popov // Proceedings of FIB Symposium, China, Shanghai, 2020. P. 1258 – 1264.

**Жиловський Максим Ярославович** – магістрант факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. maxer792792@gmail.com

Науковий керівник: **Попов Володимир Олексійович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: v.a.popov.vntu@gmail.com, ORCID 0000-0003-2379-7764

**Zhylofskyi Maksym** – student of Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. maxer792792@gmail.com

Supervisor: **Popov Vladimir O.** – Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: v.a.popov.vntu@gmail.com



# COMPREHENSIVE ANALYSIS OF MULTILAYERED ENVELOPE ASSEMBLIES OF LOW-STOREY DWELLING SEGMENT

Vinnitsia National Technical University

## **Abstract**

*The thermal performance and life cycle assessment (LCA) analysis of the popular multilayered envelope assemblies of the low-storey dwelling segment was performed. Five commonly used and appropriate “cost-quality” assemblies of the Ukrainian construction market were researched in a case study. The bullet point of the research was to figure out the “optimal” assembly type in terms of Global Warming Potential (GWP) ( $\text{kg CO}_2 \text{ equ./m}^2$ ), internal heat area capacity ( $\text{kJ/m}^2\text{K}$ ) as dynamic thermal characteristic,  $u$ -value ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) and the mass of the wall  $\text{kg/m}^2$  as the steady state physical characteristics. These five types of multilayered wall assemblies, which were compared, are brick wall masonry insulated, D300 aerated concrete insulated, cavity brick wall masonry insulated, SIP wall as a quick construction system and strawbale wall in the type of structural timber frame with inner infill as more expensive natural building material. The Eco2soft tool and Excel spreadsheet for thermal mass calculus according to EN ISO 13786 were used for current research. Research revealed that assessing different criteria is still challenging for Multicriteria Decision Analysis (MCDA).*

**Keywords:** LCA, thermal performance, comprehensive analysis, multilayered envelopes, wall assemblies

## **Introduction**

Climate change and global warming all over the Earth are essentially impacted mainly by human activity, requiring the engineers to design an energy-effective and environmentally friendly product on the one hand, which could be demolished and recycled with minimum energy consumption on the second [1].

Such challenging and non-trivial circumstances formulate a new agenda which we face to cope with, which could probably be based on switching philosophy attitude from infant “quick and cheaper” solutions to short-term benefits without considering further consequences to the more thoughtful, matured, holistic causal relationship long-term approach with responsibility upon the next generations. Since the construction sector is the biggest user of land and fossil resources [2], as well as considered the main contributor to carbon emissions [3], the more thoroughly we need to design the envelopes which should live up to the aforementioned contemporary challenges [5, 6] and demands.

In this regard, by further upcoming multilayered envelope assessment criteria development [4], the new attempt to comprehensively evaluate both physical (opaque walling mass,  $\text{kg/m}^2$ ), thermo-physical ( $u$ -value,  $\text{W/m}^2\text{K}$ ), dynamic thermal performance under EN ISO 13786 (internal area heat capacity,  $\text{kJ/m}^2\text{K}$ ) and GWP evaluation were made to suggest the “optimal” wall assembly.

As a case study, the most popular “cost-efficient” wall assemblies of the Ukrainian low-storey alternatives of the construction sector were compared, namely Wall A (full brickwork masonry+insulation), Wall B (aerated concrete+insulation), Wall C (cavity brick masonry wall+insulation), Wall D (strawbale panel wall) and Wall E (SIP with EPS insulator).

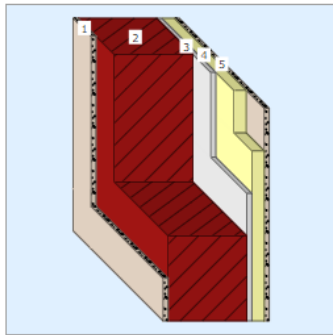
The numerical LCA analysis of proposed wall assemblies was performed in Eco2soft tool [7], and the calculation of the thermal mass of building components (namely the internal heat area capacity ( $\text{kJ/m}^2\text{K}$ ) as dynamic thermal characteristic) was performed in downloadable Excel spreadsheet from HTflux [8].

## **Results of the research**

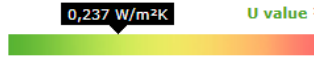
Five types of multilayered wall assemblies were considered in the investigation of LCA analysis: Wall A (brickwork+insulation), Wall B (aerated concrete+insulation), Wall C (cavity brick wall+insulation), Wall D (strawbale wall by timber frame method of construction) and Wall E (SIP with EPS insulator). As the output results were taken into consideration, such indicators as Global warming potential – GWP-total,  $\text{kg CO}_2 \text{ equ./m}^2$  for an operational term of 100 years, As physic and thermo-physic parameters, the mass of  $1\text{m}^2$  of

assembly u-value  $W/m^2K$  and internal heat area capacity ( $kJ/m^2K$ ) as dynamic thermal characteristic were taken respectively. Cross-sections of considered multilayered assemblies are presented in Fig. 1 - Fig.5.

**Wall A – edit** (30358)



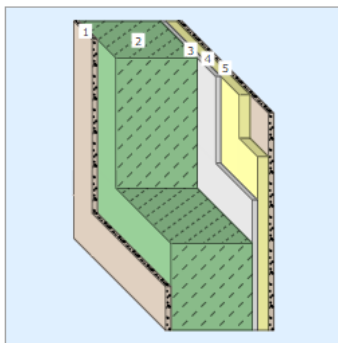
Fläche: 1 m<sup>2</sup>  
 mass: 362,9 kg/m<sup>2</sup>  
 service yes, with integer replacements rates  
 life: (according to EN 15804 standard)



PENRT: 2.076 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRE: 2.076 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERT: 292 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERE: 292 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP-total: 177 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-fossil: 177 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-biogenic: -0,0640 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 AP: 0,574 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 EP: 0,182 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/m<sup>2</sup>  
 POCP: 0,102 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>  
 ODP: 1,25·10<sup>-5</sup> kg CFC-11/m<sup>2</sup>

Fig.1. Characteristics of Wall A assembly

**external wall Type B – edit** (30358)



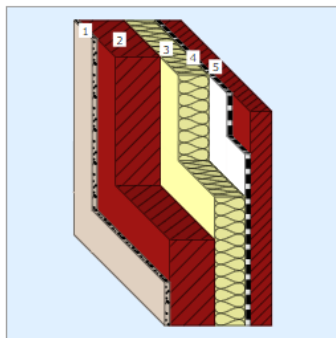
Fläche: 1 m<sup>2</sup>  
 mass: 170,5 kg/m<sup>2</sup>  
 service yes, with integer replacements rates  
 life: (according to EN 15804 standard)



PENRT: 1.260 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRE: 1.260 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERT: 106 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERE: 106 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP-total: 102 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-fossil: 102 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-biogenic: -0,120 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 AP: 0,345 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 EP: 0,135 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/m<sup>2</sup>  
 POCP: 0,0704 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>  
 ODP: 6,98·10<sup>-6</sup> kg CFC-11/m<sup>2</sup>

Fig.2. Characteristics of Wall B assembly

**Wall C – edit** (30358)



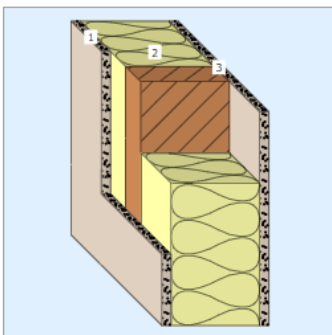
Fläche: 1 m<sup>2</sup>  
 mass: 663,6 kg/m<sup>2</sup>  
 service yes, with integer replacements rates  
 life: (according to EN 15804 standard)



PENRT: 5.737 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRE: 5.716 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRM: 20,8 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERT: 270 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERE: 270 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP-total: 392 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-fossil: 392 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-biogenic: -0,0320 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 AP: 1,03 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 EP: 0,347 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/m<sup>2</sup>  
 POCP: 0,247 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>  
 ODP: 3,88·10<sup>-5</sup> kg CFC-11/m<sup>2</sup>

Fig.3. Characteristics of Wall C assembly

**external wall – edit** (30358)



Fläche: 1 m<sup>2</sup>  
 mass: 105,4 kg/m<sup>2</sup>  
 service yes, with integer replacements rates  
 life: (according to EN 15804 standard)



PENRT: 744 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRE: 744 MJ/m<sup>2</sup>  
 PENRM: 0,00 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERT: 1.064 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERE: 125 MJ/m<sup>2</sup>  
 PERM: 939 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP-total: 6,73 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-fossil: 64,5 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 GWP-biogenic: -57,8 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 AP: 0,210 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup>  
 EP: 0,162 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/m<sup>2</sup>  
 POCP: 0,0293 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>  
 ODP: 5,34·10<sup>-6</sup> kg CFC-11/m<sup>2</sup>

Fig.4. Characteristics of Wall D assembly

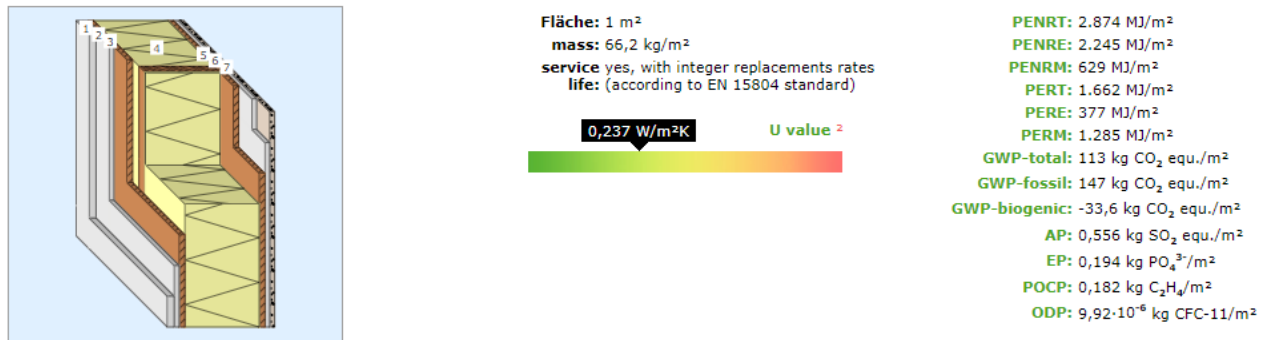


Fig.5. Characteristics of Wall E assembly

After performing all the necessary inputs, the results were arranged in Table 1.

Table 1 The thermo-physical, physical and economic characteristics of the wall assemblies

Criteria	GWP-total, kg CO <sub>2</sub> equ./m <sup>2</sup>	Internal area heat capacity, kJ/m <sup>2</sup> K	mass, kg/m <sup>2</sup>	u-value, W/m <sup>2</sup> K
Wall A	177	42.725	346.90	0.237
Wall B	102	35.947	170.50	0.242
Wall C	386	59.992	655.60	0.240
Wall D	6.73	40.028	105.40	0.241
Wall E	113	31.353	66.20	0.237

It should be noted that all the proposed assemblies (see Table 1) were chosen in such a manner with approximately equal *u-value*, which is the reciprocal value to *R*, m<sup>2</sup>K/W to live up to the thermal resistance requirements of the current Ukrainian Code [9] for the first temperature zone.

Results reflect the ranking of each wall assembly in terms of the obtained data from 1 to 5 (where 1 is the best alternative in terms of proposed criteria, and five is the worst one, respectively), shown in Table 2.

Table 2 The comparison of wall assemblies ranking by different MCDA techniques

Criteria	GWP-total, kg CO <sub>2</sub> equ./m <sup>2</sup>	Internal area heat capacity, kJ/m <sup>2</sup> K	mass, kg/m <sup>2</sup>	u-value, W/m <sup>2</sup> K
Wall A	4	2	4	1
Wall B	2	4	3	5
Wall C	5	1	5	3
Wall D	1	3	2	4
Wall E	3	5	1	1

As it could be seen from the data obtained through the analysis, there is no evident “leader” in the proposed list of alternatives (Table 1) which can have the most thermal resistance, have the most considerable accumulating capacity (Internal area heat capacity - dynamic thermal parameter which describes the ability of a building component to buffer heat during a diurnal cycle and considered as one of the most important in terms of envelope’s thermal performance [10,11,12,13]).

The conducted research revealed that the unambiguous answer to the question “What is the best/worst multilayered envelope of the proposed?” is still a challenge in terms of the proposed criteria of multicriteria analysis. Additional data should be involved to proceed with the correct estimation, or other arbitrary unit

analysis should probably be performed to determine the best/worst case of the proposed ones. All of the abovementioned is still true with the economic aspect, which should be considered and is out of the current research scope.

Thus, if the current analysis does not consider the additional data, the wall D can probably be the “moderate” optimal one in the investigation with minimal environmental polluting impact. Wall E can also be a “moderate” alternative with the poorest thermal accumulating capability. The traditional brickwork + insulation wall A, which has the notable mass and the most pollutant impact regarding the CO<sub>2</sub> emissions with the most massive walls B and C, have the last acceptable results.

Thus, the current thesis was only an additional attempt at the comprehensive research process aimed at figuring out the prompt criteria/criterion for the “optimal” wall assembly definition in terms of Multicriteria Decision Analysis (MCDA). Further analysis should be conducted to reveal the main contributor to the comprehensive criteria for choosing the best wall assembly alternative.

### Conclusions

The research shows that the problem of multicriteria assessment of multilayered envelopes is still challenging for each of the proposed multilayered assemblies with similar steady state parameter *u-value*, different physical (mass), LCA (GWP-total), dynamic thermal performance (Internal area heat capacity) can be frustrating in the term of best assembly choice.

As stated in earlier research [4, 5, 13, 14], the best alternative for wall assembly should be chosen by a comprehensive analysis of different criteria comparison, which is still not revealed and doubtful. Thus, additional research should be conducted to verify the obtained results.

### REFERENCES

1. United Nations Environmental Programme, “Buildings and Climate Change,” Sustainable Buildings & Climate Initiative, Ed., ed. Paris: UNEP, 2009.
2. Dimoudi, A.; Tompa, C. Energy and environmental indicators related to the construction of office buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008, Vol. 53.P. 86-95.
3. Huang, Lizhen, et al. Carbon emission of the global construction sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, Vol.81. P 1906-1916.
4. Biks Y., Ratushnyak G., Ratushnyak, O. Energy performance assessment of envelopes from organic materials. *Architecture Civil Engineering Environment*. 2019. № 3: P. 55-67. DOI: 0.21307/ACEE-2019-036.
5. Kulkarni S. P., Karve S., Kulkarni P. Assessment of building envelope material for embodied energy to reduce global warming and ozone depletion potential. *International Journal of Research and Analytical Reviews*. 2019, Vol.6, Issue1. P. 778-788.
6. Wang J. J., Jing Y. Y., Zhang C. F., Zhao J. H. Review on multicriteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2009. Vol. 13. №9. P. 2263-2278. DOI: 10.1016/j.rser.2009.06.021.
7. Eco2soft. Life style assessment for buildings. URL: <https://www.baubook.at/eco2soft/?SW=27&lng=2> (Last accessed: 15.05.2022).
8. A brief guide and free tool for the calculation of the thermal mass of building components. URL: <https://www.htflux.com/en/free-calculation-tool-for-thermal-mass-of-building-components-iso-13786/> (Last accessed: 18.11.2023).
9. DBN V. 2.6-31: 2021. Thermal insulation and energy efficiency of buildings. [Valid from 2022-09-01]. Official publication. Kyiv: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine, 2022. 27 p. (in Ukrainian).
10. ROSSI, Monica; ROCCO, Valeria Marta. External walls design: The role of periodic thermal transmittance and internal areal heat capacity. *Energy and buildings*, 2014. Vol. 68. P. 732-740.
11. GAGLIANO, Antonio, et al. Assessment of the dynamic thermal performance of massive buildings. *Energy and Buildings*, 2014, Vol. 72. P. 361-370.
12. BALAJI, N. C.; MANI, Monto; REDDY, BV Venkatarama. Dynamic thermal performance of conventional and alternative building wall envelopes. *Journal of building engineering*, 2019, Vol. 21. P. 373-395.
13. Stazi F. Thermal Inertia in Energy Efficient Building Envelopes. Butterworth-Heinemann, 2017. DOI: 10.1016/B978-0-12-813970-7.00001-7.
14. Basińska M. The use of multicriteria optimization to choose solutions for energy-efficient buildings. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*. 2017. Vol. 65, №. 6. P. 815-826. DOI: 10.1515/bpasts-2017-0084.

**Biks Yuriy S.** – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [biksyuriy@gmail.com](mailto:biksyuriy@gmail.com)

**Ratushnyak Olga G.** – PhD, Associate Professor, Department Of Enterprise Economics and Production Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ МАЛОЇ ЗАБУДОВИ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Дослідження зосереджується на використанні передових технологій з метою сприяння розвитку та оптимізації малої забудови. В рамках цієї роботи розглядаються новаторські підходи в галузі будівництва, енергоефективності та інформаційних систем, спрямовані на створення просторів, які не лише відповідають сучасним вимогам, але й вирізняються високою функціональністю та екологічною чистотою.

**Ключові слова:** розвиток малої забудови, сучасні будівельні матеріали, інноваційні методи, екологічна сталість, енергоефективність, технології.

### Abstract

The aim of the study is to utilize advanced technologies to enhance the development and optimization of small buildings. Within the framework of this work, innovative approaches in the field of construction, energy efficiency and information systems are considered, aimed at creating spaces that not only meet modern requirements, but also are distinguished by high functionality and environmental cleanliness.

**Keywords:** development of low-storey construction, modern building materials, innovative methods, environmental sustainability

### Вступ

При створенні екологічно-дружніх будинків використовуються високоефективні технології, які не тільки дозволяють знизити витрати, але й використовують поновлювані джерела енергії, забезпечуючи ефективне опалення та електроенергію за мінімальними витратами. Ці інноваційні методи не лише дозволяють зекономити кошти на опаленні та енергозабезпеченні будівлі, але і сприяють створенню енергоефективного та екологічно чистого середовища.

Однією з таких передових технологій є метод будівництва із конопляних блоків, який відзначається не лише ефективністю використання матеріалу, але й високою енергоефективністю. Також будівництво, використовуючи технологію 3D друку, допомагає швидко та якісно збудувати каркас будинку. Також, в даній роботі нами розглянуто зведення малоповерхової забудови за допомогою технології круглого будинку. Використання таких технологій не лише сприяє збереженню ресурсів, але й спрямоване на створення житлових просторів, що відповідають високим стандартам екологічної сталості та вартості енергії.

### Основна частина

**Нерр Block (конопляний блок)** – це новаторський підхід до будівництва, в якому конопляні блоки використовуються як ключовий будівельний матеріал. Виробництво конопляних блоків включає в себе поєднання волокон та стебел коноплі із природними в'язучими компонентами, такими як вапно або гіпс. Цей процес може бути виконаний як вручну, так і за допомогою автоматизованих технологічних ліній [1].



Рис.1 – Вигляд фрагменту стіни з конопляних блоків

Цей матеріал виготовляється виключно з трьох основних компонентів: конопляної костриці, вапна і води. Навіть з'єднуюча речовина, якою фіксують матеріал у блоки необхідних розмірів, не містить

жодного грама цементу. Костриця конопель, основний компонент цього матеріалу, в аграрній промисловості є всього лише субпродуктом. З гектара конопляного поля можна зібрати 4-5 тонн біомаси, і для будівництва будинку площею в 350 м<sup>2</sup> достатньо костриці з 2-3 гектарів землі. Важливою особливістю цього матеріалу є те, що його можна використовувати як для утеплення вже існуючих стін, так і для будівництва огорожувальних конструкцій. Це значно зменшує витрати ресурсів, необхідних для будівництва будинків. Конопляні стіни можна легко оштукатурити з обох сторін, і немає потреби в будь-яких інших плівках, гіпсокартоні чи інших матеріалах.

Однією з основних переваг Hemp Block є висока теплоізоляція, що дозволяє створювати будівлі, які ефективно утримують тепло. Використання коноплі, яка є відновлюваним ресурсом, сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub> та сприяє створенню екологічно чистих і здорових приміщень. Крім того, будинки, зведені із конопляних блоків, проявляють високу стійкість до пожежі та можуть регулювати вологість у внутрішньому просторі, забезпечуючи комфорт та здоров'я мешканців. Такий інноваційний підхід відкриває шлях до створення сталих та енергоефективних будівель, сприяючи екологічно відповідальному будівництву.

Характеристики цього утеплювача з конопель також чітко вирізняють його серед синтетичних матеріалів. Завдяки своїй мікро- і макропористій структурі костриця утримує значну кількість повітря в своїх порах. Це сприяє відмінній теплоізоляції матеріалу, що проявляється, наприклад, відразу ж в недобудованому будинку без вікон і дверей. Також пориста структура дозволяє цьому матеріалу "дихати" і ефективно виводити вологу, що дозволяє використовувати його для утеплення внутрішніх поверхонь будівель. Завдяки наявності вапна у складі, він є стійким до впливу гризунів, а характеристики конопляної костриці допомагають уникнути "цвітіння" матеріалу. У разі попадання вологи матеріал просто випаровує її, не втрачаючи своїх властивостей.

Основні характеристики Hemp Block включають:

**Екологічна чистота:** Конопля є відновлюваним ресурсом, використання якого в будівельних матеріалах сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub> та покращенню якості повітря у приміщенні.

**Енергоефективність:** Конопляні блоки забезпечують високу теплоізоляцію, що дозволяє створювати ефективні та енергоефективні будівлі, які утримують тепло в приміщенні. Теплопровідність конопляних матеріалів розташовується в діапазоні від 0.05 до 0.09 W/(m·K)

**Довговічність:** Структура конопляних блоків забезпечує стійкість та тривалий термін служби конструкцій, зведених із цього матеріалу.

**Стійкість до пожежі:** Будинки, побудовані із конопляних блоків, проявляють високу стійкість до пожежі, що забезпечує додатковий рівень безпеки. Витримує від 60-120 хв.

**Регулювання вологості:** Конопля володіє властивістю регулювання вологості, що сприяє створенню комфортного та здорового середовища у будівлі.

**Вартість:** приблизні ціни на конопляне будівництво складають (ціна дол.США 35.94 грн.) [2]:

6-дюймовий блок = \$599 / палет

\$6.44 / кв. фут

10-дюймовий блок = \$499 / палет

\$10.73 / кв. фут

Важливим фактором є також економічна вигода, яку пропонує використання конопляних блоків. Наш аналіз показує, що ці блоки доступні за конкурентоспроможними цінами. Така цінова прозорість робить їх привабливим рішенням для будівельних проектів різного масштабу.

**3D будівництво будинків** - це метод будівництва, в якому використовуються 3D-друк або інші технології для створення будівельних конструкцій. У цьому методі об'єкти будуються шар за шаром за допомогою автоматизованих систем, що дозволяє швидше та ефективніше виготовляти будівельні елементи. Цей підхід може бути використаний для створення як окремих елементів будинку (наприклад, стін, фундаменту), так і всього будинку в цілому [5].

Однією з важливих переваг 3D будівництва є швидкість та точність виготовлення елементів, а також можливість створення складних архітектурних форм. Цей підхід також може бути більш стійким до зовнішніх факторів та забезпечувати високу енергоефективність.

Технології 3D будівництва можуть включати в себе використання різних матеріалів, таких як бетон, пластик чи навіть матеріали, отримані з відновлюваних джерел. Цей підхід представляє сучасний погляд на будівництво, що може принести інновації в галузь та зменшити вплив будівництва на довкілля.

Компанія WASP (Італія) успішно розробила та протестувала найбільший будівельний принтер на сучасному ринку. Цей агрегат представляє собою металеву конструкцію заввишки 12 м та шириною 6 м. У його центральній частині розташований "друкуючий" екструдер, який шар за шаром створює

каркас будівлі, змішуючи та наносячи пластичну масу. За допомогою цього унікального принтера вже вдалося створити невелике приміщення, яке використовується як укриття [4].

Наразі розробники цього найбільшого 3D принтера планують використовувати його для будівництва найпростіших структур, таких як будинки для мігрантів чи тих, хто постраждав від природних катастроф.

Під керівництвом вчених Технічного університету Ейндговена (Нідерланди) був розроблений 3D будівельний принтер, здатний "друкувати" деталі розміром із горошину. Проект 3DCP, що отримав фінансування в розмірі 650 тис. євро від десяти компаній у 2017 році. Розробники підкреслюють унікальність принтера завдяки його обертовій друкуючій голівці, яка дозволяє створювати об'єкти будь-якої форми, обмежуючись лише габаритами: 11 × 5 × 4 м.

Архітектурна компанія WATG Urban Architecture (США) представила проект першої у світі споруди, спеціально адаптованої для будівельного принтера. Цей проект включає форму сфери із хвилеподібним дахом, де поєднуються високі технології та природа.

Намагаються підтримати дух інновацій в Україні. Компанія PassivDom представила унікальний розумний будинок, спроектований та створений за допомогою 3D-принтера. Виділяється його повна автономність, або розумний будинок, який може бути зведений за один день .



Рис.2 – Вигляд розумного будинку PassivDom

Багато експертів вивчають можливості використання тривимірних будівельних принтерів в рамках концепції Розумного будинку. Ця концепція представляє собою комплексну програму, яка об'єднує всі аспекти сучасного будинку, включаючи технологічні, економічні, екологічні, функціональні та людські фактори.

Основні переваги будівельних принтерів включають мінімізацію термінів виконання робіт та підвищення ефективності логістичних операцій у порівнянні із традиційними методами. Щодо недоліків, важко впроваджувати 3D технології в універсальний процес будівництва, реконструкції та ремонту, а також висока вартість сучасних моделей тривимірних будівельних принтерів.



Рис.3 – Вигляд 3D принтера

**Технологія круглих леґо-будинків** - технологія будівництва круглих будинків на Вінниччині базується на інноваційних підходах та екологічно чистих матеріалах. Цей процес починається з вибору відповідного місця для будівництва та облаштування фундаменту.[3]

Спеціальні болти з 2-сантиметровим зазором знизу використовуються для підняття будинку, заповнюючи цей простір спеціальною піною для гідроізоляції дерева.

Однією з основних особливостей технології є використання цільного дерев'яного бруса, який готується в цеху заздалегідь. Деталі, такі як блоки із цільного бруса, обробляються спеціальним екологічним покриттям та фарбуються перед завантаженням на піддони.

Коли будинок доставляється на місце, команда розпочинає збірку. Це включає встановлення стін, покрівлі, дверей і вікон. Використовуються мінімальні інструменти, такі як лазерний рівень, дерев'яний молоток, шурупверт, а також спеціальний пістолет для герметизації швів.

Ще однією особливістю технології є легкість розбірки будинку на деталі, що робить його зручним для транспортування та встановлення в найвіддаленіших точках країни. Також, клієнтам надається можливість самостійно купувати вікна, двері та обирати матеріал для покрівлі.

Однією з переваг цієї технології є також можливість зберігання тепла в будинку. Завдяки зменшеній площі контакту стін із зовнішнім середовищем у круглому будинку порівняно з квадратним, досягається краща теплоізоляція та легше прогрівання приміщення.

Деревина, використовувана в будівництві, обирається за своєю високою якістю та екологічною чистотою. Також важливо відзначити, що будинки побудовані з використанням цільного бруса відзначаються стійкістю до ультрафіолетового випромінювання та мають біозахисне покриття, що гарантує їх довговічність та безпеку.

Окрім того, ця технологія будівництва передбачає можливість гнучкості у виборі розміру та планування будинку. Клієнти отримують можливість вибрати один із п'яти проєктів будинку та визначити кількість поверхів та кімнат, що відповідає їхнім потребам. Також варто зазначити, що швидкість зведення даних будинків становить близько 72 годин.

Важливим аспектом є уникнення відкритих торців, які можуть спричинити вбирання вологи в будинок. Замість цього, шви між торцями оброблюються спеціальним герметиком для збереження тепла та вологозахисту.

Ця технологія будівництва круглих будинків на Вінниччині покликана поєднувати в собі екологічність, ефективність та стійкість до природних умов, роблячи кожен будинок унікальним та енергоефективним.



Рис.4 – Вид планування будинку



Рис.5 – Фасад круглого будинку

Основні переваги використання цієї технології включають:

-Екологічна чистота: Технологія базується на використанні деревини з цільного бруса, що є екологічно чистим матеріалом. Це сприяє створенню екологічно безпечних та природних житлових просторів.

-Ефективна теплоізоляція: Круглі будинки мають меншу площу контакту стін з зовнішнім середовищем порівняно з традиційними квадратними будинками. Це сприяє покращеній теплоізоляції та збереженню тепла в приміщенні.

-Можливість розібрати та перевезти: Круглі будинки можна легко розібрати на деталі, що дозволяє їх легкий транспорт та встановлення навіть у важкодоступних місцях.

-Гнучкість у плануванні: Клієнти мають можливість вибирати проєкт будинку та визначити його параметри, такі як кількість поверхів та кімнат, що дозволяє створити житло, що відповідає їхнім потребам.



-Довговічність та безпека: Використання сухого клеєного бруса та біозахисного покриття гарантує довговічність та безпеку будинків, зменшуючи вплив часу та погодних умов на їх стан.

### Висновки

У сучасному малоповерховому будівництві відзначається використання інноваційних технологій, що сприяють ефективному та сталому розвитку галузі. Зокрема, використання конопляних блоків, технології круглих будинків та 3D будівництво відкриває нові можливості та перетворює традиційний підхід до будівництва. Серед перспективних напрямків малоповерхового будівництва, які висвітлено в даному огляді можна відмітити каркасну технологію костробетонного будівництва, технологічне будівництво з несучих дерев'яних конструкцій (брус), та сучасну технологію 3D друку.

Серед основних переваг наведених технологій можна виділити наступні:

1 Конопляні блоки, виготовлені з костриці та в'язучого, дозволяють створювати екологічно чисті та енергоефективні будівлі. Вони відзначаються високою міцністю та теплоізоляційними властивостями, сприяючи створенню енергоефективних та стійких до впливів навколишнього середовища конструкцій.

2 Технологія будівництва круглих будинків – інноваційна технологія будівництва, яка спрямована на будівництво круглих будинків, що поєднує екологічну чистоту та стійкість до природних катаклізмів. Застосування деревини з цільного бруса та м'якої черепиці дозволяє досягти ефективної теплоізоляції та забезпечує довговічність будівель. Основні переваги включають екологічну чистоту, гнучкість у плануванні, стійкість до природних катаклізмів, можливість транспортування та енергоефективність. Спеціальний трос забезпечує стійкість будинків до ураганів та землетрусів, а герметизація та захист від вологи гарантують тривалу службу деревині.

3 3D будівництво представляє собою революційний підхід до створення будівель за допомогою спеціальних 3D-принтерів. Ця технологія дозволяє створювати складні та унікальні конструкції за короткий час і з меншими витратами матеріалів. Вона ефективно використовується для будівництва житлових будинків та інших структур.

Очевидно, що наведений перелік не є вичерпним, але однозначно можна стверджувати, що перелічені технології відкривають широкий спектр перспектив для створення сучасних, стійких та екологічно чистих будівель, одночасно забезпечуючи високу міцність та ефективність будівельних конструкцій, що сприятиме подальшому розвитку сталого та інноваційного розвитку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрусів М.Л., Мейгеш О.О. Інноваційні методи в архітектурі та будівництві: зб. матеріалів круглого столу, м. Івано-Франківськ, 17 черв. 2022 р. Івано-Франківськ, 2022. 112 с.
2. Lupu, M. L., Isopescu, D. N., Vaciu, I. R., Maxineasa, S. G., Pruna, L. I. V. I. U., & Gheorghiu, R. A. D. U. Hempcrete-modern solutions for green buildings. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. No 1. P. 24-25.
3. Три доби – і можна жити. У Вінниці створюють будинки-лего, які можна зібрати за 72 години. URL: <https://shotam.info/try-doby-i-mozhna-zhyty-u-vynnytsi-stvoriuiut-budynky-leho-iaki-mozhna-zibraty-za-72-hodyny-foto/> (дата звернення: 22.11.2023).
4. Савицька О. С., Румілець Т. С., Богданова В. О. Малоповерхова забудова як засіб досягнення сталого розвитку. Містобудування. 2020. С.41-45.
5. Шатов, С. В., Савицький, Н. В., Марченко, І. А. Удосконалення обладнання 3D-друку об'єктів. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2019. (№ 6 (259-260)). С. 90-101.

**Білоус Дмитро Анатолійович** – студент третього курсу, групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [bilousd1524@gmail.com](mailto:bilousd1524@gmail.com)

**Науковий керівник: Бікс Ю. С.** к.т.н., доцент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

**Bilous Dmytro Anatoliyovych** – third-year student of BM-21b group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [bilousd1524@gmail.com](mailto:bilousd1524@gmail.com)

**Scientific supervisor: Biks Y.** – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЕРЕРВНО АРМОВАНОГО БЕТОНУ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі наведені теоретичні дослідження основних передумов використання технології безперервноармованого бетону у дорожньому будівництві України.*

*Наведено приклади руйнування жорстких дорожніх покриттів, виконаних із цементобетону. Основна причина руйнування таких покриттів – недостатня міцність при зміні інтенсивності руху автотранспорту, низька якість використовуваних матеріалів дорожнього одягу, температурні розширення бетону та металевої арматури, постійна потреба у поточному ремонті та герметизації швів між бетонними плитами.*

*Розглянуто переваги використання технології безперервноармованого бетону при будівництві та ремонті автодорожніх покриттів.*

**Ключові слова:** автодорожні покриття, дорожнє будівництво, безперервно армований бетон, ремонт доріг, міцність, довговічність, композитна арматура.

### *Abstract*

*The paper presents theoretical studies of the main prerequisites for the use of continuously reinforced concrete technology in road construction in Ukraine.*

*Examples of the destruction of rigid road surfaces made of cement concrete are given. The main reason for the destruction of such coatings is insufficient strength when the intensity of traffic changes, the low quality of the used materials for road clothing, thermal expansion of concrete and metal reinforcement, the constant need for ongoing repair and sealing of seams between concrete slabs.*

*The advantages of using continuously reinforced concrete technology in the construction and repair of road surfaces are considered.*

**Key words:** road surfaces, road construction, continuously reinforced concrete, road repair, strength, durability, composite reinforcement.

### **Вступ та актуальність**

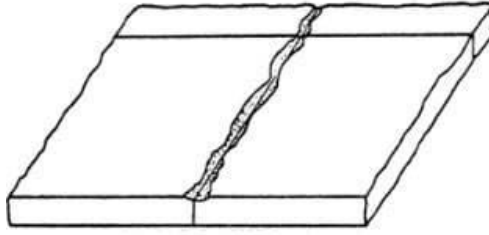
Розвиток і підтримання транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг і аеродромів України залежить від довговічності конструкцій дорожніх одягів, земляного полотна і транспортних споруд. Це забезпечується, зокрема, використанням високоякісних довговічних матеріалів. Безперервно армований бетон може бути використаний в дорожньому будівництві як для створення дуже міцного та стійкого покриття автомагістралей, мостів та інших транспортних інфраструктурних об'єктів при новому будівництві, так і в ремонтних роботах різної складності.

### **Види руйнувань у жорстких дорожніх покриттях**

Руйнування в жорстких дорожніх покриттях виникають внаслідок різних деформацій. Розглянемо основні типи руйнувань жорстких дорожніх покриттів, які зустрічаються (рис. 1) [1, 2]:

- руйнування та деформацію швів;
- розломи та осідання покриття;
- виникнення явища полірованого заповнювача;
- усадкові тріщини;
- видавлювання води з-під шару дорожнього покриття;
- кутові розриви;
- лінійне розтріскування;
- вибоїни у дорожньому покритті;
- довговічні тріщини;

- розтріскування на міцність.



а – руйнування швів у жорстких тротуарних плитах;

б – розлами з різницею у висоті між швами;



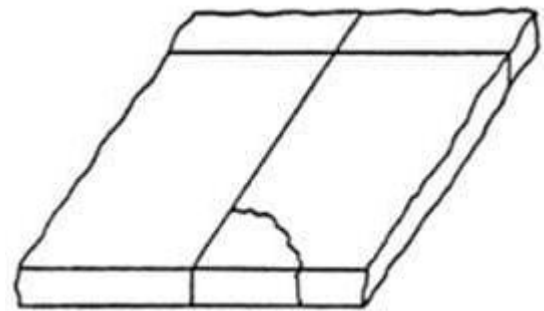
в – полірований заповнювач;



г – усадочні тріщини у дорожніх покриттях;



д – витіснення води з-під шару дорожнього покриття;



е – кутові розриви у дорожніх покриттях;



є – вибоїни у дорожньому покритті;



ж – лінійне розтріскування;



з – тріщини міцності та довговічності у жорстких дорожніх покриттях



Рисунок 1 – Основні види руйнувань у жорстких дорожніх покриттях

Основними причинами виникнення даних видів руйнування цементобетонних дорожніх покриттів є:

- надмірне навантаження через високу інтенсивність руху або проникнення у шви будь-яких матеріалів, що не стискаються;
- використання слабкого бетону для виготовлення стиків між швами;
- накопичення води у стиках між швами, що призводить до швидкого замерзання та відтавання;
- розломи та осідання покриття, викликані м'якою основою;
- викачування або ерозія матеріалу під дорожнім покриттям;
- температурні зміни та зміни вологості, що викликають скручування країв дорожніх плит;
- неправильна технологія укладання та догляду за бетоном у період набору міцності;
- використання не шорстких, кутастих заповнювачів при багаторазовому русі транспорту;
- активне багаторазове повторюване навантаження транспортних засобів на дорожнє покриття;
- накопичення води на межі розділу "дорожнє покриття-основа";
- відсутність підземної дренажної системи;
- надмірна швидкістю перекачування води у основі, що сприяє вимиванню основи;
- великі навантаження, що повторюються, недостатня товщина плити, втрата опори фундаменту або недоліки конструкції, такі як стільники, призводять до появи вибоїн;
- скручування через тепловий градієнт і багаторазовий вплив вологи.

Довговічні тріщини у жорстких дорожніх покриттях виникають в результаті заморожування та відтавання, під час якого відбувається регулярне розширення та стиск, що призводить до поступового руйнування бетону. Таке руйнування жорсткого покриття зрештою призводить до повного руйнування всієї плити.

Скручування бетонних плит відбувається в основному через різницю температур між верхньою і нижньою поверхнями плити або через зміну вмісту вологи.

Великі транспортні навантаження на автомобільні дороги України, важливість швидкої і безпечної доставки вантажів автодорогами, значні капіталовкладення у щорічні ремонти автодоріг з м'яким покриттям чи звичайних цементобетонних покриттів спонукають до використання новітніх матеріалів та технологій при капітальних ремонтах магістралей. Зокрема, вивчення та оцінки потребує технологія безперервно армованого бетону у дорожньому будівництві.

### **Безперервно армований бетон в технології дорожніх покриттів**

Безперервно армований в поздовжньому напрямі бетон (Continuously Reinforced Concrete Pavement – CRCP) в технології дорожніх покриттів є найдорожчим типом покриття. Термін його служби понад 40 років з мінімально необхідним ремонтом. Відсоток армування може бути різним, але становить переважно 0,65-0,8%. Виконують його неметалевими композитними профільованими стержнями діаметром 16 мм, які мають найбільшу міцність на схоплювання з бетоном на одиницю площі покриття (рис. 2). Композитна арматура легша за сталеву, не зазнає температурних деформацій у діапазоні від  $-70^{\circ}$  до  $+100^{\circ}$  C, хімічно стійка, не схильна до корозій, довговічність – 50-80 років, як і у бетону.



Рисунок 2 – Використання безперервно армованого бетону при будівництві доріг

Міцність бетону становить 32-35 МПа. Укладання відбувається безперервно без швів, без утворення плит. Виникаючі поперечні тріщини у покритті вважаються нормою, якщо відстань між ними більше 0,5-3,0 м. найбільшого поширення технології CRCP здобули у США, Австралії, Бельгії [2].

Безперервно армовані покриття та основи рекомендується влаштовувати на магістральних швидкісних автомобільних дорогах з інтенсивним рухом.

Безперервно армовані покриття та основи мають необмежену довжину і переривають їх лише перед штучними спорудами (мостами, шляхопроводами тощо) [2, 3].

Кінцеві ділянки покриття та основи повинні бути заанкеровані нерухомими опорами траншейного або пальового типу.

Використання CRCP дозволяє зменшити товщину бетонної плити на 20%. Це призводить до прямої економії матеріалів – цементу, щебеню тощо.

Важлива перевага дороги з CRCP – відсутність термошвів. Завдяки цьому, зменшується шум при русі транспорту і ризик проникнення води у товщу покриття. Немає необхідності періодично обробляти шви захисною мастикою для їх герметизації. Порядок проєктування і виготовлення конструкцій з такою арматурою в Україні визначено ДСТУ-Н Б В.2.6-185: 2012, а влаштування бетонних доріг – ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 [4-6].

Перспективним є використання CRCP не тільки під час будівництва нових дорожніх одягів, а і для капітального ремонту існуючих нежорстких і жорстких дорожніх одягів.

Безперервно армований бетон витримує значні навантаження, тому його довговічність не залежить від інтенсивності та складу транспортного потоку. При ремонті доріг з асфальтобетонним покриттям, які мають різноманітні деформації, нерівномірну товщину покриття використання CRCP дозволить зміцнити стару основу та проводити ремонтні роботи без додаткової обробки існуючого асфальтобетонного покриття. Отримане покриття із CRCP буде мати покращену тріщиностійкість у порівнянні із звичайними цементобетонними покриттями, а технологічний процес ремонтно-будівельних робіт скорочується, оскільки не має потреби у влаштуванні температурних швів і їх зміцненні чи герметизації.

Окупність капіталовкладень при використанні технології безперервно армованого бетону відбувається за рахунок збільшення міжремонтного строку служби автодорожнього покриття: поточний ремонт може знадобитись через 10-15 років, капітальний через 25-50 років.

### Висновки

Отже, 50-60 % вартості дороги – це вартість матеріалів на її будівництво чи ремонт. Оскільки Україна має практично невичерпні запаси кам'яних матеріалів і сировини для виробництва цементу і бетону, то має перспективи використання цих матеріалів для влаштування і ремонту автодоріг на заміну м'яким недовговічним асфальтобетонам. Переваги використання безперервно армованого бетону наступні:

- висока міцність, тріщиностійкість, відсутність температурних швів впливають на підвищення термінів експлуатації дорожнього покриття без ремонту чи заміни;
- на довговічність покриття із CRCP не впливають кліматично-погодні умови, інтенсивність руху чи зміна навантаження від автотранспорту;
- влаштування покриттів із безперервно армованого литого бетону зменшує трудомісткість виконання робіт та їх тривалість у порівнянні із іншими покриттями.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Онищенко А. М., Чиженко Н. П. Оцінка довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг. Дороги і мости, 2020. Випуск 22. С. 138-148.

[2] Нагайчук В. М., Радовський Б. С. Світовий досвід та сучасні підходи до використання цементобетонного покриття. Дороги і мости, 2020. Випуск 21. С. 188-200.

[3] Нові технології і матеріали, які застосовуються у дорожньому будівництві в Україні. URL: <https://mcet.com.ua/novi-tehnologiyi-i-materiali-yaki-zastosovuyutsya-u-dorozhnomu-budivnitstvi-v-ukrayini/>

[4] ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012. Настанова з проєктування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу. [Чинний від 2013-04-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=29793](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29793)

[5] ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016. Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу. [Чинний від 2017-04-01]. Київ, 2017. 30 с.

[6] Будівництво і ремонт автомобільних доріг з використанням зарубіжної техніки та новітніх технологій. Типові технологічні карти Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор). Київ, 2003. 299 с.

[6] Степура В. С., Белятинський А. О., Кужель Н. В. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. К. : НАУ, 2013. 204 с.

**Гуменюк Віктор Олександрович** – магістр, група 1Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет

**Меть Іван Миколайович** – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, електронна пошта: [met@vntu.edu.ua](mailto:met@vntu.edu.ua)

**Науковий керівник: Дудар Ігор Никифорович** – д.т.н., професор, кафедра будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

**Humenyuk Viktor O.** – master, group 1B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Met Ivan M.** – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [met@vntu.edu.ua](mailto:met@vntu.edu.ua)

**Supervisor: Igor Dudar** – d.t.n, professor, Department of Civil Engineering and Environmental Engineering of the Vinnytsya national technical university. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

## ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ МОНОЛІТНОГО КАРКАСУ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ФІБРОБЕТОНУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Ця стаття присвячена вивченню та аналізу можливостей підвищення міцності монолітних каркасів багатоповерхових житлових будинків за допомогою поліпропіленового фібробетону. Розглядаються основні переваги цього інноваційного матеріалу, такі як висока міцність, низька вага та відмінна оброблюваність. Особлива увага приділяється підвищенню міцності каркаса через підвищення опору розтягування та зниження ризику тріщин. Досліджуються екологічні переваги використання поліпропіленового фібробетону та його економічна доцільність.*

**Ключові слова:** міцність каркасу, опір розтягування, екологічна ефективність, економічна ефективність, інновації у будівництві, поліпропіленовий фібробетон

### *Abstract*

*Research on the special use of "Smart House" technology in order to increase the energy efficiency of social housing. The work examines the main principles and components of "smart" systems, their possibilities for optimizing energy use and increasing the comfort of residents of social housing*

**Key words:** smart house, energy efficiency, social housing, automation systems.

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

У сучасному будівельному секторі велика увага приділяється розробці та впровадженню нових технологій для покращення якості та міцності будівельних конструкцій. Однією з інноваційних технологій, яка заслуговує на увагу, є використання поліпропіленового фібробетону для монолітних каркасів багатоповерхових житлових будинків.

### **Основна частина**

Бетонні суміші, що застосовуються для монолітного будівництва повинні володіти високою стійкістю до впливів температур, вологості, швидким застиганням та особливою стійкістю. У зв'язку з цим необхідно модифікувати бетони для одержання високоякісних сумішей. Для розв'язання цієї проблеми було розроблено склади дрібнозернистого фібробетону на основі композиційних в'язучих з використанням недегідратованого кремнезиту

Введення недегідратованого кремнезиту у цементну систему дозволяє підвищити активність в'язучого до 65,8 МПа. Приріст міцності під час введення недегідратованого кремнезиту пояснюється поліпшенням структури цементного каменю. Аналіз мікроструктури показав, що цементний камінь з оптимальним дозуванням недегідратованого кремнезиту відрізняється щільнішою матрицею, що складається з низькоосновних гідросилікатів кальцію, тоді як цементний камінь без добавки представлений високоосновними гідросилікатами кальцію і гексагональними пластинами портландиту. Це пояснюється тим, що нанодисперсні складові, що сприяють ранньому зв'язуванню портландиту, інтенсифікують процес гідратації клінкерних мінералів I в той же час більші частинки недегідратованого кремнезиту виступають як центри кристалізації, а також виконують роль мікронаповнювача, знижуючи усадкові деформації, покращують експлуатаційні характеристики композиту [1].

Характерною рисою структури цементного каменю з недегідратованого кремнезиту є суттєво менша кількість мікротріщин.

Загалом добавка недегідратованого кремнезиту є високоефективним модифікатором структури бетону як композиційного матеріалу, одержаного на основі наукомісткої технології. Для монолітного будівництва будівель і споруд застосовувани бетони повинні мати високі експлуатаційні властивості. З

метою вирішення цієї проблеми було розроблено склади дрібнозернистого бетону на основі техногенного піску - відсіву дроблення кварцитопісковика, збагаченого піском Гуменецького родовища та композиційних в'язучих.

Таким чином, з урахуванням вищевикладеного обґрунтовано та розроблено композиційне в'язуче з використанням недегідратованого кремнезиту, що забезпечує зниження клінкерної складової у 2 рази, покращення довговічності будівель.

Економічна ефективність виробництва та застосування розроблених фібробетонів на основі композиційного в'язучого з використанням недегідратованого кремнезиту полягає у підвищенні експлуатаційних характеристик при зниженні витрати клінкерної складової в 2 рази, застосування техногенної сировини покращує якість будівельно-монтажних робіт.

Переваги використання поліпропіленового фібробетону для монолітних каркасів [2].

#### 1 Збільшення міцності

Поліпропіленовий фібробетон вирізняється високою міцністю завдяки наявності волокон поліпропілену в його структурі. Ці волокна функціонують як арматура, підвищуючи розтягувальні та ударні характеристики матеріалу. Завдяки цьому конструкції, зведені з використанням поліпропіленового фібробетону, мають вищу стійкість до внутрішніх і зовнішніх навантажень. Це особливо актуально для регіонів із сейсмічною активністю, де важлива не лише міцність, але й здатність матеріалу поглиблювати та розподіляти енергію під час землетрусу.

#### 2 Змінення ваги конструкції

У порівнянні з традиційним бетоном, фібробетон вигідно вирізняється меншою густиною, що призводить до зменшення ваги будівельної конструкції. Це може мати значущий ефект, особливо при проектуванні на м'яких або нестабільних ґрунтах. Зменшення ваги зменшенням навантаження на фундамент та інші конструктивні елементи, що важливі для тривалої експлуатації будівлі. Однак, не дивлячись на зменшення ваги, фібробетон залишається ефективним та міцним матеріалом, забезпечуючи необхідну структурну стійкість.

#### 3 Стійкість до корозії

Поліпропіленовий фібробетон є малощкідливим до корозії, що дозволяє зменшити ризик виникнення проблем, пов'язаних з руйнуванням арматурних конструкцій.

Технічні виклики та їх вирішення [3].

Хоча використання поліпропіленового фібробетону має вагомі переваги, деякі технічні виклики, які потребують уваги. Одним із них є управління робочим часом матеріалу. Важливо забезпечити правильний час скупчення та твердіння фібробетону під час будівельного процесу для досягнення оптимальних результатів. Додатково, необхідно забезпечити рівномірну дисперсію волокон у матриці бетону для забезпечення однорідності властивостей матеріалу.

### Висновки

Використання поліпропіленового фібробетону в будівельній індустрії може значно підвищити міцність та стійкість монолітних каркасів багатопверхових житлових будинків. Цей інноваційний матеріал відкриває нові можливості для створення ефективних та безпечних будівель, що відповідають високим стандартам сучасності. Дослідження та впровадження цих технологій є основним напрямком розвитку будівельної галузі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Nanomaterials Market (Metal Oxide, Metals, Chemicals & Polymers, and Others) for Construction, Chemical Products, Packaging, Consumer Goods, Electrical and Electronics, Energy, Health Care, Transportation and Other Applications: Global Market Perspective, Comprehensive Analysis, and Forecast, 2016 — 2022."— URL: <https://www.zionmarketresearch.com/report/nanomaterials<market>.

[2] Zgalat-Lozynskyy O.B. Spark Plasma Sintering of TiN (Shell)-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Nanofiber) System / O.B. Zgalat-Lozynskyy, N.I. Tischenko, A.V. Ragulya. Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2018. 56 (11-12). P. 1-8.

[3] Peyvandi A., Sbia. L., Soroushian P., Sobolev K. Effect of the cementitious paste density on the performance efficiency of carbon nanofiber in concrete nanocomposite. Construction and Building Materials. 2013. №48. pp.265-269.



**Онiш Роман Віталійович** – магістр, група 2Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, vtya.adju13@gmail.com

**Науковий керівник: Лялюк Олена Георгіївна** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

**Onish Roman** – master, group 2B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, vtya.adju13@gmail.com

**Supervisor: Lyalyuk Elena** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

# ВДОСКОНАЛЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІНОБЕТОНІВ ЗА РАХУНОК ДИСПЕРСНОГО ПОЛІАРМУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Ця стаття досліджує можливості покращення технічних характеристик пінобетону для несучих та огорожувальних конструкцій будівель шляхом використання технології дисперсного поліармування. Вивчення властивостей пінобетону з польовими експериментами та технологічні аспекти впровадження дисперсних полімерів у матрицю бетону розкриває перспективи для подальшого вдосконалення будівельних матеріалів.*

**Ключові слова:** пінобетон, дисперсне поліармування, несучі конструкції, огорожувальні елементи, технічні властивості.

## *Abstract*

*This article explores the possibilities of improving the technical characteristics of foam concrete for load-bearing and enclosing structures of buildings by using the technology of dispersed polyreinforcement. The study of the properties of foam concrete with field experiments and technological aspects of the introduction of dispersed polymers into the concrete matrix reveals prospects for further improvement of building materials.*

**Key words:** foam concrete, dispersed polyreinforcement, load-bearing structures, enclosing elements, technical properties.

## **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

Пінобетон вже давно визнаний як високоефективний будівельний матеріал, здатний поєднувати низьку якість, відмінну теплоізоляцію та звукоізоляцію. Проте, для подальшого підвищення його технічних властивостей та оптимізації застосування в несучих і огорожувальних конструкціях, є використання технології дисперсного поліармування.

## **Основна частина**

### 1. Пінобетон:

Пінобетон є матеріалом, виготовленим шляхом змішування цементу, води та повітря, що наводиться у вигляді піногенератора. Основні переваги пінобетону включають легкість, теплоізоляцію та міцність, але для підвищення його функціональних характеристик, включає впровадження дисперсного поліармування [1].

### 2. Переваги дисперсного поліармування:

#### 2.1 Збільшення міцності

Дисперсне поліармування включає в себе додавання до складу пінобетону диспергованих полімерних частинок. Цей процес покращує адгезію компонентів та забезпечує більшу міцність матеріалу, зробиши його більш відповідальним для несучих конструкцій.

#### 2.2 Підвищення ударостійкості [2-4].

Додавання диспергованих полімерних частинок також позитивно впливає на ударостійкість пінобетону, створюючи його більш стійким до впливу зовнішніх чинників та забезпечуючи довший термін служби конструкції.

#### 2.3 Змінення водопоглинання

Дисперсне поліармування дозволяє зменшити водопоглинання пінобетону, що є фактором для підтримки стабільності та теплоізоляції будівельних конструкцій.

### 3. Технологічний процес дисперсного поліармування в пінобетоні

Впровадження дисперсного поліармування вимагає недостатнього вибору полімерів, їх концентрації та специфікацій для досягнення оптимальних результатів. Процес додавання полімерів

до пінобетонної суміші та умови їх введення мають визначальне значення для отримання бажаних властивостей [3, 5].

#### 4. Перспективи використання дисперсного поліармування в будівництві

Використання технології дисперсного поліармування у виробництві пінобетону є перспективним напрямком для покращення його технічних характеристик [3]. Дослідження та впровадження нових методів підвищення ефективності будівельних матеріалів є ключовим етапом у розвитку сучасних технологій будівництва.

#### Результати досліджень

Проведено експериментальні дослідження поліармування пінобетону щільністю 1200 кг/м<sup>3</sup>. Даний пінобетон характеризується мінімальною витратою цементу з урахуванням необхідних характеристик міцності. Використовувалися такі сировинні матеріали: бездобавочний портландцемент М400; наповнювач – мінеральний порошок, отриманий помелом карбонатних порід, та пісок. Базовий склад пінобетону: цемент – 300 кг/м<sup>3</sup>; пісок – 480 кг/м<sup>3</sup>, карбонатний мінеральний порошок – 300 кг/м<sup>3</sup>; водотверде відношення дорівнює 0,26.

Для приготування суміші використовувалася лабораторна установка, включає пінобетонозмішувач, піногенератор і повітряний компресор. Піна вводилася до досягнення розрахункової густини суміші. Лабораторна установка є аналогом промислового обладнання для виробництва фібропенобетону. Вивчено вплив виду та кількості фібри на показники композиту. Для цього в сировинну суміш вводилися поліпропіленові, базальтові або хризотиліві армуючі волокна в кількості 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 і 0,8 % (тут і далі – об'ємного армування) відповідно.

Зразки-балочки розміром 40х40х160 мм зберігалися в природних умовах і випробовувалися через 14, 28 діб.

Введення поліпропіленової, базальтової або хризотилової фібри в сировинні склади неавтоклавного фібропенобетону призводить до зниження усадкових деформацій на 15-24%.

З метою подальшого зниження усадки фібропенобетону досліджено склади армовані комбінацією волокон. Відповідно до цього, на наступному етапі досліджень виявлено, що введення до складу пінобетону одночасно декількох видів волокон призводить до зниження усадкових деформацій. У таблиці 1 наведено результати випробувань зразків поліармованого фібропенобетону.

Найменші усадкові деформації характерні для зразків фібропінобетону, армованих поліпропіленовою та базальтовою фіброю у кількості 0,2% та 0,4% відповідно.

Таблиця 1 – Результати випробування зразків

№	Назва	Фібра	Властивості		
			Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск, МПа	Міцність на згин, МПа
0	Пінобетон без фібри (контрольний склад)	0	1216	4,4	1,9
1	Фібробетн поліармований поліпропіленовим і базальтовим волокном	0,2 і 0,4	1207	5,1	3,0
2		0,4 і 0,2	1220	4,8	2,9
3		0,4 і 0,4	1256	5,0	4,3

Таким чином поліармування дозволяє знизити усадку на 36% порівняно із зразками з неармованого пінобетону і на 17% порівняно із моноармованим базальтовою фіброю пінобетоном.

#### Висновки

Дисперсне поліармування відкриває шлях до вдосконалення пінобетону для несучих і огорожувальних конструкцій будівель. Ця технологія покращує міцність, ударостійкість та ізоляційні перспективні властивості матеріалу, що робить його ще більшим для використання в сучасному будівництві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Основи бетонознавства / Л. Й. Дворкін, К.: Основа, 2007. 616 с.
- [2] Горніковська І. Б., Демчина Х. Б., Ковальчик Я. І. Дослідження фізико-механічних властивостей пінобетону, армованого фіброю. Одес. держ. акад. буд-ва та архіт, 2010. Вип. 37. С. 100-111.
- [3] Сучасні технології армування бетону. UPL: [https://fiberxmesh.com/files/Fiber\\_katalog\\_UKR.pdf](https://fiberxmesh.com/files/Fiber_katalog_UKR.pdf)
- [4] Солодкий С. Й., Турба Ю. В. Підвищення тріщиностійкості дисперсно армованих поліпропіленовою фіброю бетонів технологічними чинниками. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2017. Вип. 66. С. 99-105.
- [5] ФайберМікс. UPL: <https://fibermix.ua/ua/articles/kak-rasschitat-neobkhodimoe-kolichestvo-fibry-dlja-betona>

**Грицик Олександр Петрович** – магістр, група 1Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, prizrak5555@gmail.com

**Науковий керівник: Очеретний Володимир Петрович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: ocheretny@vntu.edu.ua

**Oleksandr Hrytsyk** – master, group 1B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, prizrak5555@gmail.com

**Supervisor: Ocheretnyi Volodymyr** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: ocheretny@vntu.edu.ua

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІБРОБЕТОНУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНИХ СПОРУД

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Ця стаття розглядає використання фібробетону як перспективної технології в реконструкції автодорожніх споруд. Обґрунтовано переваги застосування фібробетону, як підвищення міцності, тріщиностійкості та стійкості до зовнішніх впливів, а також зменшення витрат на експлуатацію та підвищення екологічної стійкості. Висвітлені виклики, такі як вартість впровадження та потреба в стандартизації. Робота спрямована на підтримку вибору цієї технології для підвищення якості та довговічності автомобільних доріг та споруд.

Наведено результати досліджень комплексного введення в цементно-піщану суміш базальтових волокон-фібр, пластифікуючих добавок на властивості базальтофіробетону.

**Ключові слова:** фібробетон, автодорожнє будівництво, реконструкція, технологічний процес, міцність, тріщиностійкість.

### *Abstract*

This article considers the use of fiber concrete as a promising technology in the reconstruction of road structures. The advantages of using fiber concrete are substantiated, such as increased strength, crack resistance and resistance to external influences, as well as reducing operating costs and increasing environmental sustainability. Challenges such as the cost of implementation and the need for standardization are highlighted. The work is aimed at supporting the choice of this technology to improve the quality and duration of highways.

The results of research into the complex introduction of basalt fiber-fibers, plasticizing additives into the cement-sand mixture on the properties of basalt fiber concrete are presented.

**Key words:** fiber concrete, road construction, reconstruction, technological process, strength, crack resistance.

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

Реконструкція автодорожніх споруд є актуальним завданням у сучасному інфраструктурному розвитку. Однією з інноваційних технологій, яка заслуговує на увагу в цьому контексті, є використання фібробетону. Цей матеріал, поєднуючи міцність та гнучкість, може ефективно використовуватися для підвищення довговічності та надійності автомобільних шляхів та споруд, оскільки дозволить підвищити тріщиностійкість цементних бетонів.

### **Основна частина**

Фібробетон є композитним будівельним матеріалом, у якому традиційну сталеву арматуру замінено сталевими, скляними, базальтовими чи полімерними волокнами. Це призводить до отримання матеріалу з відмінними фізико-механічними характеристиками, а також підвищеною тріщиностійкістю та стійкістю до зовнішніх впливів.

Переваги використання фібробетону в автодорожньому будівництві [1-4]:

1 Підвищення міцності та довговічності. Фібробетон, завдяки волокнам, що рівномірно розподіляються в матриці, забезпечує підвищену міцність автомобільних доріг та інших споруд, що піддаються реконструкції. Це важливо для забезпечення надійності та довговічності транспортної інфраструктури, оскільки сприяє значному подовженню терміну служби автодорожніх споруд, зменшення необхідності в поточному обслуговуванні та ремонті, а також підвищення безпеки руху.

2. Зменшення ризику виникнення тріщин та деформацій. Використання фібробетону дозволяє уникнути виникнення тріщин на ранніх етапах їх утворення. Це важливо для зменшення ризику деформацій та підвищення стійкості до температурних коливань, які виникають під час експлуатації доріг і мостів.

3. Зменшення вартості. Використання фібробетону може зменшити витрати на експлуатацію та обслуговування автодоріг через меншу потребу в частих ремонтних роботах та оновленні дорожнього покриття. Міцність та витривалість конструкцій, покритих фібробетоном, зменшують транспортні навантаження на всю конструкцію.

4. Екологічність. Використання фібробетону підвищує екологічну стійкість інфраструктурних об'єктів. Дороги і споруди на основі цементного бетону за рахунок своєї довговічності і стійкості матеріалів утворюють менше викидів і забруднення в навколишнє середовище. Також, дорожнє покриття із фібробетонів позитивно впливає на рух автотранспорту, майже не потребує ремонтів, що сприяє зменшенню транспортних викидів [5, 6].

Недоліки використання фібробетону:

1. Висока вартість початкового впровадження технології. Широке впровадження використання фібробетонів в дорожньому будівництві потребує підготовки фахівців та придбання спеціалізованого обладнання для забезпечення правильної роботи з матеріалом. Також, великі витрати має розробка і впровадження ефективних складів фібробетонів, що окуповується через 10-15 років експлуатації доріг і автодорожніх споруд.

2. Стандартизація та регулювання. На початковому етапі впровадження технології фібробетону в дорожнє будівництво потребує розробки стандартів та нормативів. Встановлення чітких стандартів є ключовим елементом забезпечення якості та надійності конструкції, виготовленої з використанням цього матеріалу. Сьогодні для перевірки властивостей фібробетонів в Україні використовують стандарти для бетонів [7, 8].

### Результати досліджень

З метою поліпшення фізико-механічних властивостей бетону на мікрорівні проведені дослідження впливу базальтового дисперсно-армованого волокна на структуру бетонної матриці. Для проведення дослідження були використані наступні матеріали:

- портландцемент марки ПЦ М500;
- кварцовий пісок;
- в якості пластифікуючих добавок використовувалися суперпластифікатори: «Sikament BV 3М», «SikaLatex» [9];
- в якості макроармуючих волокон застосована базальтова фібра [10].

Механічні випробування при згин та стиск зразків з дрібнозернистого фібробетону проводилися з використанням гідравлічного випробувального пресу.

Встановлено, що застосування базальтової фібри дає можливість отримати на стадії перемішування реологічно однорідної, пластичної суміші, яка не розшаровується. Затверділий фібробетон має просторово армовану мікроструктуру цементного каменю, що перешкоджає утворенню усадкових тріщин.

Аналіз результатів проведених випробувань показав, що найбільш оптимальним є склад фібробетону з концентрацією базальтової фібри 1,4 кг/м<sup>3</sup>. Для нього характерним є збільшення міцності на стиск до 40,89 %, а міцності на розтяг при згині – до 21,07 %.

Таблиця 1 – Вплив базальтового волокнистого наповнювача на міцність фібробетону

№ п/п	Дозування фібри, кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності, МПа	
		на розтяг при згині	на стиск
1	0	2,23	30,42
2	0,6	2,25	31,24
3	0,8	2,35	33,25
4	1,0	2,30	40,16
5	1,2	2,4	41,94
6	1,4	2,70	42,86
7	1,6	2,70	39,57
8	1,8	2,70	37,50
9	2,0	2,60	40,09
10	2,5	2,80	39,84

Зростання показників міцності зразків на стиск і згин пояснюється тим, що введення в суміш базальтових волокон дозволяє збільшити адгезію з цементно-піщаною матрицею. Підвищення таких показників як тріщиностійкість і, відповідно, довговічність базальтофібробетону пов'язано з макроармуючою здатністю фібрового волокна і релаксацією напруги на поверхні контакту «матриця-заповнювач». Процес руйнування бетонів, дисперсно-армованих базальтовим волокном значно довший процесу руйнування звичайних мілкозернистих бетонів. Слід також відзначити, що подальше збільшення витрати фібри приводить до її грудкуванню, зниження міцності на стиск і розтяг при вигині.

На структуру фібробетону впливає не тільки фіброве волокно, а і комплексне введення добавок і мікрозміцнювачів. Щоб поліпшити фізико-механічні властивості дрібнозернистих фібробетонів, необхідно дослідити вплив пластифікуючих добавок на їх міцність.

Встановлено, що в результаті проведених експериментальних досліджень спостерігається позитивний вплив суперпластифікаторів на фізико-механічні властивості цементно-піщаного розчину. Таким чином, введення добавки «Sikament BV 3М» та «SikaLatex» сприяло підвищенню міцності та рухливості розчину. Результати представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вплив пластифікованих добавок на міцність дрібнозернистих фібробетонів

Назва	Розплив стандартного конуса, мм	Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності, МПа	
			на розтяг при згині	на стиск
Еталон	106	2234,37	2,30	30,42
Sikament BV 3М	109	2135	2,35	40,19
SikaLatex	111	2171,88	2,40	55,01

В результаті використання суперпластифікаторів знижується витрата води замішування при збереженні рухливості, що відіграє важливу роль при виробництві базальтофібробетонів.

### Висновки

Використання фібробетону в автодорожньому будівництві відкриває широкі перспективи для підвищення якості та тривалості інфраструктури. Інтеграція цієї технології вимагає збалансованого підходу, урахування всіх етапів будівництва та реконструкції, а також розв'язання викликів, пов'язаних із стандартизацією та вартістю.

Впровадження фібробетону в автодорожню інфраструктуру забезпечує вибір оптимальних типів волокон, їх обсягів, та підтримку точних технологічних процесів змішування та укладання матеріалу. Це забезпечує оптимальні результати при реконструкції автомобільних шляхів та споруд.

В ході теоретичних та експериментальних досліджень доведено позитивний ефект укріплення бетону базальтовими волокнами, що характеризується високими показниками фізико-механічних характеристик.

Визначено найбільш раціональне дозування базальтового мікроармуючого волокна. Оптимальним є склад базальтофібробетону з концентрацією фібри, що становить 1,4 кг/м<sup>3</sup>, в якому виявлено максимальне збільшення міцності. Подальше збільшення витрати фібрових волокон призводить до їх комкування, а також зниження міцності та як наслідок подорожчання базальтофібробетону.

Наведено результати досліджень комплексного введення в цементно-піщану суміш базальтових волокон-фібр, пластифікуючих добавок на властивості базальтофібробетону. Встановлено, що застосування всіх вищевказаних компонентів комплексно призводить до максимального набору міцності фібробетонних зразків, ніж застосування цих складових окремо.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М. Досвід застосування фібробетону у будівництві. Збірник наукових праць ДЕУТ: Серія “Транспортні системи і технології”, 2014. Вип. 24. С. 5-11.
- [2] Солодкий С.Й. Тріщиностійкість бетонів на модифікованих цементах. Монографія. Л.: Видавництво НУ “ЛП”, 2008. 144 с.
- [3] Voigt. Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: A State-of-the-Practice Manual, Iowa State University. FHWA, 2007. 326 p.

[4] Kovalskiy V. Technical research and development [Text]: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., etc. – International Science Group. – Boston, : Primedia eLaunch 2021. – 616 p.

[5] Kovalskiy V. P., Guo Mingjun. The main areas of research on the durability of asphalt concrete under the influence of anti-icing reagents. *Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі: збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 8 - 9 листопада 2022 р., м. Харків.* Харків: ФОП Бровін О.В., 2022. С. 65-67.

[6] Ковальський В. П., Го Мінцзюнь. Забруднення питної води промисловими відходами. *Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 17 – 18 листопада 2022 р.* Одеса : ОНАХТ, 2022. С. 46-48.

[7] ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

[8] ДСТУ Б В.2.7-227:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 24 с.

[9] Sika в Україні. добавки для бетонів та розчинів. URL: <https://ukr.sika.com/uk/distribuciya/81842/81857.html>

[10] Виробництво базальтового волокна. URL: <https://frunze.com.ua/pro-kompaniju/tehnologichni-mozhливosti/virobnictvo-bazaltovogo-volokna/>

**Пересенчук Олександр Петрович** – магістр, група 1Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, afro.digo12@gmail.com

**Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua

**Oleksandr Peresenchuk** – master, group 1B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, afro.digo12@gmail.com

**Alena Bondar** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Supervisor: Viktor Kovalskiy** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua



## ЕФЕКТИВНІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ ДЛЯ ШТУКАТУРЕННЯ СТІН БУДІВЕЛЬ ІЗ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто можливість зниження середньої щільності, теплопровідності, підвищення паропроникності штукатурних складів на основі теплоізоляційних сухих будівельних сумішей для зовнішньої обробки ніздрюватих бетонів марок D300-D600 за рахунок використання як наповнювача зольних алюмосилікатних мікросфер та порожнистих скляних мікросфер.*

*Наведено результати досліджень значень середньої щільності, закритої та відкритої пористості від вмісту і типу мікросфер у суміші.*

**Ключові слова:** сухі будівельні суміші, ніздрюваті бетони, скляні мікросфери, алюмосилікатні мікросфери.

### *Abstract*

*The possibility of reducing the average density, thermal conductivity, and increasing the vapor permeability of plaster compositions based on heat-insulating dry building mixtures for external treatment of aerated concrete of D300-D600 brands due to the use of ash aluminosilicate microspheres and hollow glass microspheres as a filler was considered.*

*The results of studies of the values of average density, closed and open porosity depending on the content and type of microspheres in the mixture are given.*

**Key words:** dry construction mixtures, aerated concrete, glass microspheres, aluminosilicate microspheres.

### **Вступ та актуальність досліджень**

Посилення вимог до енергоефективності новозведених будівель викликало збільшення обсягів використання при будівництві газо- та пінобетонних блоків марок D300-D600, що дозволяють зводити одношарові зовнішні стіни з високими теплозахисними властивостями. У зв'язку з цим зріс попит на спеціалізовані матеріали для обробки стін із ніздрюватих, до яких насамперед необхідно віднести модифіковані сухі будівельні суміші (СБС) [1, 2].

Для обробки газо- та пінобетону в даний час широко використовують оздоблювальні склади, середня густина яких варіюється в межах 1200-1400 кг/м<sup>3</sup>. При обробці блоків із ніздрюватих бетонів такими складами виникає невідповідність теплофізичних та деформаційних характеристик оздоблювального шару та газо-, пінобетону, що призводить до значної внутрішньої напруги та інтенсивного зволоженню в місці контакту штукатурного покриття та основи, внаслідок чого порушується зчеплення оздоблювального покриття з стіною та відбувається відшарування штукатурних шарів від стіни.

У зв'язку з цим є актуальною розробка рецептури ефективної теплоізоляційної СБС зниженої щільності для обробки стін із ніздрюватих бетонів, що дозволяє покращити теплозахисні якості огороджувальної конструкції.

### **Основна частина**

Розглянуто застосування як наповнювача в теплоізоляційних оздоблювальних складах зольних мікросфер алюмосилікатних (ЗМА) та порожнистих скляних мікросфер (ПСМ) [3-5]. На підставі розглянутої моделі розраховано оптимальний вміст мікросфер і спрогнозовано щільність одержуваного теплоізоляційної СБС (таблиця 1).

Таблиця 1 – Характеристики теплоізоляційних СБС

Наповнювач	Об'єм мікросфер у суміші $V_M$ , %	Вміст мікросфер від маси в'язучого $M$ , %	Середня щільність розчину, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
ЗМА	51,17	28,6	1381
ПСМ	26,99	3,5	1663

Технологічні та експлуатаційні властивості покриттів на основі теплоізоляційних ССС значною мірою визначаються їх поровою структурою, на яку найбільшою мірою впливає водопотреба використовуваного наповнювача, його природа та структура.

Досліджено водопотребу складів з мікросферами з водопотребою складів, отриманих з використанням традиційних високопористих наповнювачів – спученого вермікулітового (ВВП) та перлітового піску (ВПП). Для цього готували рівнопластичні склади з різним вмістом наповнювачів. Низька водопотреба складів, отриманих з використанням ЗМА, порівняно зі складами, отриманими з використанням ВВП і ЗПС, пояснюється відсутністю у мікросфер відкритих мікропор, здатних активно вбирати воду. Форма даних мікросфер забезпечує високий коефіцієнт заповнення ними обсягу складу.

Порівняння співвідношення обсягу відкритих і закритих пор у розчинах, отриманих з використанням різних наповнювачів, наведено на рисунку 1. Всі наповнювачі використовували в кількості 40% від маси в'язучого .

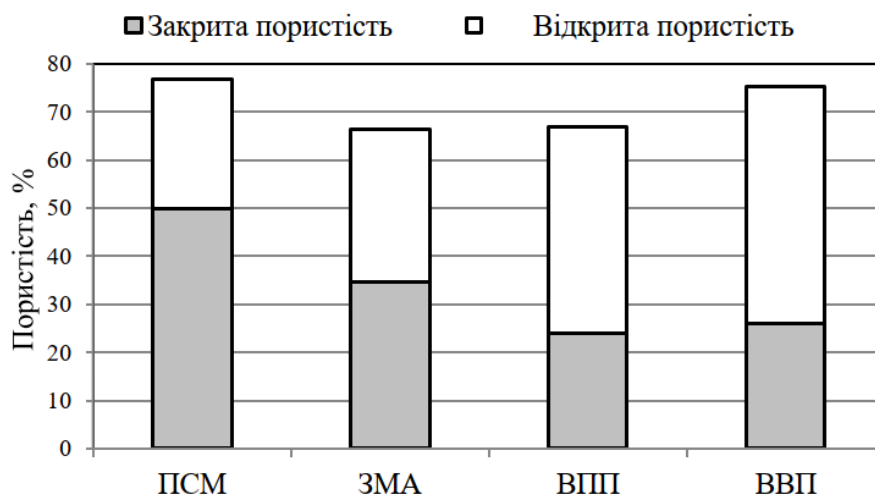


Рисунок 1 – Пористість теплоізоляційних СБС на різних наповнювачах

У розчинах, отриманих з використанням ВВП та ЗПС, переважають відкриті пори, що утворюються через високу водопотребу цих складів. У композитах, отриманих з використанням мікросфер, переважають закриті пори, що утворюються через порожню структуру даних наповнювачів.

Використання в рецептурі СБС матеріалів, близьких за структурою до газобетону, дозволить підвищити спорідненість структури одержуваного оздоблювального покриття та основи із газобетону. Тому подальшими дослідженнями необхідно встановити можливість використання розмелених відходів виробництва газобетону у складі теплоізоляційних СБС.

### Висновки

Отримані полегшені цементні сухі будівельні суміші з використанням як наповнювача міцних порожнистих тонкодисперсних скляних частинок у вигляді мікросфер.

Встановлено, що міцність штукатурних складів СБС збільшується з підвищенням дисперсності в'язучого та забезпечується високим ступенем наповнення структури розчину міцними порожнистими частинками мікросфер.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Лівінський О. М., Курок О. І. та інші. Будівельні матеріали та вироби: підручник. К.: «МП Леся», 2016. 660 с.

[2] Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П., Бондар А. В. Залежність теплотехнічних та фізико-механічних властивостей ніздрюватих бетонів від параметрів виготовлення. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2009. Т. 7. №. 2. С. 34-39.

[3] Плахотніков К. В., Старкова О. В., Деденьова О. Б., Бондаренко Д. О., Дьоміна О. І. Інноваційні теплоізоляційні матеріали з дуальними властивостями. *Тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні» 21-22 травня 2020 р. Харків, ХНУБА*. Харків, 2020. С. 180-182.

[4] Чейлитко А. О. Дослідження можливості зміни коефіцієнту теплопровідності металів шляхом зміни розмірів та розташування пор. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2016. № 2. С. 82-89.

[5] Чейлитко А. О., Чейлитко А. А. Дослідження впливу форми пор на тепловий опір пористих теплоізоляційних матеріалів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Харків: НТУ «ХП». 2016. № 3. С. 3-9.

**Зорич Микола Дмитрович** – магістр, група 1Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [zorychmv@gmail.com](mailto:zorychmv@gmail.com)

**Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [kovalskiy@vntu.edu.ua](mailto:kovalskiy@vntu.edu.ua)

**Mykola Zorych** – master, group 1B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [zorychmv@gmail.com](mailto:zorychmv@gmail.com)

**Supervisor: Viktor Kovalskiy** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [kovalskiy@vntu.edu.ua](mailto:kovalskiy@vntu.edu.ua)

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВПЛИВУ ВОДОНАСИЧЕННЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА НЕСУЧУ СПРОМОЖНІСТЬ ФУНДАМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Тема роботи присвячена дії води - один із суттєвих факторів, який впливає на деформування ґрунтових основ. Плівки води расклинюють дисперсне середовище ґрунту, створюючи умови для додаткового його розуцільнення.

Тема є актуальною задачею сьогодення при визначенні несучої спроможності фундаментних конструкцій.

Розвиток сучасних ЕОМ суттєво наблизило фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив. Поява нового потужного методу досліджень – числового експерименту – тісно пов'язала фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та сучасні ЕОМ.

В роботі для розв'язку нелінійної задачі геомеханіки використано числовий МГЕ, наведено обґрунтування теоретичними викладками та проілюстровано даними числового розрахунку.

**Ключові слова:** метод граничних елементів, напружено деформований стан, водонасичення ґрунтової основи.

### **Annotation**

The topic of the work is devoted to the action of water - one of the essential factors that affects the deformation of soil bases. Films of water wedge the dispersed soil environment, creating conditions for its additional loosening.

The topic is an urgent task today when determining the bearing capacity of foundation structures. The development of modern computers significantly brought fundamental mathematical problems closer to applied ones, and strengthened their mutual influence. The emergence of a new powerful method of research - the numerical experiment - closely connected the physical content of the problem, its mathematical formulation, numerical calculation methods and modern computers.

In the work, the numerical MGE was used to solve the nonlinear problem of geomechanics, the justification was given by theoretical explanations and illustrated by numerical calculation data.

**Key words:** boundary element method, stressed deformed state, water saturation of soil base.

Замочування лесових ґрунтів – доволі типове явище. Задача є актуальна і потребує вирішення, необхідне прогнозування несучої спроможності фундаментних конструкцій в таких ґрунтових основах. В роботі до цієї задачі залучено числовий метод граничних елементів.

Суть МГЕ – перетворення системи 15 диференціальних рівнянь локального методу розрахунку конструкцій в інтегральне рівняння (1). Рівняння стану, що встановлює залежність між потенціалом (переміщеннями) і потоком (напруженнями) на границі дослідного об'єкту отримано К. Бреббія [1] при реалізації числового МГЕ:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ij,j} + b_j &= 0 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} &= C_{ijkl}\varepsilon_{kl} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{ij}(\xi)u_j(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)u_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

де  $u$ -заданий вектор переміщень на границі фундаментної конструкції;

$p$  - шуканий вектор напруг на границі;

$u^*$ ,  $p^*$ ,  $\sigma^*$  - ядра граничного рівняння (1) – рішення Р. Міндіна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним взбурюючим впливам ( $P=1$ ) в півпросторі [4].

Матричний запис інтегрального рівняння (1):

$$H\dot{U} = G\dot{P} + D\dot{\epsilon}^p, \quad (2)$$

де  $H, G$  - матриці впливу МГЕ. Матриці  $D = \int_{\Omega} \dot{\sigma}^* \Phi^T d\Omega$  відповідають інтегралам, які включають непружні деформації.

Дилатансійність водонасиченого ґрунтового середовища враховувалась згідно положень теорій Ніколаєвського В. Н., Бойка І. П. [3,5].

Значення середньозважених основних вхідних фізико-механічних характеристик ґрунтів, які вводились в розрахунок і залежали від вологості ґрунту (варіанти нашарувань ґрунтів основи):

I	$S_r = 0.47$ ,	$w = 0.19$ ,	$E = 17$ МПа,	$\nu = 0.35$ ,	$\rho = 1.986$ г/см <sup>3</sup> ,
				$C = 3.1$ МПа,	$\phi = 8.82^\circ$
II	$S_r = 0.65$ ,	$w = 0.204$ ,	$E = 14.3$ МПа,	$\nu = 0.357$ ,	$\rho = 1.947$ г/см <sup>3</sup> ,
				$C = 1.23$ МПа,	$\phi = 3.1^\circ$
III	$S_r = 0.83$ ,	$w = 0.24$ ,	$E = 8.9$ МПа,	$\nu = 0.362$ ,	$\rho = 1.894$ г/см <sup>3</sup> ,
				$C = 0.02$ МПа,	$\phi = 0.7^\circ$

Схема дискретизації активної зони основи і результати числового прогнозування несучої спроможності призматичної забивної палі С 6-30

в залежності від вологості ґрунту  $S_r = 0.47; 0.65; 0.83$  подано на рис.1.

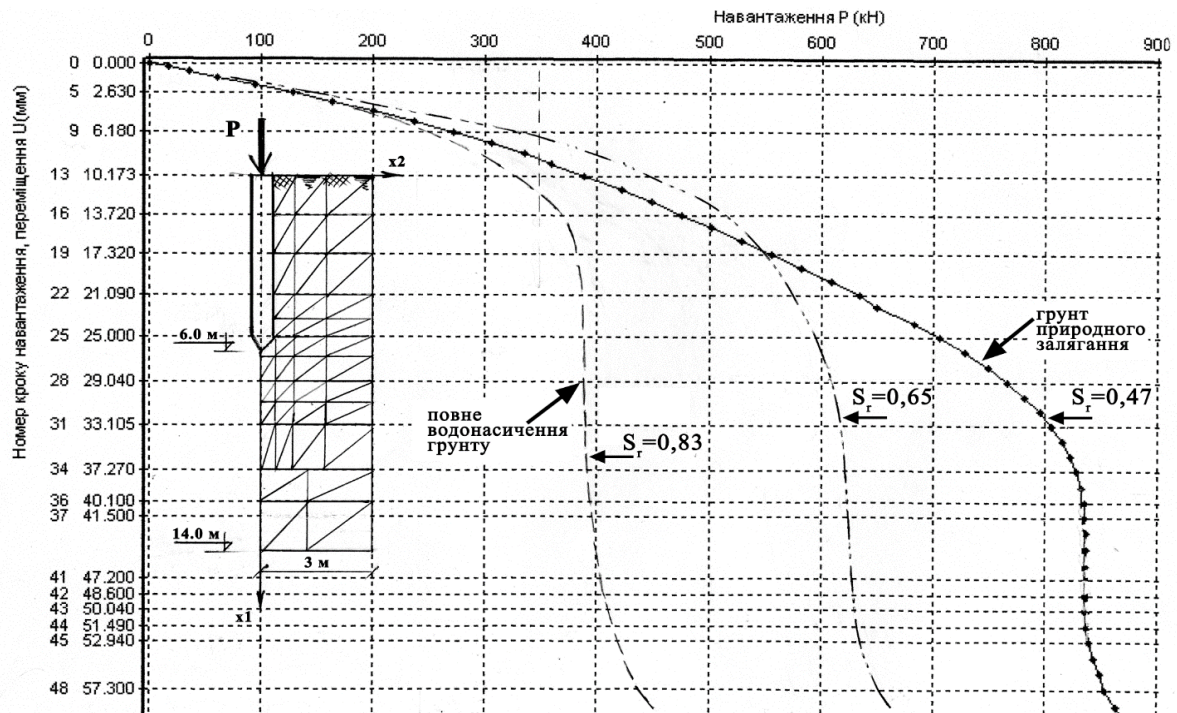


Рис.1. Графіки навантаження-осідання. Результати моделювання за МГЕ

Порівняння результатів числового моделювання з експериментальними даними [4] показали задовільне співпадання. Згідно [4] фактична несуча спроможність забивних призматичних палів в лесових ґрунтах при повному їх водонасиченні знизилась приблизно в 2, 2-2,4 рази. В числовому розрахунку за МГЕ несуча спроможність палі зменшилась в 2,27 рази при зміні степені вологості ґрунту від  $=S_{,47}$  в природному стані до  $=S_{,83}$  після замочування.

По даних числового моделювання за МГЕ зниження несучої спроможності здійснилось через різке зниження несучої спроможності палі по бокові поверхні (тобто, знизилась сила тертя по бокові поверхні через “деградацію” основи при замочуванні, що привело до втрати зчеплення і внутрішнього тертя ґрунту і розвитку значних пластичних областей). Так, при повному водонасиченні ґрунту (рис.1) при  $P=350$  кН ґрунт працює вже в третій фазі - фазі втрати міцності основи і прогресуючої течії ґрунту, а в ґрунтах природного стану при такому ж навантаженні  $P=350$  кН ґрунт ще знаходиться в першій фазі - фазі ущільнення.

### Висновки

1. За допомогою запропонованої математичної моделі опір палі з урахуванням степені замочування може бути визначений з точністю, достатньою для проектування. Знаючи НДС ґрунту, можна зробити прогноз розвитку подій.

2. За даними числового моделювання за МГЕ несуча спроможність палі С 6-30 при замочуванні до повного водонасичення понизилась до 44% в порівнянні з ґрунтами натурального залягання. Результати моделювання підтвердили, що величини сил тертя в тонкозернистих лесових ґрунтах дуже чутливі до води і різко зменшуються при збільшенні вологості. Це приводить до значного зменшення несучої спроможності фундаментів.

3. За умови можливого замочування лесових ґрунтів необхідні попередні розрахунки прогнозу зниження несучої спроможності фундаментів з залученням сучасних нелінійних методів механіки ґрунтів.

4. Напрацьовано методику урахування впливу води на несучу спроможність фундаментних конструкцій, яка дозволяє розв’язувати нелінійну задачу механіки ґрунтів за числовим методом граничних елементів (МГЕ).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моргун А. С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів // А. С. Моргун. – Вінниця : ВНТУ. – 2013 – 108с.
2. Brebbia K. Applications of MGE in engineering // K. Brebbia, S. Walker. -1982.
3. Николаевский В. Н. Дилатансия та закони незворотного деформування ґрунтів / В. Н. Николаевський // 36. Основи, фундаменти та механіка ґрунтів. - 1979. - № 5. - С. 29-31.
4. Електронний ресурс - <http://www.geotek.ru/>.
5. Бойко І. П. Теоретичні основи проектування палових фундаментів на пружньо-пластичні основи / І. П. Бойко // Основи та фундаменти. – К. : Будівельник, 1985. № 18. – С. 11–18.

**Моргун Алла Серафимівна** – професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [morgunallaS@gmail.com](mailto:morgunallaS@gmail.com)

**Меті Іван Миколайович** - декан ФБТЕГП; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [vanmet@ukr.net](mailto:vanmet@ukr.net)

**Лебідь Руслан Іванович** – аспірант Вінницького національного технічного університета, м. Вінниця

## РЕКОНСТРУКЦІЯ ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ ЗА ЧИСЛОВИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Тема присвячена проблемі фундаментобудування та механіки ґрунтів – удосконаленню методики розрахунку підсилених фундаментних конструкцій за сучасним числовим методом МГЕ з метою практичного прикладання та більш повного використання їх несучої спроможності є актуальною задачею сьогодення. Переулаштування, підсилення фундаментів має за мету пристосування їх для використання в змінних умовах експлуатації.

Інтенсивний розвиток та широке застосування ЕОМ суттєво наблизило фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив. Поява нового потужного методу досліджень – числового експерименту – як ніколи раніше тісно пов'язала фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та сучасні ЕОМ.

В роботі для розв'язку нелінійної задачі геомеханіки використано числовий МГЕ, наведено обґрунтування теоретичними викладками та проілюстровано даними числового розрахунку.

**Ключові слова:** метод граничних елементів, напружено деформований стан, реконструкція та підсилення фундаментів.

### **Annotation**

The topic is devoted to the problem of foundation construction and soil mechanics - improvement of the methodology of calculation of reinforced foundation structures according to the modern numerical method of MGE for the purpose of practical application and more complete use of their bearing capacity is an urgent task today. The purpose of rearranging and strengthening the foundations is to adapt them for use in changing operating conditions.

The intensive development and widespread use of computers significantly brought fundamental mathematical problems closer to applied ones, and strengthened their mutual influence. The emergence of a new powerful method of research - the numerical experiment - more closely connected the physical content of the problem, its mathematical formulation, numerical calculation methods and modern computers than ever before.

In the work, the numerical MGE was used to solve the nonlinear problem of geomechanics, the justification was given by theoretical explanations and illustrated by numerical calculation data.

**Key words:** boundary element method, stressed deformed state, reconstruction and strengthening of foundations.

### **Вступ**

Прикладання числового МГЕ до розв'язків практичних задач геомеханіки, процесу осідання основ та допустимих навантажень на них підкріплено та проілюстровано даними числового розрахунку стовпчастих фундаментів мілкового закладання. Від використаних методів розрахунку міцності будівельних конструкцій залежить їх безаварійність роботи. Міцність – проблема століття. Руйнування будь-якого твердого тіла – процес поступового розкриття спочатку найслабкіших місць, а потім все менш і менш небезпечних дефектів.

Фундамент глибиною закладання 0.5 м. і розміром 1\*1 м. був підсилений чотирма буронабивними палями довжиною 2.5 м. з використанням пневмопробійників. Зростання обсягів реконструкції та реставрації об'єктів потребує збереження довготривалої минулої забудови споруд

і є досить важливим і актуальним питанням формування міськобудівного середовища. За числовим МГЕ скомпоновано методику прогнозування напружено-деформованого стану підсилених таким чином фундаментів та проведено співставлення розрахунку з експериментальними даними. В роботі за МГЕ визначено напружено-деформований стан фундаменту без підсилення (рис. 2а) та підсиленого фундаменту з рівновеликою площею бокової поверхні та вістря (рис. 2б). Фізико-механічні характеристики ґрунту:

$$\rho = 1.7 \text{ т/м}^3, \quad \rho_{\min} = 1.6 \text{ т/м}^3, \quad \rho_{\max} = 2.2 \text{ г/см}^3, \quad e = 0.7,$$

$$E = 10.54 \text{ МПа}, \quad \varphi = 24^\circ, \quad c = 14 \text{ КПа}, \quad \nu = 0.33$$

При розгляді нелінійної задачі інтегральне рівняння, отримане К. Бреббія [1], набуває вигляду:

$$c_{ij} \cdot u_j + \int_{\Gamma} p_{ij}^* u_j d\Gamma = \int_{\Gamma} u_{ij}^* p_j d\Gamma + \int_{\Omega} \dot{\sigma}^* \dot{\varepsilon}_{jk}^p d\Omega, \quad (1)$$

де,  $u$  – заданий вектор переміщень на контактні границі фундаментної конструкції;  $p$  – шуканий вектор напружень на границі;  $u^*$ ,  $p^*$ , – ядра граничного рівняння чи функції впливу МГЕ, це двоточкові функції, їх компоненти – переміщення та напруження довільної точки поля в напрямку «і» (точка нагляду) від сили  $P = 1$ , прикладеної в «j» –му напрямку (джерелі) – прийнято рішення Р. Міндліна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним збурюючим впливам ( $P=1$ ) в півпросторі. Ядра інтегрального рівняння характеризують собою досліджуване середовище.

Саме рішення Р. Міндліна [2] тотожньо задовольняють граничним умовам на границі (рівність нулю напружень на границі півпростору) і значно понижують об'єм обчислювальних робіт, необхідний для рішення задачі;  $C_{ij}$  – постійна, визначається із умов руху тіла як цілого;  $\Gamma$ ,  $\xi$ ,  $\Omega$  – відповідно гранична поверхня фундаментної конструкції, точка збурення, точка нагляду та границя трикутних осередків активної зони ґрунту [1].

Результати числового за МГЕ прогнозу роботи підсиленого фундаменту на рис.2.

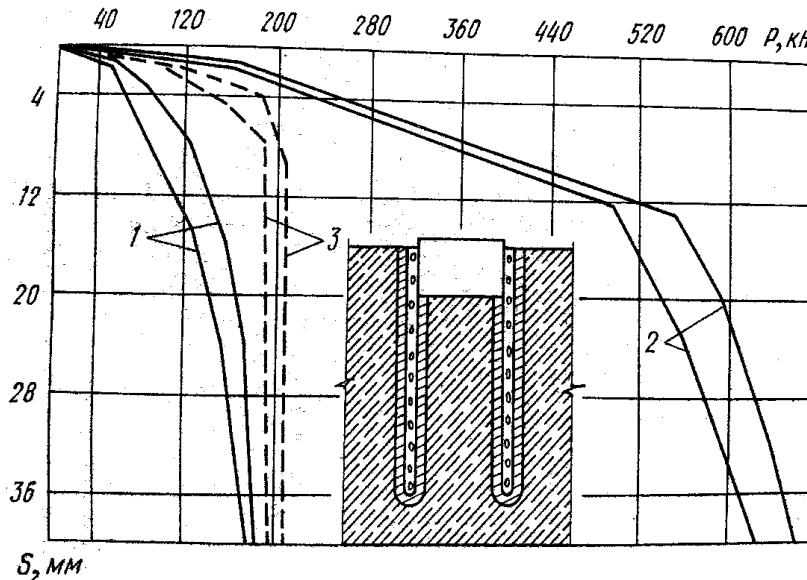
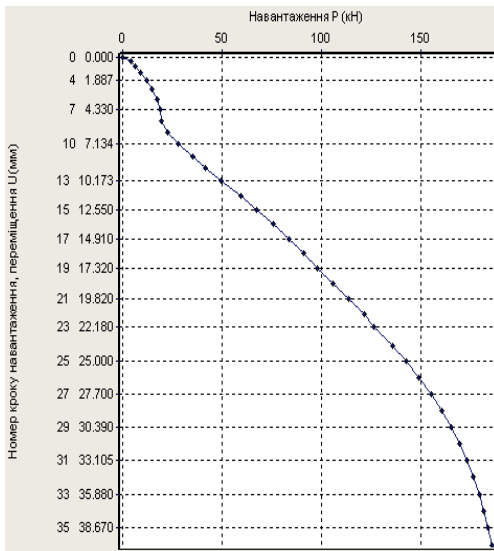
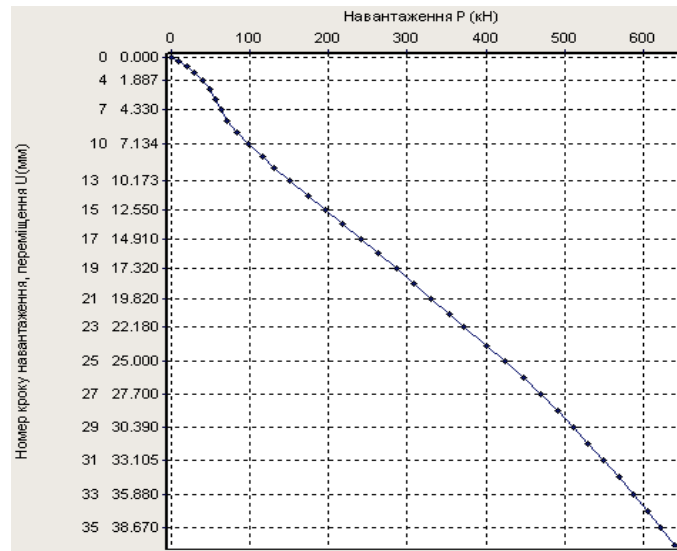


Рис. 1 – 1 – Графік експериментальних досліджень фундаменту на натуральній основі,  
2 – експериментальні дані після підсилення набивними палями,  
3 – поведінка одиночної набивної палі [16]





а)



б)

Рис. 2 – а) Графік “навантаження – осідання” результатів числових дослідження за МГЕ фундаменту без підсилення,

б) результати поведінки фундаменту, підсиленого набивними палями за числовим МГЕ

Дані співставлень є задовільні, значення несучої спроможності як підсиленого, так і не підсиленого фундаментів згідно рис. 1 та рис. 2 практично співпадають.

За експериментальними дослідженнями при  $S = 40$  мм несуча спроможність не підсиленого фундаменту склала  $P=180$  кН, підсиленого –  $P=680$  кН. За числовими дослідженнями (МГЕ): при  $S = 40$  мм несуча спроможність не підсиленого фундаменту склала  $P=174$  кН, підсиленого –  $P=649$  кН.

Таким чином, напрацьована за числовим МГЕ нелінійна модель для визначення несучої спроможності підсиленого набивними палями фундаменту мілкого закладання фіксує збільшення несучої спроможності більше ніж в три рази (в 3.72 рази). Згідно експериментальних даних збільшення несучої спроможності склало 3.8 рази.

#### Висновки

1. Достовірність моделі підтверджено проведеним аналізом результатів числових досліджень за МГЕ, та виконаним співвідношенням з експериментальними даними, які отримані безпосередні заміром тиску в ґрунті основі мездозами [16], та дають хорошу відповідність.

2. Дане конструктивне рішення є ефективним проектним рішенням підсилення фундаменту мілкого закладання і гарантує надійність експлуатації споруди.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бреббія К., Ж. Теллес, Л. Вроубел. Методи граничних елементів / [http://www.mymanual.ru/ebooks/texnicheskaia\\_literatura/mexanika/7388.html](http://www.mymanual.ru/ebooks/texnicheskaia_literatura/mexanika/7388.html).
2. Моргун А.С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів. /А.С. Моргун – Вінниця, ВНТУ. – 2013 – 108 С.

**Моргун Алла Серафимівна** – професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [morgunallaS@gmail.com](mailto:morgunallaS@gmail.com)

**Меть Іван Миколайович** - декан ФБТЕГП; Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [vanmet@ukr.net](mailto:vanmet@ukr.net)

**Записов Дмитро Васильович** – аспірант Вінницького національного технічного університета, м. Вінниця.

## БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Обґрунтовано необхідність комплексного використання в технології виготовлення штучних стінових матеріалів будівельних і техногенних відходів. Проведено комплексні дослідження наявних технологічних рішень в галузі переробки твердих відходів неорганічної природи для отримання інертних заповнювачів формувальних сумішей будівельних матеріалів. Аналітичними дослідженнями встановлено, що накопичені обсяги будівельного брухту від руйнування елементів будівель і споруд в переважній більшості включають залишки бетону, залізобетону, керамзитобетону, цегляної кладки з керамічних і силікатних виробів. Запропоновано нові рецептурно-технологічні параметри сировинних багатокомпонентних сумішей для виготовлення стінових будівельних матеріалів. Представлено результати вивчення технологічних рішень в галузі переробки будівельного брухту пояснює перспективність даного напрямку досліджень і підтверджує, що технології рециклінгу на території де розміщувались зруйновані будівлі є найбільш оптимальним варіантом реалізації проектних намірів. Відмічено, що технологічні процеси з виготовлення компонентів будівельних сумішей розташовуються поблизу самого об'єкта будівництва, а отже скорочуються транспортні витрати на поставки сировини також немає потреби у використанні природних видобувних ресурсів. Наведено рекомендації стосовно вибору технології виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель.*

**Ключові слова:** будівельні відходи, ресурсозберігаюча технологія, техногенні відходи, стінові матеріали

### Abstract

*The need for complex use of construction and man-made waste in the technology of manufacturing artificial wall materials is substantiated. Comprehensive studies of available technological solutions in the field of processing inorganic solid waste to obtain inert aggregates for forming mixtures of building materials have been conducted. Analytical studies have established that the accumulated volumes of construction scrap from the destruction of elements of buildings and structures in the vast majority include the remains of concrete, reinforced concrete, expanded clay concrete, brickwork made of ceramic and silicate products. New recipe and technological parameters of raw multicomponent mixtures for the manufacture of wall building materials are proposed. The results of the study of technological solutions in the field of processing of construction scrap are presented, it explains the perspective of this direction of research and confirms that recycling technologies in the territory where the destroyed buildings were located are the most optimal option for the implementation of project intentions. It was noted that the technological processes for the production of components of building mixtures are located near the construction site itself, and therefore transport costs for the supply of raw materials are reduced, and there is no need to use natural mining resources.. Recommendations regarding the choice of technology for the production of structural and heat-insulating wall products for the construction of enclosing structures of buildings are given.*

**Keywords:** construction waste, resource-saving technology, man-made waste, wall materials.

### Вступ

Сучасні науково-технічні проекти в будівельній галузі передбачають розробку комплексних рішень важливих завдань за напрямком створення нових енергоефективних матеріалів для

зведення огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Існуючі технології виготовлення штучних будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель передбачають використання конструкційно-теплоізоляційних матеріалів, які дозволяють комплексно вирішувати проектні задачі по влаштуванню елемента огорожувальної конструкції і разом з тим отримати елемент будівлі з задовільними теплотехнічними характеристиками.

В умовах складної економічної ситуації в Україні внаслідок збройної агресії росії, перспективними рішенням стосовно розробки ресурсозберігаючих технологій виробництва нових різновидів матеріалів здатних задовольняти вимогам сучасності є використання вторинних сировинних матеріалів для отримання складників будівельних сумішей і бетонів. Значні перспективи розвитку такої важливої галузі народного господарства, як промисловість будівельних матеріалів знаходяться на стадії корінної переоцінки у зв'язку з гострим дефіцитом енергетичних ресурсів. Тому підприємства виробничої бази будівництва в сучасних кризових умовах на Україні потребують впровадження нових ресурсозберігаючих технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів.

Вирішення складних завдань стосовно зниження собівартості будівництва і скорочення витрат видобувних природних матеріалів та паливно-енергетичних ресурсів, передбачає перш за все створення нових технологій з використання вторинних продуктів, як штучних заповнювачів будівельних сумішей. Отриманий новий різновид компонентів інертної складової у рецептурах будівельних сумішей, як підтверджують результати наукових розробок, забезпечить реалізацію перспективних напрямків з виготовлення стінових виробів і сприятиме формуванню значних резервів в будівельній галузі [1-3].

Аналіз сучасного ринку штучних будівельних виробів показує, що серед широкого різноманіття стінових матеріалів найбільш поширеними є стінові блоки, виготовлені на підприємствах виробничої бази будівництва. Порівняно з традиційними керамічними виробами, значної популярності в будівельній практиці набули штучні стінові блоки з легких та ніздрюватих бетонів. Технології виробництва стінових виробів щільної і ніздрюватої структур за часів становлення і по теперішній час продовжують невпинно розвиватись і удосконалюватись. На підприємствах виробничої бази будівництва такі технології дістали подальший розвиток завдяки змінам якісних і кількісних рецептурно-технологічних параметрів виготовлення бетонів. Реалізація запропонованих новаторських проектів відбулась шляхом переходу у площину вдосконалення фізико-механічних, експлуатаційних та технологічних властивостей будівельних сумішей, таких як рухливість, легкоукладальність, однорідність масиву, повітровтягування, водоцементне відношення, водонепроникність, міцність стійкість до агресивних середовищ, тривалість тверднення.

**Мета роботи.** Розробка і дослідження ресурсозберігаючої технології виготовлення інертних заповнювачів для будівельних розчинів і бетонів для виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів. Отримання способів комплексного розв'язання проблем утилізації залишків зруйнованих будівель з отриманням заповнювачів для будівельних сумішей, ресурсозбереження завдяки скороченню використання видобувних ресурсів, регулювання показників енергоефективності стінових виробів та вирішення важливих соціальних і екологічних питань.

### Основна частина

Перспективними рішеннями в галузі запровадження ресурсозберігаючих технологій на підприємствах будівельної галузі є використання заповнювачами сировинних сумішей сировини отриманої в результаті переробки багатотоннажних відвалів твердих мінеральних продуктів діяльності промислових підприємств золи-виносу та екологічно небезпечних відходів хімічної промисловості [4-6]. Разом з тим досить відчутною є потреба у створенні нових технологій виробництва будівельних виробів для зведення огорожувальних конструкцій будівель, які б задовільняли широкому спектру їхніх експлуатаційних характеристик. Невпинні тенденції з накопичення брухту будівель і споруд внаслідок збройної агресії росії до України також потребують розробки нових інженерно-технологічних рішень з переробки і утилізації накопичених відвалів. Відомо, що близько 30 % об'єктів нерухомості різних форм власності зруйновано і масштаби таких руйнувань ще неостаточні. Актуальною в теперішніх умовах складного економічного стану для більшості галузей народного господарства є гостра проблема пов'язана з пошуком нових видів ресурсів для виготовлення будівельних сумішей необхідних для

потреб відновлення об'єктів комунального і житлового господарства. Одним з перспективних напрямків розв'язання цих проблем є розробка технологій рециклінгу залишків зруйнованих будівель і споруд з використанням їх як вторинних сировинних матеріалів у складі будівельних сумішей.

Виробничі потужності будівельної галузі через стрімке зростання вартості енергоносіїв потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів з метою зменшення питомої ваги ресурсів у вартості кінцевої продукції будівництва. Розв'язання нагальних завдань по зниженню собівартості витрат на сировинні компоненти, скорочення споживання паливно-енергетичних та інших різновидів ресурсів передбачає перш за все розширення асортименту використання вторинних продуктів у технологічних процесах. Такий різновид компонентів сировинної бази, як підтверджують результати наукових розробок, забезпечить можливість отримання нових ресурсозберігаючих технологій виготовлення будівельних виробів і сприятиме формуванню значних резервів по підйому виробництва і його подальшій інтенсифікації.

Новостворені відвали залишків від розбирання зруйнованих будівель і споруд являють собою будівельний брухт, який складають в переважній більшості уламки бетону, залізобетону, керамзитобетону, цегляної кладки з включеннями металевої арматури. Дослідно-розрахунковими методами було проаналізовано і встановлено, що на 1 м<sup>3</sup> будівельного об'єму житлових об'єктів типових серій порівняно з переліченими відходами також утворюються незначні обсяги деревини, скла і органічних твердих відходів (Таблиця 1).

Таблиця 1. – Узагальнені обсяги витрат будівельних матеріалів для цивільних будівель

Будівлі	Будівель- ний об'єм, м <sup>3</sup>	Будівельні матеріали					
		бетон, м <sup>3</sup>	залізо- бетон, м <sup>3</sup>	будівель -ний розчин, м <sup>3</sup>	метал, т	цегла, тис. шт.	пилома- теріали, м <sup>3</sup>
Блок-секція 5-ти поверхового цегляного житлового будинку на 15 кв.. Паспорт проекту №87-018/72/І	3012,0	58,4	208,4	868,0	14,2	187,4	48,6
Збірний двохсекційний 5-ти поверховий житловий будинок на 30 кв. Паспорт проекту №121-031/І	5933,4	36,6	1067,7	743,6	42,4	2,9	96,8
Збірний двохсекційний 5-ти поверховий житловий будинок на 39 квартир. Паспорт проекту №92-020с/І	9722,4	126,8	1752,0	1196,0	158,2	4,2	107,0
Дев'ятиповерховий 72-квартирний житловий будинок на одну секцію з цегляними стінами. Паспорт проекту №86-025/І	16074,2	92,9	1448,9	1218,6	121,4	815,3	242,8
Блок-секція дев'ятиповерхового крупно панельного житлового будинку на 27-квартир. Паспорт проекту №127-015С/І	6332,0	31,3	1571,7	756,2	122,6	2,2	62,8
Блок-секція дев'ятиповерхового крупно панельного житлового будинку на 36-квартир. Паспорт типового проекту №94-052/І	7670,5	58,6	1296,6	896,3	154,1	3,6	91,6
Двохповерховий двохсекційний житловий будинок на 12 квартир з цегляними стінами. Паспорт проекту №114-42-152с.85	3810	374,2	248,6	443,3	18,7	175,8	196,8

Очевидно, що після розбирання завалів зруйнованих об'єктів нерухомості, на звільнених будівельних майданчиках у майбутньому буде плануватись будівництво нових сучасних будівель і споруд. Отже знову ж таки постане потреба в сировинних ресурсах для виготовлення будівельних

сумішей і разом з тим потреби з вирішення завдань утилізації будівельних відходів, отриманих у ході демонтажу елементів зруйнованих будівель і споруд.

Отримані результати проведених комплексних розрахунково-аналітичних досліджень техніко-економічних показників громадських будівель за існуючою інформацією наведеною в паспортах типових проектів об'єктів масових серій забудови показують, що у середньому на 1,0 м<sup>2</sup> житлової площі передбачалось витратити 0,126 м<sup>3</sup> бетонної суміші; 1,446 м<sup>3</sup> збірного залізобетону (в т.ч. керамзитобетонні панелі) для будівель із збірних конструкцій і 0,56 м<sup>3</sup> збірного залізобетону для будівель з цегляними стінами; 0,55 м<sup>3</sup> будівельного розчину (вапняно-піщаний і цементно-піщаний); 0,79 м<sup>3</sup> цегли (в перерахунку на брукхт при руйнуванні) для будівель з цегляними стінами і 0,018 м<sup>3</sup> цегли відповідно для будівель із збірних конструкцій.

В процесі використанні технологій сортування будівельного брукхту і подрібнення та розподілу по фракціях приймається до уваги, що отримані суміші в процесі переробки будуть відокремлені від залишків металевого лому, пиломатеріали, рулонні матеріали і пластику. Тобто використанні технологій рециклінгу дозволить отримати крупні, дрібнозернисті і дрібнодисперсні заповнювачі для виготовлення будівельних сумішей. З метою вивчення можливості використання отриманих нових різновидів сировинних матеріалів згідно рекомендацій щодо визначення складу бетонної суміші, наведених в ДСТУ Б В.2.7-176:2008 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Технічні умови», а також ДСТУ Б В.2.7-299:2013 «Настанова щодо визначення складу важкого бетону», у таблиці 2 наведено розроблені рецептурно-технологічні параметри і співвідношення компонентів сировинних сумішей для бетону класу В15 (найбільш поширена в будівництві марка товарного бетону М200).

Таблиця 2. – Рекомендований склад компонентів бетонної суміші за класом В15

Клас бетону	Марка бетону	Типи заповнювача, мм		Значення В/Ц	В'язуче, кг/м <sup>3</sup>	Крупний заповнювач, кг/м <sup>3</sup>	Дрібний заповнювач, кг/м <sup>3</sup>
В15	М200	гравій фракцій	5-10	0,63	300	410	960
			10-20			760	
		щебінь фракцій	5-10	0,68	320	450	870
			10-20			840	

З наведених в таблиці значень встановлено, що узагальнені потреби природних мінеральних матеріалів для виготовлення 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші складають в середньому 1230 кг – крупний заповнювач і 915 кг – дрібний заповнювач. В перерахунку на 100 м<sup>3</sup> витрати складатимуть відповідно 123.0 тон крупного і 91.5 тон дрібного заповнювачів. Відомо з інформаційних джерел, що відпускна середня вартість 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші класу бетону В15 на заводі-виробнику складає 2300 грн/м<sup>3</sup>. Техніко-економічними розрахунками встановлено, що доля заповнювача у вартості суміші в середньому складає до 15%, отже для його використання у 100 м<sup>3</sup> бетону необхідно витратити близько 31 тис грн. Не менш важливим є той факт, що отримуємо також зменшення складової транспортних витрати на доставку традиційних видобувних мінеральних ресурсів від кар'єру до будівельного майданчика, які пропорційно залежать від відстані транспортування продукції.

З метою отримання конструкційно-теплоізоляційного матеріалу у якості легкого компонента суміші використовували традиційний полістирольних заповнювач. Для виготовлення компонентів будівельних сумішей з будівельного брукхту використовували технологію розмелювання в кульовому млині. Важкими заповнювачами сировинних сумішей використовували подрібнений бетон (серія 1), подрібнені елементи цегляних стін (серія 2) і подрібнений керамзитобетон (серія 3). Середнє значення модуля крупності заповнювачів складало від 1,9 до 2,2. Як в'язуче у складі суміші використовувався портландцемент ПЦ II/A-III-500. Експериментальні дослідження проводились відповідно до регламентованої методики наведеної в ДСТУ Б В.2.7-187:2009 «Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск». З урахуванням показників реакційної здатності заповнювача прийнято рішення скоротити витрати в'язучого у складі сумішей на 15 %. Результати дослідження зразків моделей конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Фізико-механічні характеристики дослідних зразків

Серії зразків	В'язуче	Заповнювач	Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	Міцність при стисканні, кгс/см <sup>2</sup>
1	ПЦ І /500	Подрібнений бетон	1550	68
2	ПЦ І /500	Подрібнена цегляна кладка	1320	54
3	ПЦ І /500	Подрібнений керамзитобетон	1440	56

Представлені в таблиці 3 результати досліджень підтверджують можливість використання запропонованих науково-технічних рішень в технології виготовлення конструкційно-теплоізоляційних будівельних матеріалів. Комплексна переробка будівельного брухту на звільненій території під нове будівництво забезпечить вирішення цілої низки важливих економічних, виробничих і екологічних завдань. Перспективність розвитку досліджень і впровадження запропонованої ресурсозберігаючої технології комплексної переробки будівельних відходів з одночасним виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів передбачає використання у виробничому процесі традиційних технологічних схем з приготування бетонів і формування збірних будівельних конструкцій. Впровадження в будівництві таких нових технологічних рішень забезпечить до вирішення важливих економічних, екологічних і соціальних проблем для багатьох регіонів України.

#### Висновки

Розроблено і запропоновано нові раціональні технологічні рішення комплексного використання мінеральних заповнювачів будівельних сумішей, отриманих в результаті переробки залишків будівельного брухту. Отримані результати дослідження фізико-хімічних і фізико-механічних характеристик мінеральних заповнювачів з подрібненого бетону, цегляної кладки і керамзитобетону показали, що залишкова міцність при стисненні зразків бетону складає від 10 до 15 % від марочної. Запропоновано три варіанти рецептурно-технологічних параметрів науково-технічних рішень з реструктуризації сировинної бази компонентів будівельних сумішей для виготовлення штучних стінових виробів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи». Довідник. // Упорядники НДІпроектреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH и Institut Wohnen und Umwelt. – 2006. – 138 с.
2. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. / Схвалено Кабінетом Міністрів України // Розпорядження КМУ від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. – 72 с.
3. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (Директива європейського парламенту та Ради ЄС 2010/31/ЄС) / Офіційний вісник ЄС L 153/13 від 18.06.2010.
4. Сердюк В.Р. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, О. В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №1(13), С. 28-32.
5. Сердюк В.Р. Ніздрюватий бетон полі функціонального призначення / В. Р. Сердюк, О. В. Христич, П.В. Постовий // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №2(15), С. 18-22.
6. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

**Тарасюк Микола Вікторович** – студент групи 2Б-22м, Факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [tarasukkola206@gmail.com](mailto:tarasukkola206@gmail.com).

**Христич Олександр Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua). ORCID: 0000-0003-0166-547X

**Tarasiuk Mykola**, a student faculty building heating and gas supply, VNTU s. Vinnytsya. Email: [tarasukkola206@gmail.com](mailto:tarasukkola206@gmail.com)

**Khrystych Oleksandr**, associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnytsya national technical university, s. Vinnytsya. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua).

## КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Наведено передумови необхідності запровадження енергозберігаючих технологій в заходах з термомодернізації існуючих будівель. Розглянуто наявні інженерно-технічні рішення і напрацювання стосовно запровадження заходів з підвищення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій існуючих будівель житлової і громадської забудови. Вивчено наявний асортимент конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних будівельних матеріалів і їхні фізико-технічні характеристики. Обґрунтовано передумови запровадження інженерно-технічних заходів з термомодернізації огороджувальних конструкцій існуючих будівель. Представлено результати аналітичних досліджень конструктивного виконання теплоізоляційного шару огороджувальної конструкції. Розглянуто варіанти влаштування термoeфективної огороджувальної конструкції для реалізації заходів з термомодернізації об'єктів нерухомості. Запропоновано варіанти конструкції теплоізолювального покриття зовнішніх стін з прогнозованими експлуатаційними параметрами і регламентованою довговічністю експлуатаційного періоду. Підтверджено вплив товщини повітряного прошарку на величину тепловтрат з опалювального приміщення.

**Ключові слова:** енергозбереження, термомодернізація, будівельні матеріали, енергоефективність, огороджувальні конструкції.

### Abstract

Prerequisites for the need to introduce energy-saving technologies in thermal modernization of existing buildings are given. The available engineering and technical solutions and developments related to the introduction of measures to improve the thermal characteristics of the enclosing structures of existing residential and public buildings were considered. The existing assortment of structural and heat-insulating and heat-insulating building materials and their physical and technical characteristics were studied. The prerequisites for the introduction of engineering and technical measures for the thermal modernization of the enclosing structures of existing buildings are substantiated. The results of analytical studies of the structural performance of the heat-insulating layer of the enclosing structure are presented. Variants of installing a thermally efficient enclosing structure for the implementation of thermal modernization measures of real estate objects were considered. Variants of the construction of heat-insulating coating of external walls with predicted operational parameters and regulated durability of the operational period are offered. The influence of the thickness of the air layer on the amount of heat loss from the heated room has been confirmed.

**Keywords:** energy saving, thermo-modernization, building materials, energy efficiency, enclosing structures

Ключовими питаннями з розробки заходів по зниженню експлуатаційних витрат для об'єктів капітального будівництва є енергоефективність і енергозбереження. В сучасних умовах військової агресії росії до України комплексне вирішення цих проблем є важливим стратегічними питанням розвитку усіх галузей економіки. Для України проблема раціонального використання енергоресурсів існуючими об'єктами основних фондів набуває сьогодні надзвичайно важливого значення як з точки зору успішного розвивання економіки держави так і з точки зору експлуатаційної енергоефективності житлових і громадських об'єктів.

Розробку нових ефективних технологій для запровадження заходів з термомодернізації експлуатованих об'єктів житлової і громадської сфер використання з метою скорочення обсягів експлуатаційних витрат слід розглядати в комплексній системі діяльності вищенаведених головних галузей житлово-будівельного сектора економіки. Логічним є той факт, що продукція підприємств виробничої бази будівництва складає вагомий вплив на якість кінцевої продукції і на обсяги подальших експлуатаційних витрат для новостворених об'єктів основних фондів. Низька енергетична ефективність останніх в свою чергу висуває підвищені норми та вимоги до теплоізоляційних, огороджувальних та несучих будівельних конструкцій, будівельних матеріалів та виробів.

В результаті аналітичних досліджень показників енергоспоживання для провідних галузей народного господарства України встановлено, що мають місце факти надмірного споживання енергетичних ресурсів об'єктами житлово-будівельного господарства, які витрачаються в основному на експлуатацію існуючого житлового фонду. Експлуатаційні витрати для об'єктів житлово-комунального господарства посідає друге місце за обсягами споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні. Встановлено, що в структурі розподілу сумарних потреб споживання за видами енергетичних ресурсів найбільші обсяги енергоресурсів припадають на теплову енергію – понад 130 млн. Гкал, більше 35 млрд. кВт\*год електричної енергії та 57 млн. т н.е. природного газу щорічно (рис.1) [1].

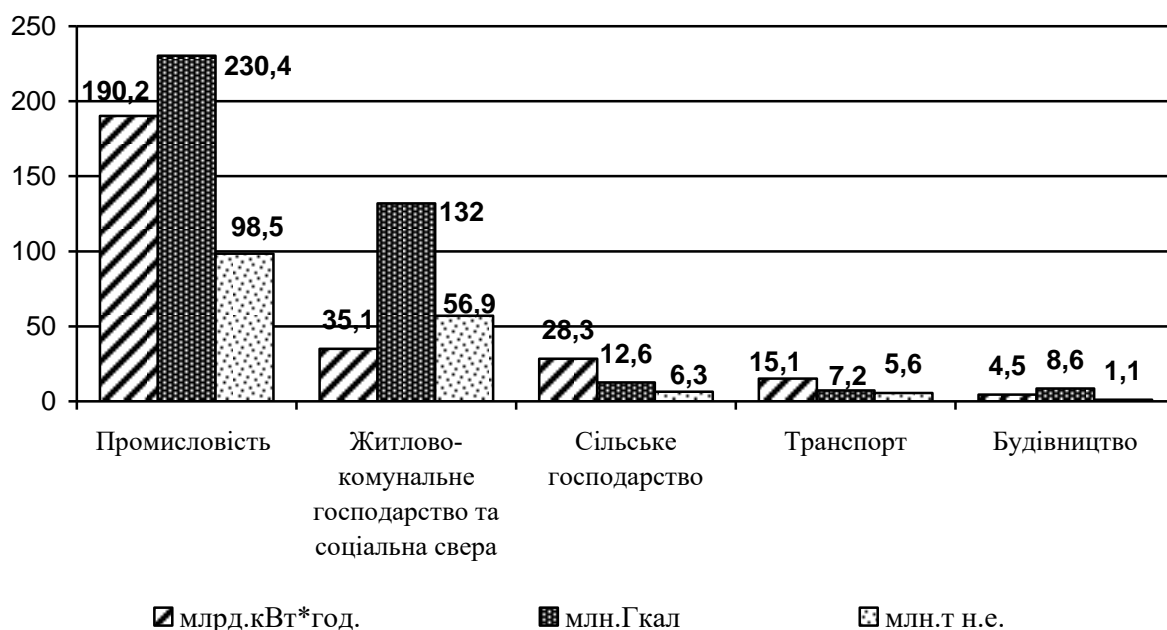


Рис.1 Узагальнені об'єми енергоспоживання провідними галузями економіки

Результати проведеного комплексного аналізу об'єктів житлової і громадської сфер засвідчують, що в сумарних обсягах енерговитрат питома вага витрат енергоресурсів на забезпечення їхніх експлуатаційних потреб сягає 60–80%. Не є новиною, що в Україні кількість об'єкти «застарілого» житлового фонду за довоєнного періоду нараховувала більше 10 млн. будинків загальною площею 1,03 млрд. м<sup>2</sup>. Так на початок 2019 року кількісний показник становив 984,833 млн. м<sup>2</sup> їх загальної площі. В загальній структурі житлових об'єктів на міські поселення приходить 63,9% загальних площ, решту відповідно становить сільські поселення [1-3].

Потреби в енергоресурсах для щорічних витрат на їхнє життєзабезпечення складають близько 70 млрд. тонн умовного палива (еквівалент енергії, що виділяється при згоранні 1 кг вугілля). Слід також відмітити, що даний показник в 2,5-3 рази перевищує рівень енергоспоживання об'єктами-аналогами розташованими в країнах Євросоюзу. Результати проведених вибіркового досліджень обсягів енерговитрат через елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків зведених за часів масової забудови в минулому столітті показали, що внаслідок невідповідності теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів такі об'єкти щорічно втрачають більше 50% енергоресурсів [1-2].

За результатами дослідження наявного ринку нерухомості у довоєнний період було встановлено, що в структурі існуючого житлового фонду загальна кількість об'єктів, побудованих індустріальними методами в 60-і роки минулого століття за проектами перших масових серій, перевищує 25 тисяч загальною площею майже 72 млн. м<sup>2</sup>, з них 47% складають будівлі панельного типу, 50% – будівлі з цегляними стінами 3% – будинки зведені з використанням збірних крупноблочних елементів. Проблемні питання їх подальшої експлуатації з роками загострюються, як через втрати експлуатаційної надійності окремих несучих елементів будівель, так і через високі показники експлуатаційних енерговитрат [2-3].



Основним показником енергоефективності житлового будинку є витрати енергоносіїв для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату всередині приміщень. Періодичні зміни нормованих показників енергоефективності елементів будівель, які запроваджуються на вимогу часу в будівельному законодавстві, призвели до зростання технічно-нормованих величин коефіцієнта термічного опору для зовнішніх стін до  $3.3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Невідповідність вимогам сучасних теплотехнічних параметрів об'єктів «застарілої забудови», для яких термічний опір зовнішніх стін ледве досягає  $2.5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , потребує запровадження організаційно-технічних заходів по термомодернізації житлових об'єктів. Для таких об'єктів тепловитрати через огорожувальні конструкції будинків складають до 70% всіх загальних витрат на енергопостачання, з них основна доля втрат приходить на зовнішні стіни [3-4].

Аналізуючи структуру експлуатаційних енерговитрат, цілком очевидним є той факт, що термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі забезпечить значну економію енергетичних ресурсів і разом з тим створення нормованих параметрів мікроклімату всередині приміщень. Зовнішня теплоізоляція огорожувальних конструкцій помітно скорочує перенесення тепла з внутрішніх приміщень назовні. Температурні потоки зсередини приміщення проникають у огорожувальну конструкцію і частково гальмуються (поглинаються) в масиві. Залишкове тепло кам'яних конструкцій стіни також запобігає виникненню негативних процесів, пов'язаних з замерзанням рідин в інженерних системах внутрішнього опалення і водопроводу, які як правило розташовані впродовж зовнішніх несучих стін.

Серед регламентованих нормативами (ДБН В.2.6-33-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації) вимог щодо зовнішнього утеплення стін будівель найбільш поширеними є технології «мокрого» і «вентильованого» оздоблення фасадів. Методика проектування інженерно-технічних рішень зовнішнього оздоблення передбачає обґрунтування теплотехнічних параметрів огорожувальної конструкції шляхом підбору матеріалів за теплоізолювальними властивостями і їхніх геометричних показників. При цьому враховують, що основне навантаження «енергоефективного» матеріалу, функцію опору теплопередачі приймає на себе внутрішній шар огорожувальної конструкції (стіна). Слід враховувати, що потенційна проблема, яка може виникнути при експлуатації будівлі може бути пов'язана зі значними показниками паропроникності масиву стіни, при цьому теплопровідність стіни зростає, а при заморожуванні конденсованої в порах вологи може відбуватись руйнування оздоблювального шару. На рисунку 1 наведено графічну інтерпретацію результатів визначення теплотехнічних характеристики зовнішньої огорожувальної конструкції стін з влаштуванням теплоізоляційного шару.

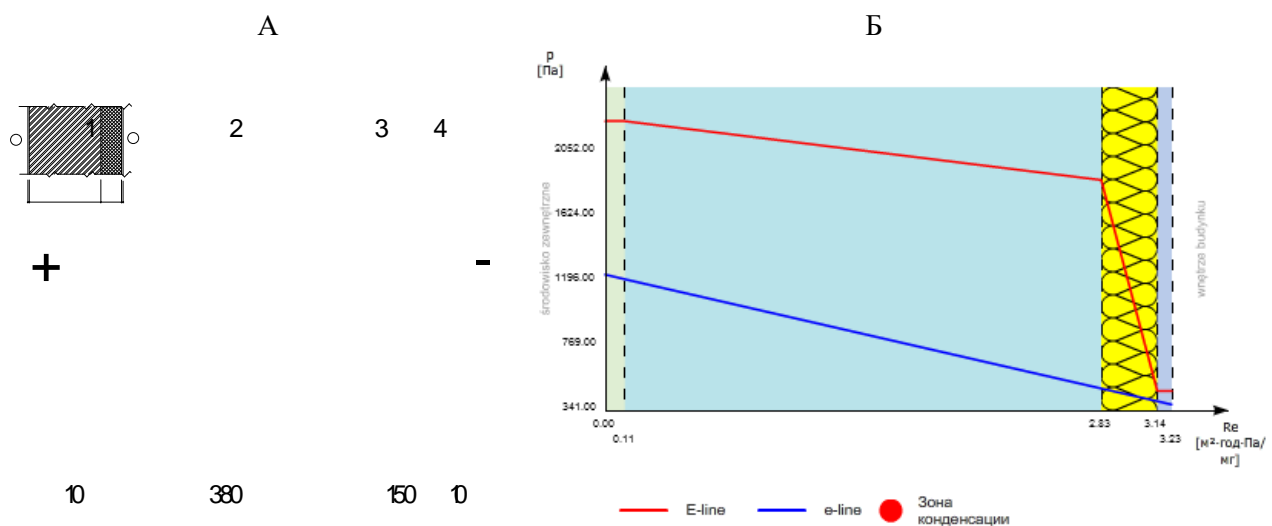


Рисунок 1. – Схематичне зображення конструкції зовнішньої стіни (А) і графічна інтерпретація результатів теплотехнічного розрахунку (Б): 1 – внутрішній оздоблювальний шар штукатурки; 2. – стіна з керамічної повнотілої цегли; 3 – утеплювач з мінеральної вати; 4 – шар зовнішнього оздоблення.

Необхідність широкого використання процесів трансформації Вітчизняного будівельного законодавства з метою імплементації законодавчо-нормативної бази і постійним наближенням до сучасних стандартів Євросоюзу приводять до того, що будівлі які були тепломодернізовані до 2022 року, знову ж таки можуть не відповідати вимогам сучасних будівельних норм. Аналітичними дослідженнями встановлено, що переважна більшість проектів термосанації зовнішніх огорожувальних конструкцій виконані із застосуванням технології «мокрый фасад» в якій передбачається, що теплоізоляційний матеріал приклеюється до стіни та закріплюється і дюбель-грибком, після чого клейовий розчин закріплюється армувальною полімерною сіткою. Запровадження заходів з трансформації теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій для таких будинків до вимог сучасних стандартів зовнішніх огорожувальних конструкцій являється неможливою без запровадження додаткових інженерно-технічних заходів

Протягом періоду розвитку будівельних технологій в 21 столітті на Українському будівельному ринку з'явилися десятки асортиментів теплоізоляційних будівельних матеріалів, що в сою чергу спричинило значний прорив будівництві для зведення енергозберігаючих огорожувальних конструкцій будівель. Нестримний розвиток нових технологій на підприємствах виробничої бази будівництва забезпечив появу сучасних теплоізоляційних матеріалів які порівняно з «застарілими аналогами» стали більш ефективними, екологічно безпечними і різноманітними. Отримані різновиди теплоізоляційних і конструкційнотеплоізоляційних матеріалів відповідають конкретним проектно-технологічним завданням будівництва – можливості будівництва висотних будівель, зменшення товщини огорожувальних конструкцій, зниження маси конструктивних елементів, зменшення питомої ваги будівельних матеріалів в сумі загально будівельних витрат, а відповідно і скорочення експлуатаційних витрат завдяки економії паливно-енергетичних ресурсів.

Фасадні системи комплексного утеплення з опорядженням панелями з вентиляльованим прошарком значно легше забезпечуватимуть вирішування питання зміни товщини раніше влаштованого утеплювача. Технологія «вентильований фасад» передбачає, що між теплоізоляційним матеріалом та зовнішнім облицюванням системи передбачається повітряний прошарок товщиною 20...50 мм. який надійно захищає теплоізоляційну систему від проникнення водяних парів і за рахунок цього остання завжди підтримується в сухому стані. Такий варіант багат шарового покриття фасаду в цілому не зазнає руйнівних впливів зовнішніх атмосферних факторів.

Враховуючи результати дослідження можливих варіантів термомодернізації огорожувальних конструкцій будівель, зокрема зовнішніх стін слід відмітити також, що одним з можливих раціональних шляхів проектування теплозахисного покриття зовнішніх стін будівлі є влаштування вентиляльованого фасаду. Фізикотехнічні процеси повітрообміну стверджують, що залишки підігрітого зсередини повітря разом з водяними парами будуть тимчасово знаходитись у замкнутому об'ємі повітряному прошарку і при сезонних змінах температур і охолодження масиву стіни вони можуть знову переміститись в конструкцію. Ймовірним є твердження, що конденсаційні процеси повітряної вологи не будуть відбуватись в повітряному прошарку через належну теплоізоляцію ззовні. Вивчення і аналітичні дослідження методики проектування елементів вентиляльованого фасаду для реалізації заходів по термомодернізації існуючих об'єктів нерухомості передбачали порівняння теплотехнічних показників традиційного «мокрого» оздоблення і показників для вентиляльованого фасаду. За основу проектування було прийнято конструкцію зовнішньої стіни, яка б задовільнила нормованим вимогам термічного опору –  $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Проведені розрахунково-аналітичні дослідження показують, що за результатами теплотехнічного розрахунку в умовах забудови для II кліматичного району розрахункове значення показника термічного опору конструкції зовнішньої стіни становить  $R=4,27 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , що відповідає нормованим вимогам  $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . З метою встановлення впливу геометричних параметрів повітряного прошарку на теплотехнічні показники конструкції було прийнято за основу конструкції зовнішніх стін наведену на рис. 1 з відповідними конструктивними характеристиками шарів. Дослідження впливу повітряних включень на зміну фізикотехнічних параметрів конструкції зовнішньої стіни проводились для різних товщин прошарку повітря. Так товщина прошарку між поверхнею стіни і внутрішньою поверхнею утеплювача варіювалась в межах від 20мм до 100 мм з кроком 20 мм. Моделювання прийнятих меж товщин повітряних прошарків пояснюється можливими технологічними рішеннями конструктивного виконання оздоблювально-ізолювального покриття і прогнозованими експлуатаційними параметрами забезпечення експлуатаційної надійності огорожувальної конструкції. Розрахунок теплотехнічних параметрів огорожувальної конструкції виконувались в програмному комплексі «ROCKPROJECT».

методика адаптована до вимог ДБН В.2.6.-31-2016 «Теплова ізоляція будівель», результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку теплотехнічних властивостей варіантів зовнішньої огорожувальної конструкції несучої стіни.

Товщина повітряного прошарку, мм	20	40	60	80	100
Показник термічного опору, м <sup>2</sup> ·К/Вт	4.635	4.932	5.324	5.624	5.835
Відносний показник зменшення тепловтрат порівняно з базовим варіантом, %	8.5	15.5	22.4	31.5	36.6

Аналізуючи отримані результати розрахунково-аналітичних досліджень можна стверджувати, що влаштування повітряного прошарку в теплоізолювальному покритті конструкції зовнішньої стіни забезпечить зменшення тепловтрат в приміщенні. Крім того приймаючи до уваги, що з зовнішньої сторони по відношенню до повітропроникності від «+» до «-», поверхня утеплювача герметична, можна стверджувати про наявність «нульових» температури прошарку в зовнішнє середовище. Наявність повітряного прошарку сприятиме акумулюванню теплової енергії в структурі масиву огорожувальної конструкції, що в свою чергу забезпечить дотримання нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях будівлі без зайвих тепловтрат через огорожувальні конструкції.

Інженерно-технічні рішення з влаштування повітряного прошарку у системі «вентильований фасад» суттєво впливає на довговічність експлуатації конструкцій стін. Наявність через перепадів тиску в обмежувальному просторі працює за принципом дії витяжної системи, внаслідок чого з утеплювача буде мігрувати надлишкова внутрішня волога. Наявність вентильованого повітряного прошарку сприятиме зниженню тепловтрат приміщення так як він по суті виконує роль демпферного температурного екрану.

#### Висновки

Обґрунтовано необхідність розробки і впровадження нових інженерно-технологічних заходів для реалізації держаної політики у сферах термомодернізації існуючих об'єктів нерухомості. Виконано моделювання і запропоновано варіанти раціональних організаційно-технічних рішень влаштування зовнішніх огорожувальних конструкцій стін з дотриманням нормованих експлуатаційно-технічних параметрів. В результаті проведених розрахунково-аналітичних досліджень підтверджено ефективність використання в технології термомодернізації конструкцій з вентильованими фасадами. Результати проведеного аналізу теплотехнічних розрахунків варіантів конструкцій вентильованого фасаду відображають позитивні тенденції підвищення теплоізолювальних в процесі варіювання товщини повітряного прошарку в конструкції ізолювально-захисного покриття.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смерека С.Б. Оцінка сучасного стану ЖКГ та обґрунтування можливості залучення та використання інвестиційних проектів у галузі / С. Б. Смерека // Формування ринкових відносин в Україні. – 2008. – №10(89). – С. 65-70.
2. «Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи». Довідник. //Упорядники НДІ проєктреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH и Instituts Wohnen und Umwelt. –2006. – 138 с.
3. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. / Схвалено Кабінетом Міністрів України // Розпорядження КМУ від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. – 72 с.
4. Сердюк В.Р., Енергозбереження в будівництві – вимоги сьогодення / В. Р. Сердюк, С. Ю. Франишина // Вісник ВПІ. – 2009. – №4. – С. 17-21.

**Бондаренко Володимир Сергійович** – студент групи БМ-22м, Факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [volodimirbondarenko497@gmail.com](mailto:volodimirbondarenko497@gmail.com).

**Христич Олександр Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua). ORCID: 0000-0003-0166-547X

**Bondarenko Volodymyr**, a student faculty building heating and gas supply, VNTU s. Vinnytsya. Email: [volodimirbondarenko497@gmail.com](mailto:volodimirbondarenko497@gmail.com).

**Khrystych Oleksandr**, associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnytsya national technical university, s.Vinnytsya. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua).

## ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ КОМУНАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Термомодернізація як засіб енергоефективного рішення з раціонального використання енергоресурсів. Розкриті переваги застосування даної технології.*

**Ключові слова:** термомодернізація, утеплення, енергоефективні рішення, сучасні технології.

### *Abstract*

*Thermal modernisation as a means of energy-efficient solution for the rational use of energy resources. The advantages of using this technology are revealed.*

**Keywords:** thermal modernisation, insulation, energy-efficient solutions, modern technologies.

### Вступ

Витрати на утримання будівель бюджетної сфери в Україні у два-три рази вищі, ніж у країнах Європейського Союзу. Це пов'язано зі старінням зовнішніх огорож, більшість з яких були побудовані ще за радянських часів, та низькою якістю інженерних мереж. Через обмеженість державного бюджету регулярне технічне обслуговування та належна експлуатація відповідно до чинних будівельних норм (ДБН) не проводяться, внаслідок чого будівельні конструкції та споруди перебувають у загалом незадовільному стані, а в деяких випадках в аварійному стані.

Архітектурні рішення та обрані будівельні технології при проектуванні муніципальних об'єктів не відповідають вимогам енергоефективності, що призводить до збільшення витрат на енергоносії. Відсутній моніторинг та контроль для ефективного управління енергоспоживанням, а рівень теплозахисту зовнішніх огорожувальних конструкцій є недостатнім. Використання фізично застарілих систем опалення призводить до неефективного використання теплової енергії та недогріву частини приміщень, що негативно впливає на тепловий комфорт [1].

### Основна частина

Оцінка поточного стану енергоспоживання в муніципальних будівлях виявила проблеми у сферах опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Недостатній рівень теплового комфорту та відсутність обліку енергоспоживання ускладнюють статистичний аналіз та можливість швидкого втручання. У світлі вищезазначеного, термомодернізація муніципальних будівель повинна включати комплекс заходів з поетапною реалізацією та врахуванням фінансових аспектів місцевих бюджетів.

Сучасні вимоги до навчальних закладів обумовлюють необхідність впровадження новітніх технологій, спрямованих на оптимізацію управління енергоресурсами та створення комфортних умов для навчання. Однією з ключових стратегій досягнення цієї мети є термомодернізація, яка передбачає впровадження сучасних технологій опалення, вентиляції, теплоізоляції та управління енергопотребою. Перш за все, термомодернізація спрямована на підвищення енергоефективності навчальних закладів. Застосування інтелектуальних систем управління енергопотребою дозволяє оптимізувати споживання енергії в залежності від погодних умов, кількості учнів та інших факторів. Це призводить до значного зменшення витрат та екологічного впливу навчальних закладів. Другий аспект термомодернізації — створення комфортних умов для навчання та роботи. Забезпечення оптимальної температури та вологості сприяє підвищенню продуктивності та здоров'я учасників навчального процесу. Модерні системи вентиляції забезпечують постійний подачу свіжого повітря, що є особливо важливим для забезпечення здоров'я та концентрації учнів [2;3].

Окремий аспект термомодернізації — використання інноваційних матеріалів теплоізоляції та вікон. Це дозволяє зберігати тепло в приміщеннях, зменшуючи витрати на опалення та поліпшуючи теплоізоляцію.

Термомодернізація в навчальних закладах — це не лише раціональне використання енергоресурсів, але й інвестиція в комфорт та здоров'я учасників навчального процесу. Інтеграція сучасних технологій у побудову та управління навчальними закладами визначає їх

конкуренентоспроможність та важливість для суспільства. Термомодернізація стає стратегічним напрямком розвитку освітнього сектору, сприяючи створенню ефективних та сучасних умов для освіти та самореалізації кожного учня.

### **Висновки**

В Україні витрати на утримання будівель бюджетної сфери перевищують аналогічні витрати в країнах Європейського Союзу у два-три рази. Це обумовлено старінням зовнішніх огорож, більшість з яких побудовані ще в радянські часи, та низькою якістю інженерних мереж. Обмежений державний бюджет ускладнює регулярне технічне обслуговування та належну експлуатацію, що призводить до незадовільного стану будівель та, в окремих випадках, аварійного стану.

Проаналізувавши основні проблеми, виявлені у муніципальних будівлях, ми пропонуємо термомодернізацію, як комплексний підхід до поліпшення енергоефективності та умов для навчання. Зазначається, що оцінка енергоспоживання вказує на проблеми в опаленні, гарячому водопостачанні та вентиляції, а також на відсутність ефективного моніторингу та контролю.

Важливим аспектом є необхідність впровадження новітніх технологій, спрямованих на оптимізацію управління енергоресурсами та створення комфортних умов для навчання. Термомодернізація включає в себе використання інтелектуальних систем управління енергопотребом, що дозволяє оптимізувати споживання енергії та значно зменшити екологічний вплив.

У світлі висловлених ідей та стратегій, термомодернізація навчальних закладів визначається, як раціональний та інноваційний шлях до покращення якості освіти. Інтеграція сучасних технологій в управління енергетикою та інфраструктурою освітніх закладів стає важливим чинником їхньої конкурентоспроможності та відзначає їхню роль у сучасному суспільстві. Термомодернізація, таким чином, визначається як стратегічний напрямок розвитку освітнього сектору, сприяючи створенню ефективних та сучасних умов для навчання та самореалізації кожного учня.

### **Список використаної літератури**

1. Передові системи термомодернізації будівель і споруд Електронний ресурс. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/10/27/Thermal%20modernization.pdf>
2. Термомодернізація будівель закладів вищої освіти – проблеми та рішення. Електронний ресурс. Режим доступу [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44035/1/eete2020-2\\_p17-26.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44035/1/eete2020-2_p17-26.pdf)
3. Термомодернізація будівель. Електронний ресурс. Режим доступу: [https://profbook.com.ua/index.php?route=product/product/download&product\\_id=4925&download\\_id=1763](https://profbook.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=4925&download_id=1763)

*Гуменюк Олександр Васильович* – студент групи БМ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Швець Віталій Вікторович* – канд. техн. наук, зав. кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: [v.shvets@vntu.edu.ua](mailto:v.shvets@vntu.edu.ua), м. Вінниця.

*Oleksandr Humeniuk* - student of BM-22m group, faculty of building civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya

*Shvets Vitaliy* – Ph.D. head of Department urban construction and economy in Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ БЕЗ ПОВНОГО ВИВЕДЕННЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Запропоновані методи виконання будівельних робіт в будівлі, яку частково продовжують експлуатувати. Приведені варіанти виконання реконструкції.*

**Ключові слова:** реконструкція будівлі, часткова експлуатація будівлі, методи реконструкції.

### *Abstract*

*Methods of performing construction work in a building that is partially still in use. Options for reconstruction are presented.*

**Keywords:** reconstruction of a building, partial operation of a building, methods of reconstruction.

### Вступ

Реконструкція будівлі є необхідним етапом у життєвому циклі будівлі, який дозволяє покращити її функціональність, енергоефективність та естетичність. Однак часто роботи з реконструкції пов'язані з виведенням будівель з експлуатації, що завдає шкоди власникам та користувачам, особливо, коли будівля носить стратегічне призначення, або не має можливості повного виведення її з експлуатації на необхідний для реконструкції термін. Розглянемо стратегії та підходи, спрямовані на підвищення ефективності робіт з реконструкції без виведення будівель з експлуатації [1,2].

### Основна частина

Реконструкція будівлі – це складний і багатоетапний процес, який часто пов'язаний із значними труднощами для експлуатації приміщення. Проте, з правильним підходом та технологічними інноваціями, можна забезпечити підвищення ефективності робіт без виведення робіт з експлуатації. Реконструкція будівель без виведення їх з експлуатації є постійним завданням у сучасному будівельному процесі, який дозволяє підвищити ефективність використання коштів з дотриманням безпеки споруди, особливо це відноситься до тих будівель, які несуть стратегічне значення. Коли необхідно забезпечити їх відповідність сучасним нормам та стандартам, а також продовжити їх термін служби. У даному контексті важливо розглядати різні аспекти, такі як технічні інновації, безпека робіт, управління проектом та інші фактори [3,4].

Ефективне планування – це ключовий етап реконструкції. Використання сучасних методів керування проектами таких, як методологія інформаційного моделювання будівель (BIM), дозволяє налаштувати оптимальний порядок робіт і уникнути затримок. BIM є потужним інструментом для оптимізації процесів реконструкції. Він дозволяє створити віртуальну модель будівлі, яка включає всі дані про конструкції, матеріали та системи. Це сприяє кращому управлінському проекту та зменшенню ризиків[5].

Першим кроком у підвищенні ефективності робіт є детальна діагностика стану будівлі. Використання сучасних технологій, сенсорів для вимірювання вібрацій та температурних змін, дозволяють отримати точні дані про стан конструкції, а також унеможливити травматизм людей, які продовжують знаходитись в будівлі, де виконуються будівельні роботи.

Потрібно зазначити, що моніторинг інженерних систем під час робіт є ключовим аспектом для уникнення аварій та збереження функціональності будівлі. Автоматизовані системи можуть виявляти проблеми з роботою системи опалення, кондиціонування повітря, електромережі та інших інженерних комунікацій. Підвищення ефективності робіт з реконструкції будівель без виведення з експлуатації може включити в себе ряд стратегій та сприяють покращенню цього процесу:

1. Фазове виконання робіт.
2. Розподіліть роботу на фази та визначте послідовність виконання, це дозволяє зберегти частково експлуатовані частини будівлі.
3. Використання інноваційних технологій.

4. Застосування віртуальна реальність (VR) та будівельне моделювання (BIM), для аналізу та планування реконструкції.

5. Максимально використовувати доступний простір для робіт, що уникнути виведення з експлуатації цілих будівель або поверхів.

### Висновки

Реконструкція будівель – це важливий етап у їхньому життєвому циклі, спрямований на покращення функціональності, енергоефективності та естетичного вигляду. Незважаючи на складність і багатоетапність процесу реконструкції, важливо підкреслити, що з правильним підходом та використанням сучасних технологій можна досягти підвищення ефективності робіт без виведення будівель з експлуатації.

Особливу увагу слід звернути на стратегії та підходи, спрямовані на збереження функціональності будівель під час реконструкції, особливо тих, які мають стратегічне значення або не можуть бути повністю виведені з експлуатації. Застосування сучасних методів керування проектами, таких як BIM, може сприяти оптимізації процесів та зменшенню ризиків.

Детальна діагностика стану будівель, з використанням новітніх технологій та сенсорів, є важливим етапом у забезпеченні точних даних про стан конструкції та забезпеченні безпеки працівників, які залишаються в будівлі під час реконструкції. Моніторинг інженерних систем грає ключову роль у уникненні аварій та забезпеченні нормальної функціональності будівлі.

Зазначаючи важливість підвищення ефективності робіт з реконструкції, слід враховувати різні аспекти, включаючи технічні інновації, безпеку робіт, управління проектом та інші фактори. Реалізація цих стратегій та підходів може значно полегшити процес реконструкції будівель та покращити їхню ефективність.

### Список використаної літератури

1. Реконструкція будинків перших масових серій – засада сталого розвитку мікрорайонів і кварталів міст: Електронний ресурс. Режим доступу: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v27i1.5>

2. Є. В. Клименко Технічна експлуатація і реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник – Київ: «Центр навчальної літератури» 2004. – 304 с.  
ISBN 966-8253-90-9

3. О. В. Якименко, К.О. Кіктьова Технічна експлуатація будівель і споруд: навчальний посібник – Харків: нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова – ХНУМГ ім. О.М. Бекетова: 2019.—247с.

4. Обстеження, випробування та експлуатація будівель і споруд : навчальний посібник / М. М. Корзаченко, І. О. Прибисько, Т. Р. Ганєєв, М. Г. Болотов. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 110 с.

5. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються.

*Мак Дмитро Юрійович* – студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Швець Віталій Вікторович* – канд. техн. наук, зав. кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: v.shvets@vntu.edu.ua, м. Вінниця.

*Dmytro Mak* - student of 1B-22m group, faculty of building civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya.

*Shvets Vitaliy* – Ph.D. head of Department urban construction and economy in Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МОНОБЛОКІВ У ВБУДОВАНИХ ПРИМІЩЕННЯХ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовані «супутникові» вентиляційні канали. Розкрито переваги застосування даної технології.*

**Ключові слова:** *«супутникові» вентиляційні канали, конструкції, вентиляційні блоки, швидке зведення.*

### *Abstract*

*Analyzed "satellite" ventilation channels. Revealed the advantages of using this technology.*

**Keywords:** *"satellite" ventilation ducts, structures, ventilation blocks, quick assembly.*

### **Вступ**

Сучасні технології в будівництві постійно знаходять нові рішення для оптимізації комфорту та енергоефективності житлових приміщень. Однією з інноваційних конструкцій, яка здобуває популярність у сфері будівництва, є використання «супутникових» вентиляційних каналів з залізобетону. «Супутникові» вентиляційні канали виготовляються з високоміцного залізобетону, що надає їм високу міцність та тривалий термін служби. Вони можуть бути вбудовані в стіни та стелі будівель, забезпечуючи ефективну систему вентиляції.

### **Основна частина**

Завдяки своїй конструкції «супутникові» вентиляційні канали забезпечують рівномірний розподіл повітря по всьому приміщенню. Це допомагає уникнути місцевих зон перегріву чи сирості, що часто є проблемою в приміщеннях з великою кількістю вбудованих елементів. Ефективна вентиляція важлива для забезпечення оптимальної якості повітря у будівлях. Застосування "супутникових" вентиляційних каналів дозволяє створити систему, яка забезпечує ефективне видалення несвіжого повітря та відновлення свіжого повітря у приміщеннях. Це особливо важливо для будинків з вбудованими приміщеннями, де може накопичуватися волога та запахи [1].

В свою чергу вентиляційні канали, виконані з залізобетону, мають численні переваги порівняно з традиційними матеріалами. Залізобетон відомий своєю високою міцністю та довговічністю, що робить його ідеальним матеріалом для конструкцій, які вимагають стійкості та надійності. Крім того, залізобетон володіє властивістю незначною мірою реагувати на великі температурні коливання, що дозволяє забезпечити стабільні умови у вентиляційних системах. Особливо важливо для вентиляційних систем, які повинні функціонувати безперервно протягом тривалого періоду часу. Залізобетонні конструкції також дозволяють створити ефективні і герметичні вентиляційні шляхи, відповідно до свого призначення. Це особливо важливо для будинків з вбудованими приміщеннями, де потрібно враховувати розміщення стін та перегородок[2].

Однією з переваг технології у цьому напрямку є саме використання збірних вентиляційних каналів, що входять в різноманітні типові серії. Ці серії розроблені з урахуванням різних архітектурних особливостей і потреб будівельного процесу. Вони включають у себе основні необхідні розміри, форми та технічні характеристики, що роблять їх універсальними для застосування у будь-якому типі багатоповерхових будівель.

Застосування «супутникових» вентиляційних каналів з залізобетону при зведенні житлових будинків з вбудованими приміщеннями є перспективним напрямком, що дозволяє поєднати стійкість конструкцій, ефективність вентиляційної системи та економічний фактор, зменшуючи затрати на монтажних роботах. Це рішення сприяє створенню здорового та енергоефективного



середовища у сучасних житлових просторах з точки зору зменшення технічних операцій, так як такий вентиляційний блок представлений одним монтажним елементом [3].

### Висновки

Важливим аспектом використання «супутникових» вентиляційних каналів є їх внесок у створення ефективної системи видалення та відновлення повітря у приміщеннях. Це особливо актуально для будівель з вбудованими приміщеннями, де може накопичуватися волога та запахи.

Залізобетон, обраний як матеріал для вентиляційних каналів, демонструє свою високу міцність та довговічність. Це робить його ідеальним для конструкцій, які вимагають стійкості та надійності. Залізобетон також володіє властивістю стійкості до температурних коливань, що дозволяє створити стабільні умови у вентиляційних системах, особливо важливо для систем, які функціонують безперервно.

Технологія виготовлення залізобетонних вентиляційних каналів у різноманітних типових серіях забезпечує універсальність застосування у будь-якому типі багатоповерхових будівель. Це сприяє ефективній і економічно обгрунтованій реалізації проектів, зменшуючи затрати на монтаж та підтримку систем вентиляції.

Враховуючи вищезазначені переваги, можна зробити висновок, що використання супутникових вентиляційних каналів з залізобетону у будівництві є обгрунтованим та перспективним рішенням для забезпечення чистого повітря та енергоефективного середовища у сучасних житлових просторах.

### Список використаної літератури

1. Вентиляційні блоки: особливості, характеристики, підказки щодо вибору: ТОВ «Бетон-компані» м. Київ: Електронний ресурс. Режим доступу: <https://beton-company.com.ua/ventilyatsionnye-bloki-osobennosti-harakteristiki-podskazki-po-vyboru/>.
2. Вентиляційні блоки: виготовлення, маркування, види та монтаж: ТОВ «Тривіта» м. Київ: Електронний ресурс. Режим доступу: <https://trivita.ibud.ua/ua/polnaya-statya-companii/ventilyatsionnye-bloki-izgotovlenie-markirovka-vidy-montazh-71098>
3. ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови.

*Мазур Олександр Володимирович* – студент групи 1В-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Швець Віталій Вікторович* – канд. техн. наук, зав. кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: v.shvets@vntu.edu.ua, м. Вінниця.

*Oleksandr Mazur* - student of 1B-22m group, faculty of building civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya.

*Shvets Vitaliy* – Ph.D. head of Department urban construction and economy in Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОБЛОКІВ В СТІНАХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто найбільш ефективні сучасні енергозберігаючі стінові будівельні матеріали, які є економічно доцільними та ефективними для зведення малоповерхових житлових будинків*

**Ключові слова:** будівельні матеріали, стінові блоки, теплоізоляція, енергозбереження, характеристики будівельних матеріалів, термоблоки.

### *Abstract*

*The most efficient modern energy-saving wall construction materials that are economically feasible and effective for the construction of low-rise residential buildings are considered.*

**Keywords:** building materials, wall blocks, thermal insulation, energy saving, characteristics of building materials, thermoblocks.

### Вступ

У зв'язку з повномасштабним вторгненням агресора на територію України, значно зріс відсоток населення, що потребує житло. Важливими показниками житла є економічність, енергоефективність та швидкість його зведення. У зв'язку зі світовою тенденцією, що до енергозбереження виникає потреба у застосовуванні енергоефективних будівельних матеріалів. Зарубіжний досвід показує, що одним з найефективніших шляхів виходу з кризової ситуації, що створилася, є скорочення витрат тепла через захисні конструкції будівель та споруд.

### Результати дослідження

Одним із шляхів економії енергоресурсів у житлово-комунальному секторі є зменшення втрат теплоти через зовнішні огорожувальні оболонки будинків, що досягається за рахунок введення в експлуатацію нових будинків з підвищеними теплозахисними властивостями та утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівель старої забудови. Із введенням в дію нового нормативного документа ДБН В.2.6-31:2006 [1], суттєво підвищилися вимоги щодо рівня теплоізоляційного захисту огорожуючих конструкцій будівель. На сьогодні існує велика кількість різноманітних систем утеплення фасадів будинків та теплоізоляційних матеріалів, які використовуються в цих системах. [2].

Майже 25% тепла втрачається через стіни. Одним із способів зменшити витрати є впровадження термоблоків для зведення будинків та підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Термоблок являється високотехнологічним продуктом в будівельній індустрії, високої заводської готовності і призначений для зведення зовнішніх огорожувальних конструкцій (несучих, самонесучих та для заповнення каркасів) житлових, громадських, опалювальних промислових і сільськогосподарських будівель.

Якщо говорити про використання будівельними організаціями для зведення стін будівель блоків з підвищеними показниками теплоізоляції, то найчастіше застосовують газобетонні, пінобетонні, полістиролбетонні, керамзитобетонні, а також саман та арболіт.

Газоблок – будівельний матеріал, який складається з кварцового піску, вапна, води, портландцементу та не великої кількості алюмінієвої пудри, що при хімічній реакції утворює пори. Виготовляється при автоклавній обробці, або без неї. Це не горючий матеріал з високим водопоглинанням, низкою теплопровідністю та високою теплоізоляцією. За несучою здатністю газоблок можна використовувати не більше чим на 3-х поверхову будівлю з армуванням через 3-4 шари кладки, в більшості викори-

стовують у каркасно-монолітних будинках. Газоблок є крихким матеріалом, але легким в обробці та швидко монтується.

Полістиролбетонний блок – будівельний матеріал, який складається з піску, кульок-гранул спієного полімеру і цементу, що утворює міцну структурну решітку. Це не горючий матеріал з низьким водопоглинанням, низкою теплопровідністю та високою теплоізоляцією. Монтаж блоку першого шару здійснюється на гідроізолюючий матеріал, щоб захистити стіну від водопоглинання.

Піноблок – будівельний матеріал який складається з піску, води, цементу, пластифікатору, та піноутворювача, що при змішуванні утворює пори. Це не горючий матеріал з низьким водопоглинанням, низкою теплопровідністю та високою теплоізоляцією. Для того, щоб він зберігав тепло, зменшити водопоглинання і захистити від атмосферних впливів його потрібно оштукатурити з обох боків. Не потребує додаткової штукатурної сітки. Цей матеріал не дорогий і екологічний.

Керамзитоблок – це будівельний матеріал, який складається на 80-85 % з керамзиту та 15-20 % з води, цементу та пластифікатору, який додатково збільшує щільність блоку. Він є негорючим матеріалом з низьким водопоглинанням, високою паропровідністю.

Саманний блок – це будівельний матеріал, який складається 90% глини середньої жирності, а в якості наповнювача служить дрібно нарізана солома або інші волокнисті рослини. Для того, щоб зменшити водопоглинання і захистити від атмосферних впливів його потрібно оштукатурити, але для цього потрібна додаткова штукатурна сітка. Цей матеріал не дорогий і екологічний. За несучою здатністю саман можна використовувати не більше ніж на одноповерхову будівлю, в більшості це складські приміщення.

Арболіт – будівельний матеріал, який складається з цементу, деревної тріски і органічних матеріалів, що утворює міцну структурну решітку. Це не горючий матеріал з високим водопоглинанням, низкою теплопровідністю та гарною теплоізоляцією. Переваги та недоліки надані в табл. 1. [3]

Таблиця 1 Морфологічна матриця можливостей використання теплоізоляційних будівельних матеріалів в стінах будівель

№ з-п	Показники	Пінобетон	Газобетон	Керамзитобетон	Арболіт	Саман	Полістиролбетон
1	Термічний опір	+	+	+/-	+	-	+
2	Екологічність	+	+	+/-	+/-	+	-
3	Вогнестійкість	+	+	+	-	+	+/-
4	Водопоглинання	+/-	-	-	-	+/-	+
5	Морозостійкість	+/-	-	+/-	+/-	-	+/-
6	Звукоізоляція	+/-	-	+	+	+	+
7	Паропровідність	+/-	+	-	+/-	+	-
8	Геометрія матеріалу	+/-	+	+/-	+/-	-	+
9	Зручність монтажу	+/-	+	+/-	+	-	+
10	Обробка матеріалу	+/-	+	+/-	+	+	+
11	Міцність матеріалу	+/-	+/-	+	+	-	+/-
12	Довговічність	+/-	+/-	+	-	-	+
13	Вартість	+/-	-	+/-	-	+	-

Проведений аналіз сучасного вітчизняного ринку стінових будівельних матеріалів показав, що на сьогодні більш ефективно будівельні організації для зведення будівель використовують стінові блоки, які мають найбільші технологічні показники та максимально виготовлені на підприємстві. В подальшому такі блоки не потребують тривалих та затратних технологічних процесів на будівельному майданчику.

### Висновки

- Сучасне будівельна галузь потребує суттєвого збільшення темпів будівництва. Цьому якнайкраще сприяє використання екологічних, енергоефективних та міцних стінових матеріалів, таких як термоблоки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Київ: Мінбуд. України, 2022. 27 с. (Державні будівельні норми України).
2. V Shvets, M Maksymenko. "БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ ВІД ТЕПЛОТРАТ ANALYSIS OF EXISTING WAYS TO PROTECT BUILDINGS AGAINST HEAT LOSS."
3. Швець В.В., Слівінський В.В., Козак В.Ю. Огляд високотехнологічних енергоефективних стінових матеріалів на прикладі теплоблоку. XLIX Науково-технічна конференція, Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9949>.

**Шиндеровський Андрій Сергійович** — студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Моргун Алла Серафимівна** — д.т.н., професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницького національного технічного університету; [alla@morgun.com.ua](mailto:alla@morgun.com.ua), <https://orcid.org/0000-0002-4701-339>.

**Shynderovskyi A** — student of 1B-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Supervisor: **Morghun A** — Professor of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture; Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [morgunallaS@gmail.com](mailto:morgunallaS@gmail.com).

## ФОРМУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ТА ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОРЕНДНОГО ЖИТЛА ДЛЯ МОЛОДИХ СІМЕЙ: НА ПРИКЛАДІ МІСТА ЛЬВОВА

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Стаття присвячена аналізу та формуванню ефективних стратегій у сфері будівництва та планування орендного житла для молодих сімей, зокрема на прикладі міста Львова. Акцент роботи робиться на вивченні особливостей міської інфраструктури, врахуванні потреб молоді у комфортних та функціональних просторах, а також розгляді практичних прикладів та інноваційних підходів у сфері житлового будівництва. Дослідження ставить перед собою завдання визначити оптимальні моделі житла для молодих сімей, які відповідають сучасним стандартам життя та сприяють сталому розвитку міста Львова. Результати роботи можуть бути використані як підстава для розробки міських стратегій та програм, спрямованих на покращення умов проживання для молоді та загального розвитку міста.*

**Ключові слова:** орендне житло, молоді сім'ї, будівельні рішення, планування простору, міська житлова політика, житлові програми для молодих, інфраструктура для молоді, сталі житлові проекти, сприяння молодим сім'ям у житловому питанні.

### **Abstract**

*The article is devoted to the analysis and formation of effective strategies in the field of construction and planning of rental housing for young families, particularly on the example of the city of Lviv. The emphasis of the work is on studying the peculiarities of the city infrastructure, taking into account the needs of young people in comfortable and functional spaces, as well as considering practical examples and innovative approaches in the field of housing construction. The study sets itself the task of determining optimal housing models for young families that meet modern living standards and contribute to the sustainable development of the city of Lviv. The results of the work can be used as a basis for the development of city strategies and programs aimed at improving living conditions for young people and the overall development of the city.*

**Keywords:** rental housing, young families, construction solutions, spatial planning, urban housing policy, housing programs for young people, infrastructure for young people, sustainable housing projects, assistance to young families in housing.

### **Вступ**

В сучасному глобальному контексті, де рівень міської індустріалізації та зростання населення мають безпрецедентний характер, питання доступу до достатньої кількості житла стає визначальним в аспекті соціальної стабільності та розвитку. Особливо гостро це відчувається в контексті молодих сімей, які, вступаючи в новий етап свого життя, стикаються з викликами насиченого міського середовища. Специфічні потреби та обмежені ресурси часто роблять завдання забезпечення якісного та доступного житла для молодих сімей складним завданням.

Місто Львів з його власною унікальною історією, культурою та архітектурою є досконалим об'єктом для вивчення цих проблем. Вибір саме Львова як об'єкта дослідження має важливий контекст: розмаїття його житлових зон, соціокультурна динаміка та економічні особливості вносять свіжі висновки та рекомендації до загального обговорення формування житлового простору для молодих сімей.

У даному дослідженні розглядається не лише питання створення нового житла для оренди, а й важливий аспект планування простору та узгодження його з потребами молодого покоління. Підкреслюються необхідність інноваційних та урбаністичних рішень, що сприятимуть впровадженню позитивних змін у соціально-економічному та культурному аспектах міста Львова [1].

## Основна частина

Мета даного дослідження – розробити архітектурно-типологічні основи формування архітектурно-планувальних рішень житла, що здається в оренду, для молодих сімей з урахуванням енергозаощаджувачих технологій в будівництві.

Об'єктом дослідження є житло, що здається в оренду, призначене для молодій сім'ї.

Предметом дослідження є типологічні особливості архітектурно-планувальних рішень будівель і квартир, що здаються в оренду молодій сім'ї.

Розглянуто етапи розвитку архітектурно-планувальних рішень орендних будинків та сучасні архітектурно-планувальні рішення орендних будинків, а також їх об'ємно-планувальні рішення. Встановлено що, збудовані орендні будинки не пристосовані до господарсько-побутових особливостей різних типів соціальних верств населення, у тому числі молодих сімей. Розглянуто докладніше, які вимоги можуть пред'являтися до житла молодим сім'ям, що здається в оренду, і в чому їх специфіка [2,3].

При розробці архітектурно-планувальних рішень сучасних орендних будинків йдеться не просто про дах над головою, а про створення житла, що відповідає вимогам та критеріям певного соціального прошарку населення з урахуванням сучасних умов комфорту.

У рамках даної роботи розглядається соціальний прошарок населення – молода сім'я, – як один з тих, хто найбільше потребує забезпечення житлом. Даному класу властиві свої особливі уподобання до архітектурно-планувальних рішень орендного будинку. Для з'ясування цього проведено два анкетні опитування. Для першого опитування було розроблено анкету, яка включала 12 питань. По ній було опитано 130 респондентів.

Аналіз відповідей виявив переваги молодих людей в архітектурно-планувальних рішеннях орендного будинку.

Для другого опитування було складено анкету, яка включала більш детальні питання, для уточнення деяких переваг даного верства населення до архітектурно-планувальних рішень орендного будинку. Анкета складалася із 30 питань. По ній було опитано 100 респондентів. Аналіз результатів опитування дозволив визначити побажання молодих сімей до архітектурно-планувальних рішень квартир, що здаються в оренду, а також отримати додаткові відомості про їх переваги.

Критерієм відбору респондентів була їхня відповідність визначенню “Молода сім'я”. У опитуваннях також взяли участь молоді люди, які мають намір найближчим часом створити сім'ю. Загалом в опитуванні брали участь 135 молодих сімей та 95 потенційних молодих сімей. Молоді сім'ї з дітьми становили 45 пар від загальної кількості молодих сімей [4].

Згідно з анкетним опитуванням респондентів, у віці 20 років 46% живуть спільно з батьками, 33% винаймають квартиру в звичайному багатоквартирному житловому будинку і лише 21% мають окрему квартиру. При досягненні віку подружжя молодій сім'ї 25 років ситуація не зазнає сильних змін: 53% опитаних продовжують жити з батьками, мають окремі квартири 26%, орендують їх у звичайному багатоквартирному будинку - 21%. Кількість респондентів у віці 30 років, які проживають із батьками, становить майже половину від усіх опитаних молодих сімей (близько 46%); кількість квартир, що орендують, у звичайних багатоквартирних будинках підвищується майже вдвічі до 39%, а молодих сімей, що мають окрему квартиру, трохи падає до 15%. Незважаючи на досягнення молодого подружжя віком 35 років, 30% з них проживають з батьками, а мають окрему квартиру або орендують її у багатоквартирному житловому будинку по 35%. При цьому 76% респондентів відповіли, що вони не задоволені своїми житловими умовами і за можливості збільшення квартири 70% молодих сімей віддали б перевагу рівномірному збільшенню всієї квартири (Рис 1).

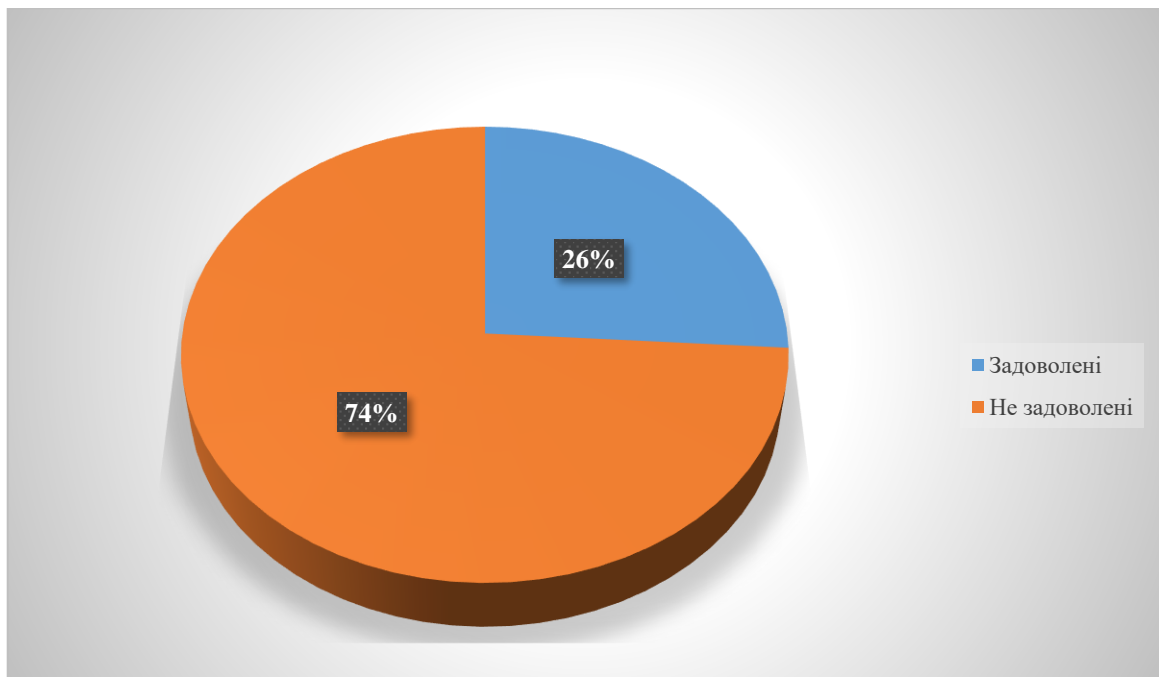


Рис. 1 – Показники вибуття житлового фонду у старий та аварійний по країні в цілому

## ВИСНОВКИ

Пріоритет у збільшенні площі наступний: житлова кімната – 57%, кухня – 29%, комора – 6%, передня/хол та ванна по – 4%. Дослідником наголошується, що: “незадоволеність молодих сімей своїми житловими умовами пов’язано з такими факторами:

- 1) дорожня оренда житла;
- 2) проживання з батьками чи іншими родичами;
- 3) невелика житлова площа;
- 4) погані технічні характеристики житла.

З урахуванням потреб молодих сімей слід проектувати раціональне житло із застосуванням усіх енергозощаджуючих технологій. Щоб придбання такого житла і подальша експлуатація його відповідала сімейному бюджету.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Чинний від 2019-10-01. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2019. 183 с.
2. Адамов Б.І., Пілюшенко В.Л., Шкрабак І.В. Управління інноваційно-інвестиційним розвитком території: монографія. — Донецьк: ВІК, ДонДУУ, 2007. — 317 с.
3. Дорофійенко В.В., Гончаров В.М., Лобас В.М., Алфьорова І.Є., Гончаров Є.В. Фінансовий та організаційно-інвестиційний механізм державного управління розвитком соціально-економічної інфраструктури: монографія. — Донецьк: СПД Купріянов В.С., 2010. — 220 с.
4. Качала Т.М. Житлово-комунальне господарство в системі міського комплексу / Т.М. Качала; Мво освіти і науки України, Черкас. держ. техн. унт. — К.: Наукова думка, 2008. — 416 с.

**Четвертуха Владислав Русланович** – студент 2-го курсу магістратури, група 2Б-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, vtya.adju13@gmail.com

**Лялюк Олена Георгіївна** – к. т. н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, науковий керівник. e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

**Chetvertukha Vladyslav Ruslanovych** - 2nd year master's student, group 2B-21m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, vtya.adju13@gmail.com

**Lyalyuk Elena** - Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОГО СВІТЛА В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У статті проаналізовано проблеми інсоляції та забезпечення сонячного світла в умовах щільної забудови, огляд та врахування сонячного випромінювання у міському середовищі.*

**Ключові слова:** інсоляція, сонячне світло, освітлення, міське середовище.

### *Abstract*

*The article analyzes the problems of insolation and solar energy provision in dense buildings, reviewing and taking into account solar radiation in the urban environment.*

**Keywords:** insolation, sunlight, lighting, urban environment.

### Вступ

Міське середовище розвивається і завдання полягає в тому, щоб забезпечити оптимальне сонячне випромінювання в будівлях та міських територіях. Це важливо не лише для комфортного проживання, але й для оптимізації енергоспоживання та сталого розвитку міст. Сонячне випромінювання у міському середовищі вимагає відповідності архітектурних рішень та географічних особливостей території, при цьому враховуючи розуміння впливу міського планування на розподіл сонячної радіації.

У сучасних умовах це стає ключем до комфорту, енергоефективності і підтримки здорового простору. Тому розуміння важливості денного світла є невід'ємною частиною створення ефективних і комфортних міст.

Зростаючий попит на міський простір створює виклики для розвитку сучасних міст. Щоб забезпечити ефективне використання сонячного світла, необхідні дослідження, розуміння та первинний досвід його використання. Надалі це питання стає особливо загостреним і створює середовище для подальшого його розкриття.

### Результат дослідження

Інсоляція – опромінення земної поверхні, будівель і споруд сонячною радіацією усіх видів, що справляє світловий, тепловий і бактерицидний вплив. В містобудуванні та архітектурі вимірюється тривалістю опромінення поверхонь, год./добу. Таким періодом є 2,5 години у разі безперервного освітлення, а також 3 години, коли між попаданням променів сонця є перерви [1].

Нормування інсоляції:

1. Інсоляція нормується на наступних об'єктах :

а) у основних функціональних приміщеннях громадських будинків:

б) у житлових будинках:

в) на територіях різного призначення:

Управління сонячного освітлення (радіації) в міському середовищі - це процес оптимізації освітлення та використання сонячної енергії в будівлях і на міських територіях. Основною метою є забезпечення оптимальних рівнів освітлення, які впливають на комфортні умови проживання та роботи в містах. Це



важливо для досягнення енергоефективного та сталого міського середовища за рахунок зменшення споживання енергії та підвищення екологічної стійкості.

Процес забезпечення надходження сонячного світла вимагає врахування низки факторів, включаючи орієнтацію будівлі, методи скління та використання технологій, які ефективно використовують сонячну енергію. Крім того, при проектуванні будівельних рішень слід також враховувати вплив містобудування і топографії, які впливають на розподіл сонячного випромінювання.

Оптимальне використання сонячного світла не лише забезпечує ефективне використання енергії, але й сприяє створенню здорового та комфортного міського середовища. З огляду на зростаюче значення сталого розвитку та енергоефективності, використання сонячної радіації є важливим кроком у розвитку міст.

Забезпечення використання сонячного світла в міському середовищі вимагає ретельного планування та розробки архітектурних рішень. Наприклад, необхідно враховувати шляхи проходження сонячних променів і правильно розташовувати зони, які потребують більш інтенсивного сонячного випромінювання. Крім того, вибір матеріалів для скління та використання технологій скління і тенденцій енергоефективності можуть допомогти оптимізувати внутрішнє освітлення та зменшити витрати на електроенергію[2].

Ефективне використання сонячного випромінювання в міських районах вимагає розробки механізмів для поліпшення передачі природного світла в будівлі, в той час як ефективне розміщення і використання зелених насаджень сприяє оптимальному розподілу світла і тепла. Крім того, важливо розробляти і впроваджувати інноваційні технології та матеріали для покращення освітлення в містах.

Архітектурні рішення, спрямовані на оптимізацію сонячного освітлення в міському середовищі, включають[3]:

- Максимізація природного освітлення в будівлях шляхом розміщення будівель з урахуванням рельєфу місцевості. Азимут впливає на кількість світла, що потрапляє в будівлю протягом дня;
- Розміщення вікон для максимального використання природного світла, а також використання спеціальних матеріалів для максимального пропускання світла та контролю сонячної радіації;
- Внутрішнього озеленення для максимального проникнення світла в будівлю;
- Використання світловідбиваючих матеріалів, оптимізоване планування освітлення та використання інтелектуальних систем освітлення для забезпечення належних умов освітлення всередині будівель;
- Сонячні панелі і технології для збору сонячної енергії та її використання для освітлення і енергопостачання будівель;
- Системи, які автоматично керують освітленням у будівлях для оптимізації використання природного світла відповідно до потреб користувачів та умов навколишнього середовища;
- Поєднання вискоелефективних матеріалів, конструкцій і планування будівель для досягнення оптимального балансу між споживанням енергії та природним освітленням.

Загалом, управління сонячним світлом в міському середовищі вимагає комплексного підходу та співпраці між архітекторами, інженерами, містобудівниками та мешканцями для створення сталих і комфортних міст, які відповідають потребам сучасного суспільства.

Для забезпечення оптимального сонячного випромінювання в міському середовищі необхідно проаналізувати міське планування та максимізувати потенціал природного освітлення, беручи до уваги щільність забудови та зонування. Розробка будівельних рішень для оптимізації внутрішнього освітлення включає вибір матеріалів, орієнтацію будівлі та розвиток внутрішньої інфраструктури для покращення якості природного освітлення в будівлях.

Методи скління, спрямовані на збільшення світлопроникності та розумне використання природних елементів, можуть створити оптимальні умови освітлення в міському середовищі. Глибокий аналіз розподілу сонячних променів на міських територіях є ключем до максимізації сонячної та освітлювальної ефективності з урахуванням сезонних і добових коливань світлового потоку.

.....

## Висновки

Отже, після розгляду деяких рішень для оптимізації сонячного випромінювання в міському середовищі можна виділити важливість врахування географічних та архітектурних факторів, а також співпраці різних фахівців для розробки інноваційних рішень, які сприятимуть оптимальному використанню інсоляції, визначають успіх цього процесу. Стратегічне планування та реалізація архітектурних концепцій, спрямованих на максимізацію світлопроникності та контроль сонячного світла, зроблять міста більш сталими, здоровими та сприятимуть досягненню енергоефективних та екологічно чистих просторів.

Підсумовуючи, оптимальне використання денного світла в міському середовищі визначає успішне та стає містобудування. Ретельне планування, розробка архітектурних рішень та співпраця фахівців дозволяють створити ефективне використання новітніх розробок та матеріалів, що надасть можливість покращити містобудівний простір та створити стає міське середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.
2. ДБН-360-92. – К. Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень. [Чинний від 21.06.2011]. Київ : Держбуд України, 2018. – 20 с.
3. О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черносова. Планування і благоустрій міст. Харків : ХНАМГ, 2011. - 191 с.

**Сологуб Марина Сергіївна** — студентка групи БМ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [marina75sologyb@gmail.com](mailto:marina75sologyb@gmail.com)

**Кучеренко Лілія Василівна** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

**MarinaSologub** - student of BM-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [marina75sologyb@gmail.com](mailto:marina75sologyb@gmail.com)

**KucherenkoLiliya** — Ph. D. Of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

## **АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТЕПЛОВОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ЗРУЙНОВАНИХ МІСТ**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

### *Анотація*

*Розглянуто характерні проблеми з опаленням будівель в містах Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації спричинені війною та окупацією. Визначено індикативні цілі теплової модернізації. Запропоновано алгоритм визначення доцільності типу систем опалення з урахуванням фактичного стану будівель та забудови.*

**Ключові слова:** війна, житловий будинок, тепла модернізація будівель, тепловий баланс, абонент, домогосподарство.

### *Abstract*

*The characteristic problems with the heating of buildings in the cities of the Sievierodonetsk-Lysychansk agglomeration, caused by the war and occupation, are considered. Indicative goals of thermal modernization have been determined. An algorithm for determining the expediency of the type of heating systems is proposed, taking into account the actual condition of buildings and developments.*

**Keywords:** war, residential building, thermal modernization of buildings, heat balance, subscriber, household.

Військова агресія росії вже нанесла Україні збитки, розмір яких оцінюють понад \$400 млрд. По окремих позиціях фактичну ситуацію можна оцінювати як катастрофічну. Для вцілілих міст Луганської та Донецької областей однією з проблем повоєнного відновлення буде завдання теплової модернізації житлового сектору.

Загальні підходи та принципи з точки зору фундаментальних досліджень опрацьовані достатньо якісно[1,2]. Проблема полягає у виборі та реалізації раціональних рішень для конкретних місцевих умов.

Можна стверджувати, що галузь теплоенергетики в Україні є недосконалою, неефективною та застарілою. Внаслідок інертності та консервативності галузь розвивалась поступово с еволюціонізмом в сторону не радикальних змін, а швидше у напрямку досягнення можливих елементів економії у цілому архаїчному господарстві.

Але у якості виправдання слід зважити, що інакші варіанти трансформації майже неможливі. По-перше галузь масштабна та включає декілька характерних груп споживачів. Сільські подвір'я з архаїчним опаленням - забезпечує автономність домогосподарства але й несе у собі масу проблем. Урбанізовані поселення, території, у більшості своїй мають централізоване опалення. Споживач фактично є абонентом платної послуги, а отже додатково генеруватиме соціально-економічні, соціально-політичні відносини які мають чутливий характер та охоплюють широкі верстви населення.

Таким чином попередні умови можуть формувати як обмеження, так і індикативні цілі, зокрема:

- Система централізованого тепlopостачання малоефективна, вимагає великих матеріальних витрат;
- Проблема теплозабезпечення має екзистенційний, перманентний характер, що впливає з кліматичних умов України. Отже пересічний громадянин має право на доступність отримання цієї послуги;
- Загальним трендом є наближення послуги до кінцевого споживача / підвищення рівня автономності / мінімізація втрат тепла, диверсифікація джерел тепlopостачання як фактору економії та підвищення надійності забезпечення тепла в цивільних об'єктах;
- Нагальною проблемою структурної модернізації систем опалення населених пунктів;
- Слід враховувати, що кінцевим бенефіціаром є окреме домогосподарство (фактично сім'я) – або окремий абонент.

Треба розуміти, що реформа галузі не буде успішною, якщо не отримає підтримки пересічного споживача. Висновок – реформа має бути вигідною, забезпечувати переваги всім сторонам процесу – споживачу, державі (де інституції), громаді, бізнесу.

Після закінчення війни, визволення окупованих територій та населених пунктів, постане завдання повоєнної розбудови.

Теплова модернізація будівель, реконструкція систем опалень становитиме одне з актуальних проблемних завдань. Масштаб руйнувань важко оцінити. Окрім того, станом на сьогодні, процеси руйнувань тривають. У окремих населених пунктах можуть бути зруйновані практично повністю як мережі, так і підприємства теплової генерації.

Розглянемо ситуацію, що сталася у Северодонецько-Лисичанській агломерації.

Станом на квітень 2023 року, ці міста окуповані. Зима 2022-2023 року свідчить, що централізоване опалення у містах немає – руйнування виявилися критичними.

До війни в цих містах існували декілька варіантів опалення цивільних будинків та споруд:

1. Приватний сектор – приватні будинки мали або газове опалення, або груби на твердому паливі (дрова, вугілля). Розповсюдження мали комбіновані варіанти. Газ / вугілля/дрова.

2. Багатоповерхові будинки переважно були під'єднані до системи централізованого опалення.

3. Частка квартир було від'єднано від централізованого опалення з організацією автономного – газового або електричного.

4. Частина цивільних та громадських будівель мала модульні індивідуальні котельні.

Типологічний аналіз дозволяє зробити попередні висновки, на підставі яких можливі пропозиції.

Приватний сектор достатньо гнучкий та має широкі можливості адаптації. Для цієї категорії об'єктів необхідно вирішити технічно нескладні завдання: забезпечити твердими видами палива (дрова, вугілля). Відновити мережі газопостачання. Відновити мережі електропостачання. Для приватного сектору доцільно впроваджувати програми теплової модернізації будівель. Для значної кількості домогосподарств доцільно забезпечити можливість отримання комплекту матеріалів для утеплення будівель. Передбачити утеплення стін, заміну віконних блоків, утеплення горищних покриттів. Встановлення високоєфективних газових котлів.

Окремі цивільні будівлі та групи будинків можливо під'єднувати до модульних котельень. При цьому об'єкти мають пройти комплексну теплову модернізацію з досягненням встановленого рівня енергетичної ефективності.

Найбільш складну проблему становлять мікрорайони та квартири багатоповерхової забудови.

На рис. 1 наведено карту пошкоджень забудови міст Северодонецька та Лисичанська від бойових дій. Зауважимо, що карта неповна, і будь які доповнення виключно збільшують масштаб руйнації. Фактор часу в нашому випадку здійснює негативний вплив.



Рис. 1. Карта пожеж внаслідок обстрілів м. Северодонецьк

По житловому багатоквартирному фонду міст доведеться швидко робити аналіз стану та класифікувати будівлі по характерних категоріях:

- Зруйновані та підлягають негайному розбиранню ;
- Зруйновані та підлягають розбиранню (демонтажу);
- Можуть бути реконструйовані та потребують проектного рішення;
- Можуть бути відновлені шляхом капітального ремонту.
- Можуть бути відновлені, потребують поточного ремонту, обмежено придатні для використання;
- З мінімальними ушкодженням, придатні для використання;
- Неушкоджені, прибудинкова територія збережена.

Характерні ушкодження та проблеми опалення багатоповерхових будинків зумовлено наступними чинниками:

- Первинна низька енергоефективність, що зумовлена застарілими нормами проектування на момент зведення будівель;
- Пошкоджені вікна;
- Пошкоджені тамбури входів у під'їзди;
- Пошкодження дахів від влучань боєприпасів;
- Замочування приміщень внаслідок комплексу причин;
- Зовнішнє утеплення фасадів на стійке до механічних впливів. Як наслідок об'єкти, що мали утеплення але зазнали влучань, частково або повністю втратили теплотехнічні якості. Обвалення будівель, що вже фіксується, говорить про процес деградації. І це важливо.

Окремою позицією слід розглянути соціально-політичні та соціально-економічні чинники впливу на ситуацію.

Зимовий сезон 2022-2023 року міста пережили без опалення. Окупаційна влада не спромоглася вирішити завдання забезпечення теплом багатоквартирного фонду.

Кампанія по заміні вікон, радіаторів, ремонту дахів не може отримати однозначної оцінки. Єдиний можливий позитив від цієї діяльності – потенційний захист від подальшого замочування приміщень. Якість робіт, ціль робіт, досягнення результату визначеного проектним рішенням полишається сумнівним. Неможливо визначити масштаб проявів мародерства та можливих наслідків. Неможливо оцінити наслідки від заселення в чужі квартири окремих категорій мешканців міст. Перелічені фактори формують негативний соціальний фон.

Можна відокремити певну категорію будинків з характерною ситуацією відносно до завдань теплової модернізації (відновлення).

Багатоповерховий будинок з 5-9 поверхів, декілька під'їздів 3-5, стіни з цегли, великих блоків або великих панелей. Дахи малоухильні з рулонним покриттям.

Спробуємо розробити узагальнену класифікацію абонентів подібного будинку яка формується об'єктивно різними факторами:

- Законні власники квартир, котрі мають намір повернутися (повернутися після де окупації);
- Законні власники квартир, котрі не повернуться в наслідок різних обставин;
- Їхні долі невідомі (зникли безвісти) місцевій адміністрації УЖКГ;
- Колаборанти, бойовики та інші особи, що втекли до початку де окупації міст;
- Маргінальна частина населення.

Таким чином відсоток законних, платоспроможних, активних власників може варіюватись від 0% до 100%. Відсоток кількості квартир з невизначеним статусом може варіюватись від 0% до 100%. Відсоток кількості квартир, права на які належать (можуть належати) особам з сумнівним цивільним статусом може варіюватись від 0% до 100%.

Теплова модернізація будинку не може мати вибіркового характеру. Вона має бути комплексною та охоплювати усі 100% квартир[3]. Загально домові роботи – ремонт даху, ремонт тамбуру та сходової клітини не можуть носити вибіркового характеру, але зазвичай провокують суперечки внутрішніх груп вигодонабувачів – з тих категорій, що отримують максимальні преференції.

Постає завдання визначити критерій, котрий робить доцільним або недоцільним теплову реконструкцію будинку. Залежно від його градації можна рекомендувати базове рішення – проводити теплову реконструкцію; рекомендувати встановлювати автономне опалення; не проводити теплову рекомендацію; розробляти комплекс заходів по корегуванню структури та характеру власників будинку.

Модель має враховувати масштаб пошкоджень, відсоток реальних абонентів, вартість робіт на типову квартиру.

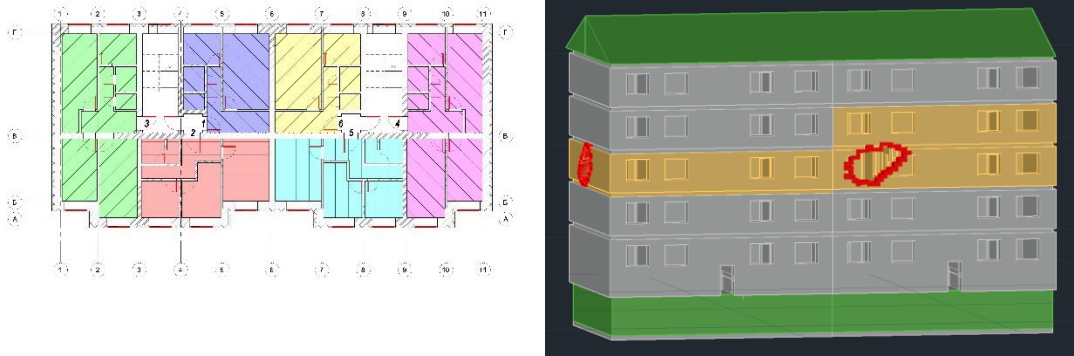


Рис. 2. Аналогова модель будинку що підлягає тепловій модернізації

Гіпотетична ситуація з влучанням у квартиру №3 та 5 третього поверху означає, що у зоні вразливості опиняються 5 квартир на поверху. За рахунок перекриттів вплив відчувають аналогічні квартири 2 та 4 поверхів. Тобто 15 квартир – 1/2 від загальної кількості. Найнесприятливіший варіант – обидві квартири не мають реального власника/абонента/. Отже відсутність двох абонентів впливає на тепловий баланс 50% квартир будинку. Якщо додаються влучання у дах будинку, то гіпотетично додається ще 10% квартир у зоні негативного впливу. Вирішувати математичну задачу побудови ізотерм у квартирах ушкодженого будинку немає сенсу – оскільки реальний тепловий режим перманентно змінюється. Будівельна фізика стверджує, що у умовах постійної різниці температур внутрішні температури вирівнюються – це лише питання часу. Таким чином – робимо висновок – тепла модернізація будівель, що постраждали у наслідок бойових дій, має також соціально-економічну складову. Теплова модернізація має комплексний характер. Зачіпає інтереси усіх сторін. Повинна мати вигідний характер для усіх учасників процесу реконструкції. Необхідно мати законодавчо коректні рішення стосовно квартир, що не мають реальних абонентів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Міністерство розвитку та територій України, 2022. – 27 с.
2. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Київ: Державне підприємство «Український науково дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2022. – 63 с.
3. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Зі змінами. Наказ від 14.02.2007 № 71. – Київ: Міністерство палива та енергетики України, 2010. – 9 с.

**Соколенко Валерій Михайлович** – к.т.н., доц. кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, e-mail: [sokolenko\\_1@snu.edu.ua](mailto:sokolenko_1@snu.edu.ua)

**Соколенко Костянтин Валерійович** – старший викладач кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, e-mail: [sokolenko@snu.edu.ua](mailto:sokolenko@snu.edu.ua)

**Мирошніченко Іван Олександрович** – студент групи МБГ-23дм, факультет транспорту і будівництва, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ. [mbg-23dm-521@snu.edu.ua](mailto:mbg-23dm-521@snu.edu.ua)

**Sokolenko Valeriy** - D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, e-mail: [sokolenko\\_1@snu.edu.ua](mailto:sokolenko_1@snu.edu.ua)

**Sokolenko Kostiantyn V.** — Senior Lecturer, Department of civil engineering, urbanism and spatial planning, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, e-mail: [sokolenko@snu.edu.ua](mailto:sokolenko@snu.edu.ua)

**Myroshnichenko Ivan** - student of group MBG-23dm, Faculty of Transport and Civil Engineering, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv. [mbg-23dm-521@snu.edu.ua](mailto:mbg-23dm-521@snu.edu.ua)

## **АНАЛІЗ СТАНУ УКРИТТІВ ТА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО ЇХ ОРГАНІЗАЦІЇ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Розкрито питання сучасного стану укриттів. Виокремлено споруди, які можна віднести до укриттів.*

**Ключові слова:** сховище, укриття, бомбосховища, цивільний захист.

### **Abstract**

*The issue of the current state of the shelters is revealed. The buildings that can be classified as shelters are singled out.*

**Keywords:** shelter, shelters, bomb shelters, civil defense.

### **Вступ**

На початку повномасштабного вторгнення Україна стикнулась з проблемою незадовільного стану укриттів або ж їх відсутністю. Більшість з існуючих - класифікуються як найпростіші. Здебільшого це підвальні приміщення або інші підземні споруди, придатні для перебування людей. Станом на 2019 рік, у захисних спорудах могли укритися лише 10% населення. Але далеко не всі з них мають евакуаційні виходи, доступ до системи водопостачання та водовідведення, не кажучи вже про спроможність захисту населення на випадок застосування зброї масового ураження. У 2021 році за оцінками ДСНС до використання за призначенням "готові" та "обмежно готові" були 74% захисних споруд.

### **Результати дослідження**

У грудні 2021 року Інститут державного управління та наукових досліджень із цивільного захисту опублікував методичні рекомендації Державної служби з надзвичайних ситуацій «Організація укриття населення у фонді захисних споруд цивільного захисту». В цих рекомендаціях додатково підтверджуються основні положення норм часів СРСР, що стали основою державних будівельних норм України у 1997 році. Зміни, внесені за 25 років, не змінили параметрів і обладнання захисних споруд [1; 2].

Основний законодавчий документ, що регламентує заходи щодо захисту цивільного населення, – це Кодекс цивільного захисту України. Відповідно до вимог законодавства створено низку нормативних документів щодо захисту населення від дії надзвичайних засобів ураження, повітряної ударної хвилі. Чинні законодавство й будівельні норми щодо інженерно-технічних заходів цивільного захисту не передбачали реалій війни, не враховували потреб маломобільних груп населення. Переважна кількість наявних сховищ і протирадіаційних укриттів була збудована ще за радянських часів і за радянськими нормами. На сьогодні споруди відповідають вимогам середини ХХ століття щодо захисних властивостей, але зовсім не відповідають сучасним вимогам і реаліям війни [3].

До захисних споруд цивільного захисту належать: сховища, протирадіаційні укриття – споруди, що мають перебувати в постійній готовності до використання за призначенням, а також споруди подвійного призначення.

Бомбосховище (укриття) — це споруда, призначена для захисту людей та обладнання від шкідливого впливу вибуху та інших видів загроз відповідно до цілей, для яких воно створено. Існують різні типи укриттів, і їх можна класифікувати відповідно до необхідного рівня захисту (класу), вимог до простору та конфігурації, кількості людей та тривалості перебування та інших параметрів. Основні види захисних споруд,

- Найпростіше укриття – служить для захисту людей та обладнання від впливу вибуху та уламків,

спричиненого боєприпасами або вибухами на небезпечних робочих місцях, таких як нафтопереробні заводи, нафтохімічні заводи чи інші потенційно небезпечні об'єкти, а також від наслідків землетрусу.

▪ Сховище – зазвичай має захисні властивості найпростішого укриття з додаванням обладнання життєзабезпечення для захисту та перебування у разі ХБРЯ події та забруднення ззовні. Цей тип укриттів має бути герметичним для створення «чистої» зони без токсичних речовин всередині. ХБРЯ укриття 78 обладнані системами подачі повітря для дихання та створення надлишкового тиску всередині. Надлишковий тиск служить бар'єром для запобігання потраплянню забрудненого повітря в укриття через невеликі отвори в стінах конструкції.

▪ Протирадіаційне укриття – призначене для блокування випромінювання від ядерних опадів у разі ядерного вибуху. Багато таких укриттів було побудовано під час холодної війни для захисту людей у разі ядерної війни.

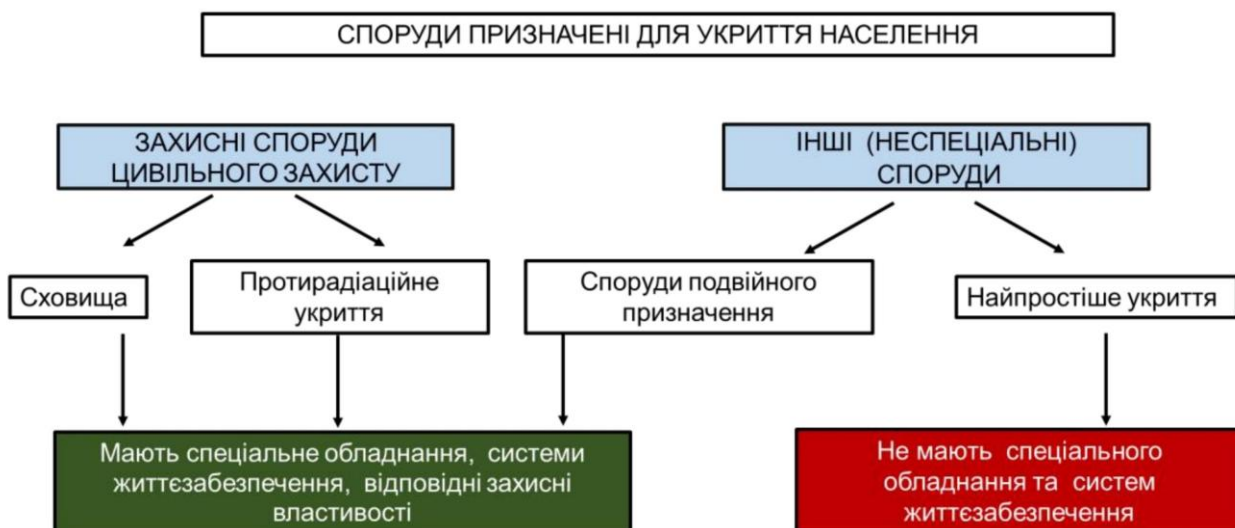


Рисунок 1 – Споруди призначені для укриття населення [3]

Захисна споруда обов'язково має бути забезпечена первинними засобами пожежогасіння, обладнана системами внутрішнього протипожежного водопостачання, пожежної автоматики та сигналізації, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, а також державних будівельних норм і національних стандартів, що діють у сфері пожежної безпеки. Місця розташування первинних засобів пожежогасіння, план евакуації із захисної споруди позначаються й освітлюються.

Для більш чіткого розуміння вибору місця влаштування укриття, об'ємно-планувальних рішень та способів забезпечення захисних властивостей споруди необхідно ознайомитись з методичні рекомендація щодо проектування та пристосування інженерних та інших споруд під протирадіаційні укриття [4].

### Висновки

- Стан захисних споруд цивільного захисту потребує осучаснення та подальшого вдосконалення. Існуючі укриття не відповідають існуючим нормативним документам.
- Будівлі, що проектуються, мають в обов'язковому порядку обладнуватись укриттями.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації щодо проектування та пристосування інженерних та інших споруд під протирадіаційні укриття. Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. 2021. 114 с. URL : <https://nizhynrada.gov.ua/files/2022-07-13/mCThtw9c06.pdf>
2. Лещенко О. Я., Трунцев Г. В., Михайлов В. М., Андрієнко М. В., Коробкін В. Ф., Романюк Н. М., Калиненко Л. В. Організація укриття населення у фонді захисних споруд цивільного захисту. Впровадження інженерно-технічних заходів цивільного захисту : серія практичних порадників за заг. ред. П. Б. Волянського, С. А. Парталіяна. Київ : ІДУ НД ЦЗ, 2021. Серія 9. 63 с. URL :



<https://radnuk.com.ua/pravova-baza/orhanizatsiiukryttia-naselennia-u-fondi-zakhysnykh-sporud-tsyvilnoho-zakhystu/>.

3. Жидкова Т. В., Глеба В. Ю., Чепурна С. М. Сучасний стан і пропозиції щодо захисту цивільного населення. – 2023.

4. Методичні рекомендації щодо проектування та пристосування інженерних та інших споруд під протирадіаційні укриття. Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. 2021.114 с. URL : <https://nizhynrada.gov.ua/files/2022-07-13/mCThtw9c06.pdf>.

**Мацюк Ярослав Вікторович** — студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Постолатій Маріанна Олександрівна** — аспірантка, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com) ORCID: 0000-0002-3103-6319.

**Matsiuk Yaroslav** — student of 1B-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Postolatii Marianna** — postgraduate student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Viktor Kovalskyi** — Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University. E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com). ORCID: 0000-0002-3103-6319.

## РОЛЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто сутність питання термомодернізації житлового фонду. Визначено комплекс робіт та перелік заходів, які попадають під поняття термомодернізації. Визначено основні джерела тепловтрат будівлі, які вимагають першочергової термомодернізації.*

**Ключові слова:** термомодернізація, енергозбереження, енергоефективність, житлово-комунальне господарство, комунальні платежі.

### *Abstract*

*The essence of the issue of thermal modernization of the housing stock was considered. A set of works and a list of measures that fall under the concept of thermal modernization have been determined. The main sources of heat loss of the building, which require priority thermal modernization, have been identified.*

**Keywords:** thermal modernization, energy saving, energy efficiency, housing and utilities, utility payments.

### Вступ

Актуальним на сьогодні питанням є формування збалансованої системи енергетичної безпеки держави та виведення країни на рівень енергетичної самодостатності. Одночасно споживання тепла в житлових будинках в Україні в три – п'ять разів більше а, ніж у європейських країнах зі схожим кліматом. Майже 50% тепла надмірно витрачається через погане утеплення і відсутність систем управління теплом [1]. Постійне збільшення рівня споживання й дефіцит власних енергоресурсів потребує використання такого резерву, як енергоефективність та енергозбереження в усіх сферах діяльності, а особливо у житлово-комунальній сфері.

### Результати дослідження

Однією із проблем у житловій сфері залишається застарілість і аварійність житлової нерухомості, що визначає потребу в капітальному ремонті та термомодернізації з метою приведення її у відповідність до мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі, цим самим забезпечуючи протягом очікуваного життєвого циклу будівлі задоволення потреб людини й створення оптимальних мікрокліматичних умов для її перебування та проживання. Комплекс робіт з термомодернізації передбачає підвищення показників огорожувальних конструкцій будівлі, споживання енергетичних ресурсів інженерними системами й забезпечення енергетичної ефективності будівлі не нижче встановлених мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі та потребує значних фінансових інвестицій. Так, станом на початок 2017 року житлові будинки зведені ще у роки індустріального будівництва за типовими серіями, норми будівництва яких дозволяли втрати через огорожувальні конструкції становили близько 60 – 70 %.

За даними досліджень закладів Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, втрати теплової енергії житловими будинками, а також потенціал енергозбереження, приведено на рисунках 1 і 2 [2].

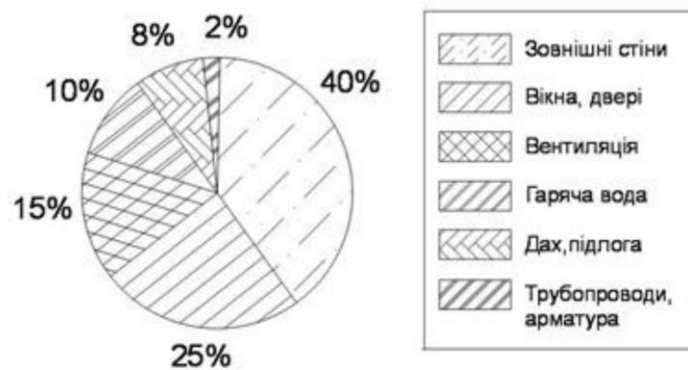


Рисунок 1. Розподіл втрат теплової енергії для елементів огорожувальних конструкцій будинку

Термомодернізація - це комплекс заходів по утепленню будівлі та модернізації інженерних систем з метою їх приведення у відповідність до сучасних вимог з енергоефективності. Значною мірою це стосується житлових та громадських будівель, які були збудовані по теплотехнічним вимогам СНиП II-3-79 який діяв до 01.04.2007 року.

Суть термомодернізації багатоповерхової або приватної малоповерхової будівлі полягає у застосуванні енергоефективних заходів, які дають значне скорочення енергоспоживання. В результаті при неминучому підвищенні вартості енергоносіїв, оплата за комунальні послуги зменшується, а їх якість покращується. Реалізують термомодернізацію шляхом додаткового утеплення будівлі з обов'язковою модернізацією системи опалення. Утеплення будівлі без модернізації системи опалення часто не дає позитивного результату в економії енергії, і навіть призводить до негативного результату – збільшенню енергоспоживання. При термомодернізації модернізують також системи гарячого водопостачання і освітлення [2].

Термомодернізація включає виконання низки заходів, які знижують енергоспоживання і зменшують комунальні платежі:

- утеплення стін, даху, суміщеного покриття та перекриття над неопалюваним підвалом і підлоги на ґрунті;
- заміна або ремонт вікон та зовнішніх дверей;
- модернізація теплового пункту при централізованому теплозабезпеченні з установкою сучасних засобів автоматичного регулювання; - модернізація або заміна системи опалення;
- модернізація або заміна системи гарячого водопостачання з застосуванням водорозбірного обладнання, що знижує споживання води;
- модернізація системи вентиляції;
- заміна індивідуального джерела теплозабезпечення на сучасний, в особливості на що використовує енергію поновлюваних ресурсів, наприклад, на сонячний колектор, тепловий насос тощо.

Утеплення будівлі являє собою посилення теплоізоляції зовнішніх стін, горищних перекриттів, перекриттів над підвалом, а також заміною застарілих вікон і дверей на енергоефективні [3].

### Висновки

- Наведений перелік заходів дозволить знизити енергоспоживання і, як наслідок, зменшити комунальні платежі.
- Основним джерелом тепловтрат у будівлі є стіни, тому їх термомодернізацію потрібно проводити найбільш відповідально та поршочергово.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Брунець Б. Р. Сутність означення поняття інфраструктура. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.5. С. 372–377.

2. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем / М.М. Габрель. Київ: Виддім А.С.С, 2004. 400 с.

3. Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін : монографія / за ред. К. Мезенцева, Я. Олійника, Н. Мезенцевої. Київ: Видавництво «Фенікс», 2017. 438 с.

**Довгіль Кирило Володимирович** — студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Якобчук Дмитро Володимирович** — студент групи 1Б-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Постолатій Маріанна Олександрівна** — аспірантка, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Христич Олександр Володимирович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: khristych@vntu.edu.ua.

**Dovhil Kyrylo** — student of 1B-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Yakobchuk Dmytro** — student of 1B-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Postolatii Marianna** — postgraduate student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Khristych Oleksandr** — Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University. E-mail: khristych@vntu.edu.ua.

# РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ І МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ПРИМІЬКОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗОНИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Дослідження присвячене розробці принципів і методів просторового розвитку територій малоповерхової житлової зони. Розглядаються аспекти територіального планування, врахування усталених та інноваційних підходів до будівництва, а також вплив цифрових технологій на формування сучасного житлового середовища.*

*Особлива увага приділяється ефективності використання земельних ресурсів, сталості соціокультурного середовища, екологічній стійкості та взаємодії з громадою. Дослідження включає в себе аналіз архітектурних концепцій, енергоефективних рішень та практичні аспекти компактної забудови для забезпечення сталого розвитку житлових зон.*

**Ключові слова:** просторовий розвиток, малоповерхова житлова зона, територіальне планування, житлова інфраструктура, цифрові технології, спільнота, ефективність використання земельних ресурсів

## Abstract

*The study is devoted to the development of principles and methods of spatial development of low-rise residential areas. Aspects of territorial planning, taking into account established and innovative approaches to construction, as well as the impact of digital technologies on the formation of a modern living environment are considered.*

*Special attention is paid to the efficiency of the use of land resources, the sustainability of the socio-cultural environment, environmental sustainability and interaction with the community. The study includes an analysis of architectural concepts, energy-efficient solutions and practical aspects of compact construction to ensure the sustainable development of residential areas.*

**Keywords:** spatial development, low-rise residential area, territorial planning, residential infrastructure, digital technologies, community, land use efficiency

## Вступ

Сучасні міські та сільські території стикаються з потребою вдосконалення житлового середовища, адаптованого до сучасних вимог сталого розвитку. Особливо актуальною є розробка принципів і методів просторового розвитку для малоповерхових житлових зон, спрямованих на забезпечення усталених, ефективних та інноваційних рішень у житловому будівництві. Це дослідження ставить за мету визначення оптимальних стратегій, які сприятимуть сталому розвитку та задоволенню потреб мешканців малоповерхових житлових зон [1-3].

## Основна частина

**Відмова від жорсткого зонування міста:** Сучасне місто стикається з викликом невдачі від традиційного, жорсткого зонування. Замість того, щоб обмежувати функції різних районів, ми повинні спрямовуватися на створення більш гнучких територій, де житлові, робочі, торгові та рекреаційні області мають відповідати.

**Місто «15 хвилин»:** Концепція міста «15 хвилин» передбачає оптимізацію інфраструктури так, щоб громадяни могли задовольнити свої основні потреби всередині 15 хвилин ходьби або їзди від свого дому. Це не тільки зменшення зменшення транспортного навантаження, але й зміцнює місцеві спільноти [4-6].

**Локальні центри:** Розвиток локальних центрів стає ключовим аспектом у створенні життєдатних та самодостатніх міст. Вони повинні включати всі послуги обслуговування, від магазинів та ресторанів до офісів та місць для відпочинку.

**Розвиток околиць міста як центрів:** Околиці міста повинні стати центральними зонами розвитку, спрямованими на забезпечення жителів усіма необхідними умовами. Важливо отримати їх як популярні центри для нових об'єктів, робочих просторів та розваг.

**Принципи сталої мобільності:** Розвиток міста повинен базуватися на принципах сталої мобільності, включаючи розширення мережі громадського транспорту, пішохідних та велосипедних доріг, а також створення зручних умов для використання електросамокатів та інших альтернативних видів транспорту.

**Трамвайні лінії для користі міста:** Введення трамвайних ліній у місто може значно полегшити транспортний потік, зменшити викиди та створити стабільний та ефективний спосіб пересування для мешканців [6-8].

**Розвиток ділових центрів біля вокзалів:** Біля вокзалів необхідно створювати ділові центри та офісні приміщення, які допомагають залучати бізнес та створювати робочі місця поруч із ключовими транспортними вузлами.

**Інфраструктура для велосипедистів і електросамокатів:** Для забезпечення зручності та безпеки велосипедистів та електросамокатів необхідно будувати окремі велодоріжки та доріжки для альтернативних видів транспорту.

### Висновок

Розробка принципів і методів просторового розвитку території малоповерхової житлової зони має важливе значення для створення ефективних, стало розвинених та зручних для мешканців міст. Шлях до сталого міського розвитку відбувається у впровадженні гнучких концепцій, які сприяють створенню усталених громад, оптимізації потреб, розширенню громадського транспорту та створеній інфраструктурі для ефективної мобільності. Розуміння та врахування цих принципів допоможе будувати майбутнє міста, яке відповідає потребам та очікуванням сучасного суспільства.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation / J. Kurnitski, A. Saari, T. Kalamees, M. Vuolle // *Energy and Buildings*. – 2011. – № 43 (11). – P. 3279–3288.
2. Ferek B. Recycling and reuse of chosen kinds of waste materials in a building industry / B. Ferek, J. Harasymiuk and J. Tyburski // *Mod Tech International Conference – Modern Technologies in Industrial Engineering IV*, 15–18 June 2016, Iasi, Romania, Volume 145, 2016
3. Gjerkeš Henrik. Cost and energy efficient modernization of school buildings in Ukraine / Henrik Gjerkeš, Tetiana Rapina, Marjana Šijanec-Zavrl // *Svetstrojništva*. – 2016. – Vol. 5, no. 1. – P. 14–21.
4. Дудар І. Н. Розвиток модернізації та перетворення міського середовища [Текст] / І. Н. Дудар, Т. Е. Потапова, А. С. Татаровська // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. - 2014. - № 1. - С. 110-115.
5. Дудар І. Н. Особливості проектування і будівництва енергоефективних житлових будинків [Текст] / І. Н. Дудар, С. В. Риндюк // *Містобудування та територіальне планування*. - Київ : КНУБА, 2011. – С. 122–127.
6. Дудар І. Н. Проблеми і перспективи ефективного енергозбереження на прикладі м. Вінниці [Текст] / І. Н. Дудар, С. В. Риндюк // *Містобудування та територіальне планування*. - Київ : КНУБА, 2011. – С. 149–157.
7. Дудар І. Н. Проблеми вдосконалення розвитку міста Вінниці [Текст] / І. Н. Дудар, О. М. Савчук, О. Г. Веремій // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. - 2011. - № 1. - С. 97-100.
8. Дудар І.Н. Проблеми і перспективи розвитку м. Вінниці [Текст] / Дудар І.Н. // *Містобудування та територіальне планування*, 2010 Київ: КНУБА. – С. 165 –170

**Бричанський Денис Олегович** – студент 2-го курсу магістратури, група БМ-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [denysbr21@gmail.com](mailto:denysbr21@gmail.com)

**Науковий керівник: Дудар Ігор Никифорович** – д.т.н., професор, кафедра будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

**Brychanskyu Denys** – 2st year master's student, group BM-22m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [denysbr21@gmail.com](mailto:denysbr21@gmail.com)

**Supervisor: Igor Dudar** – d.t.n, professor, Department of Civil Engineering and Environmental Engineering of the Vinnytsya national technical university. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

## ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі розглянуто імплементацію штучного інтелекту в будівельній галузі під час реалізації енергоефективних проєктів. Визначено основні напрямки імплементації ШІ на етапах проєктування будівель та споруд, організації будівництва та експлуатації. Зазначено переваги та недоліки застосування штучного інтелекту, та перспективи його розвитку в будівельній галузі.

**Ключові слова:** штучний інтелект, великі дані, підприємство, машинне навчання, виклики штучного інтелекту, можливості штучного інтелекту, будівельна галузь, робототехніка.

### Abstract

The paper considers the implementation of artificial intelligence in the construction industry during the implementation of energy-efficient projects. The main directions of implementation of AI at the stages of designing buildings and structures, organization of construction and operation have been determined. The advantages and disadvantages of the use of artificial intelligence and the prospects for its development in the construction industry are indicated.

**Key words:** artificial intelligence, big data, enterprise, machine learning, AI challenges, AI opportunities, construction industry, robotics

### Вступ

На сучасному етапі розвитку технологій, тема використання штучного інтелекту (ШІ) в будівництві стає все більш актуальною і обговорюваною. Спостерігається зростання інтересу до впровадження інноваційних технологій у будівельну сферу, що дозволяє ефективніше вирішувати завдання та вдосконалювати якість будівельних проєктів,

У світлі глобальних викликів, таких як військові дії, пандемії, зміни клімату, тощо штучний інтелект виступає як інструмент для розробки проєктів, оцінки ризиків, менеджменту для впровадження надійних та енергоефективних будівель. ШІ дозволяє аналізувати та прогнозувати час реалізації проєктів, їх фінансування, витрати робочого часу та умови експлуатації [1,2].

Застосування ШІ в будівництві також відзначається стрімким розвитком робототехніки та автоматизації. Роботи, які раніше виконували люди, тепер можуть бути здійснені автономними роботами, що дозволяє підвищити продуктивність та знизити ризики для робітників.

Проте, разом із зростанням інтересу до цієї теми, виникають і нові виклики. Забезпечення кібербезпеки та вирішення етичних питань, пов'язаних із застосуванням ШІ в будівництві, стають надзвичайно важливими аспектами розвитку цієї галузі.

Усі ці аспекти роблять тему використання штучного інтелекту в будівництві актуальною і перспективною, вимагаючи постійного вдосконалення технологій та розробки стандартів для забезпечення ефективного та безпечного впровадження цих інновацій у будівельну галузь.

### Основна частина

В умовах військового стану зростають потреби в швидкому прийнятті рішень для реконструкції та будівництва нових об'єктів інфраструктури, військової, енергетичної, соціальної сфери, тощо. Станом на 1 вересня 2023 року загальна сума прямих задокументованих збитків, завдана



інфраструктурі України через повномасштабне вторгнення Росії, зросла до \$151,2 млрд (за вартістю заміщення) [3].

Одним з завдань для реалізації комплексного підходу в будівництві та реконструкції об'єктів інфраструктури України є імплементація штучного інтелекту на кожному етапі життєвого циклу проектів [4]. Умовно можна розділити на 5 етапів:

Етап 1: Планування та проектування

- Збір та аналіз даних про аналогічні будівельні проекти, враховуючи бюджет, терміни виконання, характеристики будівель та інші фактори.
- Автоматизоване проектування, враховуючи геодезичні дані, геологічні особливості, клімат, містобудівні обмеження, технічні умови, та інші фактори для оптимізації дизайну.

Етап 2: Оцінка ризиків та перспективи

- Прогнозування ризиків. ШІ використовує алгоритми прогнозування для ідентифікації можливих ризиків та визначення стратегій їх управління [5-10].

Етап 3: Управління ресурсами та постачанням

- Оптимізація логістики. Використання ШІ для прогнозування потреб у будівельних матеріалах та автоматизації управління ланцюжком постачання.
- Планування графіку руху працівників. Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування потреб у робочій силі та оптимізації графіків роботи.

Етап 4: Автоматизація та моніторинг

- Використання автоматизованих систем та дронів, керованих ШІ, для виконання рутинних та небезпечних завдань на будівельному майданчику.
- Моніторинг. Встановлення систем моніторингу, які в режимі реального часу відслідковують прогрес будівельних робіт та інші ключові параметри.

Етап 5: Оцінка якості та аналіз завершеного проекту

- Використання аналізу даних для оцінки якості, застосування Big-Data аналітики даних та ШІ для оцінки якості виконаних робіт.
- Автоматизована завершальна перевірка. Використання систем ШІ для автоматизованої перевірки виконаних робіт та визначення відповідності стандартам ДБН, технічному завданню на проектування, аналізу запланованих та витрачених ресурсів, аналіз прийнятих рішень та їх наслідків.

Переваги застосування штучного інтелекту в будівництві:

1. Оптимізація проектування та планування. ШІ може швидко аналізувати великі обсяги даних та надавати точні прогнози щодо оптимального проектування та планування будівельних об'єктів. Це дозволяє зменшити час розробки проекту та уникнути помилок на етапі планування.
2. Підвищення безпеки та контроль якості. Системи моніторингу, які базуються на штучному інтелекті, можуть надавати реальний час контролю за будівельним процесом. Це сприяє виявленню потенційних ризиків та дозволяє вжити заходів для забезпечення безпеки та високої якості виконання робіт [11-14].
3. Ефективне управління ресурсами. ШІ дозволяє ефективно керувати ресурсами, визначати оптимальні шляхи використання матеріалів та робочої сили. Це сприяє економії витрат та ресурсів, що важливо в умовах постійного зростання вартості будівельних матеріалів.
4. Інновації в конструкціях. Застосування ШІ відкриває можливості для інновацій у конструкціях. Алгоритми штучного інтелекту дозволяють створювати більш ефективні та енергоефективні будівлі, а також вдосконалювати існуючі проекти.

Недоліки використання штучного інтелекту в будівництві:

1. Високі витрати на впровадження технології. Впровадження систем штучного інтелекту вимагає значних витрат на обладнання та навчання персоналу.
2. Питання конфіденційності та безпеки даних. Збір та обробка великого обсягу даних може викликати питання стосовно конфіденційності та безпеки інформації.
3. Залежність від технологій. Використання ШІ може створити залежність від технологій, і в разі їх відмови може виникнути зупинка будівельних процесів та інфраструктури.
4. Етичні аспекти. Розгортання штучного інтелекту в будівництві вимагає вирішення етичних питань, таких як відповідальне використання даних та уникнення дискримінації в процесі вибору та прийняття рішень.

## **ВИСНОВКИ**

Штучний інтелект має потенціал кардинально змінити обличчя будівництва, забезпечуючи оптимізацію процесів та підвищуючи ефективність. Проте, важливо звертати увагу на вирішення проблем, таких як вартість впровадження та питання безпеки даних.

Імплементація штучного інтелекту в будівництво відкриває широкі перспективи для розвитку галузі. Прогрес у напрямку вдосконалення технологій, зростання ефективності та підвищення безпеки робочих умов забезпечує стабільний розвиток будівельного сектору.

Активна роль штучного інтелекту в розвитку галузі дозволяє покращити продуктивність будівельних енергоефективних проєктів, зменшити ризики та оптимізувати витрати. Попри початкові витрати та технічні труднощі, імплементація штучного інтелекту в будівництво є стратегічно важливим кроком для підвищення конкурентоспроможності галузі.

Забезпечення навчання персоналу та постійне вдосконалення систем штучного інтелекту є ключовими аспектами успішної імплементації. Розумне поєднання технологій та людського досвіду сприятиме розвитку будівельної сфери та забезпечить сталість у сучасному технологічному середовищі.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Методи та системи штучного інтелекту: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» / Уклад. : А.С. Савченко, О. О. Синельников. – К. : НАУ, 2017. – 190 с.
2. Методи та системи штучного інтелекту: навч. посіб. / укл. Д.В. Лубко, С.В. Шаров. – Мелітополь: ФОП Одиног Т.В., 2019. – 264 с.
3. <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-cherez-viynu-syagaye-151-2-mlrd-otsinka-stantom-na-1-veresnya-2023-roku/>
4. Лялюк О. Г. Організаційно-економічні інструменти екологічного менеджменту в будівництві [Текст] / О. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк // Проблеми формування конкурентоспроможності підприємств за умов нестабільності світової економіки. Матеріали доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. м. Вінниця, 27 квітня 2009 року. - Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. - С. 174-176.
5. Sofiat O. Abioye a, Lukumon O. Oyedele a,\*, Lukman Akanbi a,b, Anuoluwapo Ajayi a, Juan Manuel Davila Delgado a, Muhammad Bilal a, Olugbenga O. Akinade a, Ashraf Ahmed c. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges.
6. Applications of Artificial Intelligence in Construction, Ar. Gayatri Patil, Allana College of Architecture, Pune India
7. I.N. Yau and J. Yang, Case-Based Reasoning in Construction Management, Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering (1998).
8. 2.R. Fayek Aziz, S. M. Hafez and Y. R. Abuel-Magd, Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence, Alexandria Engineering Journal (2014)

9. 3.M. Jaina and K.K. Pathak, Applications of Artificial Neural Network in Construction Engineering and Management - A Review, International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences, Volume 2 Issue 3(2014)
10. 4.H. Gunaydın Murat, and Z. D. S. gan, A neural network approach for early cost estimation of structural systems of building, International Journal of Project Management 22, 595–602 (2004).<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.04.002>
11. 5.S. H. Iranmanesh and M. Zarezadeh, Application of Artificial Neural Network to Forecast Actual Cost of a Project to Improve Earned Value Management System, World Academy of Science, Engineering and Technology, 210–213 (2008)
12. 6.K. Gwang-Hee, Y. Jie-Eon, S. Ana, Chob, Hun-Hee, Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs, Building and Environment, 39, 1333–1340 (2004).<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.03.009>
13. 7.Cheung, S. On and W. P. S. Pui and F. Ada and Coffey, Vaughan, Predicting project performance through neural networks, International Journal of Project Management, 24(3), 207–215 (2006).<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.08.001>
14. 8.M. B. Murtaza, and D. J. Fisher, Neuromodex: Neural network system for modular construction decision, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 8(2), 221–223 (1994).[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1994\)8:2\(221\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1994)8:2(221))

**Осипенко Роман Сергійович** – студент 2-го курсу магістратури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [r.osypenko@uhe.gov.ua](mailto:r.osypenko@uhe.gov.ua)

**Лялюк Олена Георгіївна** – к. т. н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, науковий керівник. e-mail: [Lyalyuk74@gmail.com](mailto:Lyalyuk74@gmail.com)

**Osypenko Roman**- 2nd year master's student, group 2B-21m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [r.osypenko@uhe.gov.ua](mailto:r.osypenko@uhe.gov.ua)

**Lyalyuk Elena** - Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: [Lyalyuk74@gmail.com](mailto:Lyalyuk74@gmail.com)

## ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ ЦЕРКВИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Досліджено основні архітектурно-генетичні характеристики української дерев'яної церкви. Визначено основні етапи формування архітектури української дерев'яної церкви. Прослідковано вплив інших країн світу на українську дерев'яну церкву та вплив української дерев'яної церкви на світову сакральну архітектурну культуру. Встановлено проблеми збереження української дерев'яної церкви.*

**Ключові слова:** українська дерев'яна церква, генеза, типи, етапи формування, збереження.

### *Abstracts*

*The main architectural and genetic characteristics of the Ukrainian wooden church were studied. The main stages of the formation of the architecture of the Ukrainian wooden church have been determined. The influence of other countries of the world on the Ukrainian wooden church and the influence of the Ukrainian wooden church on the world sacred architectural culture have been traced. The problems of preservation of the Ukrainian wooden church have been identified.*

**Key words:** Ukrainian wooden church, genesis, types, stages of formation, preservation.

### **Вступ**

Українська дерев'яна церковна архітектура – це унікальна спадщина, яка відображає багатовікову історію та традиції нашої країни. Самобутні витвори будівельного мистецтва відзначаються не лише своєю красою та вишуканістю, але й поглибленим культурним значенням. Розвиток архітектури української дерев'яної церкви – це складний процес, який охоплює різні етапи та періоди.

Проте, сьогодні вкрай важливо знати історію української сакральної архітектури задля відродження української культури. Важливим питанням є пошук рішень щодо збереження храмової архітектури, що є вагомою частиною культурної спадщини та національної ідентичності.

### **Результати дослідження**

Українські дерев'яні церкви, які втілюють у собі багатий культурний та релігійний спадок, стикаються із серйозними викликами збереження в умовах сучасного світу. Питання збереження неможливо розглядати, не встановивши особливості формування та розвитку генези української церкви. У працях Г. Шевцової [1], В. Александровича [2], Я. Тараса [3] розглянуто просторово-конструктивні форми українських дерев'яних церков, аналізуючи їх походження та розвиток.

Цей аналіз показує, що хоча українська дерев'яна церква продовжувала розвиватися, базові її ознаки були сформовані до кінця XVI століття, і згодом спостерігалися складніші комбінації композиційно-просторових рішень та зміни деталей, але базова структура залишалася стабільною [4].

На підставі аналізу архітектурних ознак українських дерев'яних церков виділено чотири ключові етапи у їх становленні [1]. Кожен з цих етапів тісно пов'язаний з історичними подіями, які радикально вплинули на розвиток архітектури.

Перший етап, до IX століття, вважається підготовчим, адже він передував християнізації та відіграв важливу роль у формуванні основних рис української дерев'яної церковної архітектури.

Початок другого етапу, X-XIII століття, можна визначити як період Київської Русі. Це був час передачі нових архітектурних традицій східної християнської будівельної культури. Також саме тоді починають формуватися базові композиційні типи церков, зокрема, одноглова церква на хрестовому плані. Заключним моментом цього етапу стає монгольське нашествя, що спричинило занепад стародавніх руських традицій на теренах України [5].

Третій етап, XIV-XVI століття, можна визначити як час формування національної ідентичності [6]. Відбулося формування національних особливостей української дерев'яної церкви після монголо-

татарської навали на території України. Зменшення впливу візантійських архітектурних традицій відкрило простір для відтворення дохристиянських, особливо культово-анімістичних, будівельних звичаїв регіону. Саме тоді відбулося закріплення просторово-конструктивної концепції залому та початок формування церков з каплиць і кумирень, шляхом поєднання окремих складових елементів. Це спричинило розвиток трьохдольних і хрестових церковних будівель [1].

Кінець цього періоду, XVII – початок XIX століття, можна умовно визначити як етап ускладнення базових форм. Переважно бачимо появу комбінаторної різноманітності та ускладнення вже сформованих до XVII століття основних архітектурних рис української дерев'яної церкви [2].

На цьому етапі виникає новий просторово-конструктивний тип верху - восьмикутний на чотирикутнику без залому, що є комбінаторним поєднанням простого восьмикутника на чотирикутнику і залому. Також спостерігається зростання вертикальних пропорцій церков та виникнення локальних (місцевих) шкіл української дерев'яної культової архітектури, включаючи в себе асиметричні (західні) композиційні типи церков [4].

Такий розвиток свідчить про те, що генеза української дерев'яної церкви є складним процесом, у якому виникають не тільки різноманітні просторово-композиційні типи церков, але й різні просторово-конструктивні елементи, що визначаються впливом різних історичних, географічних, кліматичних та культурних чинників (рис. 1) [3].

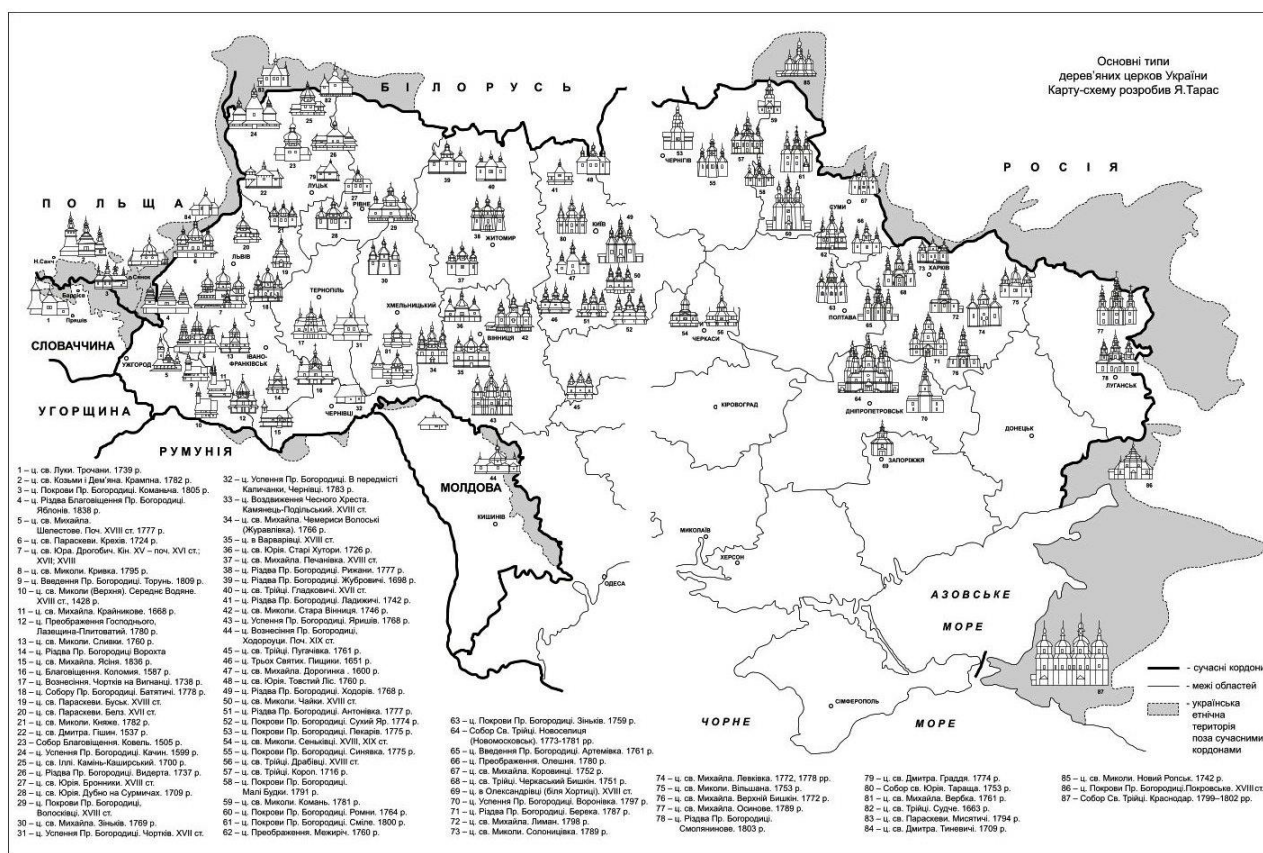


Рис. 1. Карта-схема основні типи дерев'яних церков України (розроблено Я. Тарас [3])

Збереження українських дерев'яних церков – це важливий аспект збереження національної ідентичності та духовності. Зусилля з усунення проблем захисту цих унікальних архітектурних шедеврів є обов'язковими для майбутніх поколінь. Розглянемо проблеми збереження українських дерев'яних церков, та можливі шляхи їх вирішення [6].

Перш за все варто зазначити, що дерев'яні церкви піддаються природним впливам, таким як дощі, сніг, вітер, а також дії грибків та комах. Це може призводити до зносу матеріалу та порушення структурної цілісності.

Болючою проблемою є також фінансування реставраційних робіт і забезпечення відповідного утримання – одна з найактуальніших проблем. Багато церков стикаються із недостатніми фінансовими ресурсами для здійснення потрібних заходів збереження.

Значною проблемо збереження культурної спадщини сьогодні також є невідоме чи необґрунтоване реконструювання. Невірно використання та неавторизовані зміни можуть призвести до втрати автентичності та важливих історичних елементів [6].

Також багато дерев'яних церков, що розташовані в далеких сільських або важкодоступних районах, стають об'єктами забуття. Відсутність уваги та підтримки може спричинити поступове знецінення цих об'єктів.

Розглянувши особливості розвитку та існуючі загрози втрати дерев'яних церков можливо визначити основні заходи їх збереження [1, 5, 6]:

1. Проведення регулярного моніторингу та обстежень для визначення стану об'єктів та раннього виявлення проблем.
2. Підтримка існуючих та створення спеціалізованих пам'яткоохоронних організацій, які взяли б на себе відповідальність за збереження дерев'яних церков.
3. Додаткове фінансування та гранти для реставраційних робіт.
4. Проведення освітніх заходів для місцевих громад з метою підвищення усвідомленості про важливість збереження культурної спадщини.
5. Залучення місцевої громади до процесу збереження, враховуючи їхні традиції та бажання.

Збереження українських дерев'яних церков – це важливий аспект збереження національної ідентичності та духовності. Зусилля з усунення вищезазначених проблем та захисту цих унікальних архітектурних шедеврів є обов'язковими для майбутніх поколінь.

### Висновки

З'ясована періодизація розвитку української дерев'яної церкви, де виділяються основні етапи: підготовчий етап до IX століття, період Київської Русі в X-XIII століттях, етап формування національної ідентичності в XIV-XVI століттях та етап ускладнення форм у XVII – початку XIX століття. З'ясовано, що основні просторові й конструктивні риси української дерев'яної церкви вже сформувалися до XV століття. Далі розвиток церковної архітектури полягав у вдосконаленні деталей, пропорцій та комбінаторних форм.

Встановлено, що збереження української дерев'яної церкви стоїть перед численними викликами та проблемами, які вимагають негайної уваги та дії. Рішення цих проблем вимагає комплексного підходу та спільних зусиль всіх зацікавлених сторін.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевцова Г. В. Дерев'яні церкви України. – К.: Грані-Т, 2007. – 376 с.
2. Александрович В. Архітектура і будівництво / Володимир Александрович // Історія української культури : в 5 т. — Київ : Наукова думка, 2001. — Т. 2. Українська культура XIII — перша половина XVII століття. — С. 256—275.
3. Тарас Я. Українська сакральна дерев'яна архітектура. Ілюстрований словник-довідник / Ярослав Тарас.— Львів : Інститут народознавства НАН України, 2006. — 584 с.
4. Антонович Д. Скорочений курс історії українського мистецтва / Дмитро Антонович. — Прага : Український університет, 1923. — 340 с.
5. Дяба Ю. Українські храми-ротонди X – першої половини XIV століть – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 108 с.
6. Слепцов О .С. Архітектурне проектування і реконструкція православних храмів. Підручник для ВНЗ – К.: А+С, 2014. - 272 с.

*Дзижула Іван Вадимович* – студент групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [i.dzhyzhula.04@gmail.com](mailto:i.dzhyzhula.04@gmail.com)

Науковий керівник: *Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна* – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

*Dzhyzhula Ivan* – student of the BM-21b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [scherbinadmitri14@gmail.com](mailto:scherbinadmitri14@gmail.com)

Supervisor: *Subin-Kozhevnikova Alona* – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua).

## СОЦІАЛЬНИЙ ФАКТОР ЯК СКЛАДОВА ПРОЦЕСУ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ СЕРЕДМІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ МІСТ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

У даній публікації розглядається питання залучення місцевої громади до ревіталізаційних процесів історичних середмість. Встановлено, що українські середмістя потребують відродження, але це завдання несе в собі не лише виклики, а й безмежні можливості. Визначена і обґрунтована роль та завдання місцевої громади у збереженні культурної спадщини під час ревіталізації середмість історичних міст України.

**Ключові слова:** *середмістя, історичне місто, ревіталізація, місцева громада.*

### *Abstracts*

*This publication examines the issue of involvement of the local community in revitalization processes of historical centers. It has been established that Ukrainian urban centers need revitalization, but this task carries not only challenges, but also limitless opportunities. The role and tasks of the local community in the preservation of cultural heritage during the revitalization of the centers of historical cities of Ukraine are defined and substantiated.*

**Key words:** *downtown, historic city, revitalization, local community.*

### **Вступ**

Середмістя історичних міст, які зберегли унікальний архітектурний спадок та історичний характер, зіткнулися сьогодні з рядом викликів, що загрожують їх збереженню та можливості подальшого розвитку. Зазнавши значних втрат в об'ємно-просторовому вирішенні протягом ХХ століття у наслідок військових дій та некоректного управління, історична забудова українських міст потребує додаткового дослідження та переосмислення, задля пошуку нових ефективних шляхів відродження. Тому задіяння місцевої громади у процес ревіталізації середмість є однією з складових комплексного підходу збереження історичної забудови міст, що визначається як критичне для підтримки сталого розвитку.

### **Результати дослідження**

Основними завданнями щодо пам'яток архітектури та містобудування історичних міст, є завдання збереження, що реалізується засобами реставрації, консервації та ремонту пам'яток. Також середмістя потребують ремонту та оновлення інфраструктури, покращення доступності та умов проживання, розвитку соціально-економічної інфраструктури та популяризації серед містян.

В українській історіографії значна кількість науковців присвятили свої дослідження питанню збереження спадщини історичних міст, досліджуючи та встановлюючи історичні аспекти розвитку середмість, зокрема це М. Бевз [1], В. Вечерський [2], Л. Прибега [3], І. Ігнаткін. Вагомим працею щодо ревіталізації середмість історичних міст є дисертаційна робота О. Рибчинського [4].

Окрім державного регулювання пам'яткоохоронних процесів, активними мають бути також громадські товариства охорони пам'яток, що опікуються збереженням культурної спадщини. Проте, на жаль, місцева громада все ще мало приймає участь в охороні об'єктів культурної спадщини.

Сьогодні, як показує європейська практика, важливе значення у вирішенні пам'яткоохоронних питань посідає активність самих мешканців міста. Включення місцевих громад до ревіталізації спонукає до діяльності знизу і догори [4].

Проаналізувавши вітчизняний та європейський досвід залучення мешканців міста до ревіталізаційних процесів, можна виокремити основні переваги такої стратегії:

1. *Збереження культурного капіталу.* Місцева громада володіє важливими знаннями та зв'язками з культурною спадщиною міста. Її активна участь у збереженні та відновленні історичних пам'яток є ключовою для передачі цінного культурного капіталу майбутнім поколінням [2].

2. *Активна участь у плануванні та розвитку історичних міст.* Місцева громада є необхідною учасницею в процесі розвитку стратегій та планів ревіталізації. Її побажання та погляди є важливими для врахування потреб та амбіцій спільноти у вирішенні конкретних проблем [2].

3. *Залучення фінансування та інвестицій.* Місцева громада може сприяти залученню фінансування та інвестицій для реставраційних проєктів. Впливові спільноти можуть створювати партнерські відносини з бізнесом та організаціями для забезпечення ресурсів [3].

4. *Підтримка місцевого підприємництва та туризму.* Розвиток та підтримка місцевого підприємництва та туристичних ініціатив є суттєвим для сталого розвитку історичних міст. Місцева громада може створювати умови для розвитку культурних подій, ресторанних кварталів та інших привабливих об'єктів.

5. *Сприяння сталому розвитку.* Ревіталізація міст повинна бути спрямована на сталий розвиток. Місцева громада може виступати за впровадження екологічно чистих технологій та розвиток «зелених» зон для підтримки екологічності середмістя.

Відродження середмістя історичного міста потрібно ґрунтувати на якісній комунікації між представниками органів влади, спеціалізованими науково-реставраційними організаціями та громадськістю. На жаль, навіть за умов спільної мети збереження культурної спадщини часто виникають конфлікти. Процеси руйнування середмість історичних містах відбуваються під впливом політичних та соціальних чинників [4].

У зусиллях збереження історичних міст України місцева громада виявляється невід'ємною складовою. Її активна участь у всіх етапах розвитку сприяє створенню унікального та витонченого обличчя середмістя, яке водночас віддзеркалює його минуле та відкриває нові перспективи для майбутнього. Залучення місцевих спільнот - це крок у напрямку сталої, культурно насиченої та соціально активної спільноти, яка гордиться своїм минулим та визначає своє майбутнє.

## Висновки

Встановлено, що сьогодні в історичних містах до питань збереження та відтворенні цінної забудови вкрай необхідно залучати місцеву громаду. Завдяки розширенню знань і зміцненню місцевих громад можна покращити умови життя та відродити культурну інфраструктуру центрів міст, що сприятиме сталому розвитку та розвиватиме місцевий туризм.

Загалом, залучення громади створить культурну пропозицію та сприятиме самоідентифікації середмістя. Пропагування збереження культурної спадщини сприятиме виявленню і об'єднанню місцевих активістів, що будуть ініціювати та реалізовувати пам'яткоохоронні проєкти.

Не в останню чергу також є важливим збереження духу міста що можливе лише за таких обставин, коли всі учасники співпрацюють між собою задля здобуття спільної мети.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бевз М. Історичне місто як об'єкт збереження і регенерації // Проблеми теорії і історії архітектури України. Збірник наукових праць. – Одеса: Астропринт, 2007. – Вип. 7. – С. 105-119.
2. Вечерський В. Спадщина містобудування України: Теорія і практика історикомустобудівних пам'ятко-охоронних досліджень населених місць. – К.: НДІТІАМ, 2003. – 560 с.
3. Прибега Л. Охорона та реставрація об'єктів архітектурно-містобудівної спадщини України: методологічний аспект: монографія / Центр пам'яткознавства НАН України і Українського товариства охорони пам'яток історії та культури; Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. — К.: Мистецтво, 2009. — 304 с.
4. Рибчинський О.В. Формування і ревіталізація середмість історичних міст України : Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора архітектури: 18.00.01 – Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури. Львів, 2017. 438 с.

**Щербина Дмитро Ігорович** – студент групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [scherbinadmitri14@gmail.com](mailto:scherbinadmitri14@gmail.com)

Науковий керівник: **Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна** – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

**Shcherbyna Dmytro** – student of the BM-21b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [scherbinadmitri14@gmail.com](mailto:scherbinadmitri14@gmail.com)

Supervisor: **Subin-Kozhevnikova Alona** – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)



## ВИМОГИ ДО ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ АВТОВОКЗАЛІВ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ М. ТУЛЬЧИН)

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Досліджено теоретичні та практичні основи реконструкції автовокзалів. Встановлено сучасні проблеми у вирішенні існуючих автовокзалів та їх модернізації. Проаналізовано та систематизовано головні стратегічні напрямки оживлення інфраструктури міської пасажиро-транспортної системи. Визначено особливості відновлення та повернення до суспільного життя автовокзалу у м. Тульчин в контексті транспортування та комфортної пересадки пасажирів, задоволення їх потреб та підвищення туристичного потенціалу міста.*

**Ключові слова:** сучасні вимоги, автовокзал, реконструкція, інфраструктура, м. Тульчин.

### *Abstracts*

*The theoretical and practical foundations of the reconstruction of bus stations have been studied. Modern problems in solving existing bus stations and their modernization have been identified. The main strategic directions for revitalizing the infrastructure of the city's passenger transport system have been analyzed and systematized. The peculiarities of the restoration and return to public life of the bus station in the city of Tulchyn in the context of transportation and comfortable transfer of passengers, meeting their needs and increasing the tourist potential of the city have been determined.*

**Key words:** modern requirements, bus station, reconstruction, infrastructure, Tulchyn.

### **Вступ**

У сучасному світі транспорт відіграє важливу роль як у економіці країни, так і у сфері обслуговування населення. Зростаючі потреби населення та процес урбанізації змушують міста модернізувати свої транспортні споруди, включаючи автовокзали. Однак, відсутність економічної та адміністративної підтримки у процесі модернізації автотранспортних підприємств, особливо малих міст, є актуальною проблемою сталого розвитку, особливо для міст туристичного напрямку. Так, у Тульчині відсутній сучасний та комфортний автовокзал, який би відповідав стандартам будівельних норм та мав привабливий естетичний вигляд. Реконструкція автовокзалу може стати важливою частиною розвитку туристичної галузі м. Тульчин.

### **Результати дослідження**

Внаслідок швидкого зростання урбанізації, збільшується роль автомобільного транспорту у забезпеченні різноманітних і постійно зростаючих приміських та міжобласних перевезеннях. Через зростання транспортного навантаження збільшується потреба у будівництві нових та реконструкції існуючих автовокзалів, з урахуванням нових вимог, з метою забезпечення більшого комфорту.

Проектування автовокзальних комплексів здійснюється відповідно до нормативів, які є на сьогодні обмеженими, документ ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [1] лише поверхнево надає інформацію по плануванню автостанцій та автовокзалів. Тому дана тема є актуальною.

Для того, щоб зробити перебування людей на автовокзалі більш зручним і надійним потрібно забезпечити сучасну систему опалення, вентиляції, пожежної безпеки, функціональні зали очікування, доступ до інформації та інтернету. При плануванні приміщень будівлі автовокзалу необхідно передбачити, щоб пасажирський зал розміщувався на першому поверсі. Недалеко від пасажирської зали на цьому ж поверсі мають бути приміщення для пасажирів з дітьми, буфет (кафе), пошта, каси, камера схову багажу, медпункт, санвузол, службові приміщення. Також потрібно враховувати потреби людей з фізичними вадами та забезпечити кімнатами матері й дитини [2].

Простір автовокзалу має бути функціональним та пристосованим до процесів, що в ньому

проходять. Безпечність та доступність пересування пасажирів – одна з пріоритетних функцій, яка застосовується у реконструкції внутрішніх приміщень [3]. Також потрібно приймати до уваги скупчення пасажирів, що призводить до психологічного стресу останніх. Тому ергономічні умови мають бути такими, що забезпечують простір та задоволення людини навколишнім середовищем. Щоб цього досягти потрібно враховувати конструктивний фактор, оскільки конструктивні рішення диктують дизайн приміщень та їхню трансформацію. Варто задіяти скляні перегородки, належне освітлення та декоративне озеленення [3].

Пасажирські будівлі повинні мати планувальну універсальність, що допускає при вдосконаленні технологій обслуговування пасажирів, можливість зміни планування, розмірів приміщень без суттєвої зміни капітальних конструктивних елементів будівель. Рекомендується застосовувати принцип так званого гнучкого, або «вільного», планування будівлі з метою кращого використання технологічного процесу в експлуатації вокзалу [2].

Автовокзал для м. Тульчин є ключовим транспортним вузлом, що забезпечує пасажирські перевезення на великі відстані. У сучасних умовах, коли транспортні потреби зростають, а стандарти зручності та безпеки підвищуються, реконструкція автовокзалу стає важливим завданням (рис. 1). Особливо з огляду на історичність міста та його туристичний потенціал.

Містечко Тульчин на Вінниччині – унікальне місце, яке, незважаючи на свою невелику площу, має багату історію. Місцеві визначні пам'ятки, що заслуговують уваги: Палац Потоцьких (Тульчин) (18-19 ст.) (рис. 2), Будинок Декабристів (18 ст. тепер краєзнавчий музей), Успінська церква з дзвіницею (1789 р.), Римо-католицький костел (19 ст.), Катедральний собор Різдва Христового (18ст.) та житлові будинки (18-19 ст.) [4].



Рис. 1. Автовокзал у м. Тульчин



Рис. 2. Палац Потоцьких м. Тульчин

Отже, задля збільшення туристичного потенціалу та покращення комфортності встановлено основні вимоги до планувальної організації сучасних автовокзалів у контексті їхньої реконструкції на прикладі м. Тульчин.

Перш за все, реконструйовані автовокзали повинні відповідати високим стандартам безпеки та зручності для пасажирів, що включає: модернізацію системи безпеки, безбар'єрний доступ, ефективну організацію простору (створення просторів для очікування, відпочинку та інших функціональних зон для пасажирів) [6].

Реконструйований автовокзал повинен реалізовувати сучасні тенденції в архітектурі та дизайні. У вирішенні фасадів та інтер'єрів потрібно використовувати сучасні матеріали та форми.

Висуваються також вимоги до організації простору автовокзалу – розміщення пунктів обслуговування та інших служб з урахуванням зручності та логіки руху пасажирів. А використання сучасних технологій забезпечить ефективне енергоспоживання та сталий розвиток [5].

Розробка проекту реконструкції автовокзалу з урахуванням функціональності та модульності дозволить ефективно використовувати простір та забезпечити гнучкість у використанні.

Сучасний автовокзал має бути також технологічно оснащеним для полегшення обслуговування та забезпечення комфорту пасажирів. Що досягається застосуванням електронних технологій для покращення процесів придбання та перевірки квитків, забезпеченням вільного доступу до інтернету для пасажирів та функціонерів, встановленням екранів та інтерактивних технологій для надання інформації та розваг пасажиром.

Також при реконструкції автовокзалу потрібно передбачити заходи по зменшенню впливу на навколишнє середовище: зменшення використання шкідливих для навколишнього середовища матеріалів у будівництві та дизайні, використання енергоефективних технологій, сонячних батарей та інших екологічних рішень [6].

Узагальнюючи, реконструкція сучасних автовокзалів вимагає комплексного підходу, який об'єднує безпеку, дизайн, технології та сталість до навколишнього середовища. Відповідно до цих вимог, нові автовокзали можуть стати не лише пунктом транспортної зупинки, але й комфортним та інноваційним простором для пасажирів.

## Висновки

Встановлено, що модернізація автовокзалів в маленьких містах є важливим елементом розвитку транспортної інфраструктури та покращення якості обслуговування населення. Сучасний та комфортний автовокзал може суттєво збільшити туристичний потенціал історичних міст, таких як Тульчин. Отже, необхідно підтримувати та стимулювати розвиток автовокзалів в маленьких містах, щоб забезпечити населення якісним транспортним обслуговуванням та сприяти економічному розвитку регіонів.

Розглянувши вітчизняний досвід та досвід інших країн світу щодо модернізації автовокзалів визначено чіткі особливості та правила реконструкції. Охарактеризовано основні аспекти реконструкції автовокзалів на прикладі тульчинського автовокзалу, Дотримання цих аспектів при реконструкції, модернізації чи відновленні існуючих будівель дозволить пасажиром корисно та комфортно очікувати свій рейс.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» — Введ. 2019-10-01. Київ : Мінрегіон України.
2. О. М. Коробочка. Конспект лекцій з дисципліни «проектування автотранспортних підприємств» м. Кам'янське 2017
3. В. М. Рижик. Дослідження сучасних тенденцій у проектуванні та будівництві вітчизняних і зарубіжних автовокзалів. 2015.
4. Вирський Д. С. Тульчин // Енциклопедія історії України : у 10 т. / редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. ; Інститут історії України НАН України. - К. : Наукова думка, 2013. - Т. 10 : Т -Я. -С. 784 с.
5. Управління розвитком стратегічного потенціалу автомобільного транспорту регіонів України : монографія / Корецька С. О., Ларіна Р. Р., Кристопчук М. Є. та ін. / за заг. ред. професора С. О. Корецької. Рівне : НУВГП, 2014. 256 с.
6. Рижик В. М. Класифікація сучасних автовокзалів. Містобудування та територіальне планування. № 50. Київ : КНУБА, 2013.

*Гарбузюк Емілія Федорівна* - студентка групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [eye.em6989@gmail.com](mailto:eye.em6989@gmail.com)

Науковий керівник: *Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна* – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

*Emilia Fedorivna Harbuzyuk* - student of group BM-21b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [eye.em6989@gmail.com](mailto:eye.em6989@gmail.com)

Supervisor: *Subin-Kozhevnikova Alona* – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua).

# IMPACT OF DEICING SALTS ON THE DYNAMIC STABILITY OF ASPHALT MIXTURES DURING DRY-WET CYCLE EXPOSURE

Vinnitsia National Technical University

## Анотація

У холодному кліматі дороги часто потребують спеціальної обробки протиожеледними сумішами, щоб зменшити ризики, пов'язані з утворенням паморозі та накопиченням снігу. Тим не менш, використання цих сумішей може мати негативні наслідки для асфальтобетонних композитів. Це дослідження спрямоване на з'ясування впливу протиожеледних речовин на стійкість асфальтобетонних покриттів до підвищених температур в умовах циклічного впливу вологий-сухий шляхом проведення високотемпературних випробувань на утворення колії. Емпіричні дані свідчать про те, що асфальтобетон АС-13 демонструє вищу стійкість до руйнування, спричиненого протиожеледними сумішами, порівняно з АС-16. Руйнування, спричинене протиожеледними сумішами в асфальтобетонних сумішах АС-13, у порядку зменшення інтенсивності, відбувається у такій послідовності: етанол, сечовина, технічна сіль. І відповідно, для асфальтобетонних композитів АС-16 руйнування, спричинене протиожеледними сумішами, у порядку зменшення інтенсивності, відбувається за такою послідовністю: етанол, технічна сіль, сечовина.

**Ключові слова:** асфальтобетон, динамічна стабільність, протиожеледна речовина, поперемінний насичення циклу.

## Abstract

*In frigid environments, thoroughfares frequently necessitate treatment with anti-icing compounds to mitigate the risks associated with frost formation and snow accumulation. Nonetheless, the employment of these compounds may yield detrimental consequences for asphalt composites. The present investigation endeavors to elucidate the influence of anti-icing compounds on the elevated temperature stability of asphalt composites under wet-dry cyclical circumstances via the execution of high-temperature rutting assessments. Empirical findings denote that the AC-13 composite exhibits superior resilience to anti-icing compound-induced degradation compared to AC-16. The degradation induced by anti-icing compounds in AC-13 asphalt composites, in a decreasing magnitude of severity, is as follows: ethanol > urea > industrial salt. Conversely, for AC-16 asphalt composites, the degradation engendered by anti-icing compounds, in a decreasing order of severity, is: ethanol > industrial salt > urea.*

**Keywords:** asphalt concrete, dynamic stability, deicing salt, dry-wet cycle.

## Introduction

As anthropogenic climate change intensifies globally, the field of road engineering confronts mounting obstacles. In colder regions, the presence of ice and snow on road surfaces, in conjunction with wet-dry cycles, exerts substantial influence on the high-temperature stability of asphalt pavements, giving rise to surface fissures, rut formation, and additional manifestations of deterioration[1][2]. High-temperature stability constitutes a crucial performance metric for asphalt composites, encompassing elevated temperature rutting resistance and deformation resistance. Under wet-dry cyclical circumstances, anti-icing compounds may impinge upon the high-temperature stability of asphalt composites, consequently inducing surface degradation and curtailed service life. As such, the present investigation endeavors to examine the ramifications of anti-icing compounds on the elevated temperature stability of asphalt composites under wet-dry cyclical conditions, with the intention of furnishing valuable insights for the design and execution of road engineering projects[3][4].

## Experimental method

Building upon prior investigations executed by the research team concerning the freezing point analysis of anti-icing compounds, the current study selected sodium chloride, urea, and ethanol as three deicing agents[5][6]. Considering the deicing efficacy and cost-efficiency of these agents, solutions comprising 20% sodium chloride

(NaCl), 15% urea ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), and 20% anhydrous ethanol ( $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$ ) were prepared for the dry-wet cycles. Rutting plate specimens with AC-13 and AC-16 gradations were fabricated and subjected to 0, 5, 10, 15, 20, 25, and 30 dry-wet cycles. Each cycle entailed immersing the specimens in the three solutions for 24 hours, followed by air-drying for an additional 24 hours. Upon completion of the dry-wet cycles, the dynamic stability test was administered on the rutting plates in accordance with the "Standard Test Methods for Bitumen and Bituminous Mixtures for Highway Engineering" (JTG E20-2011).

### Results analysis and discussion

Upon employing an AC-13 gradation for the asphalt composite, alterations in its dynamic stability subsequent to the dry-wet cycle evaluations are depicted in Figure 1.

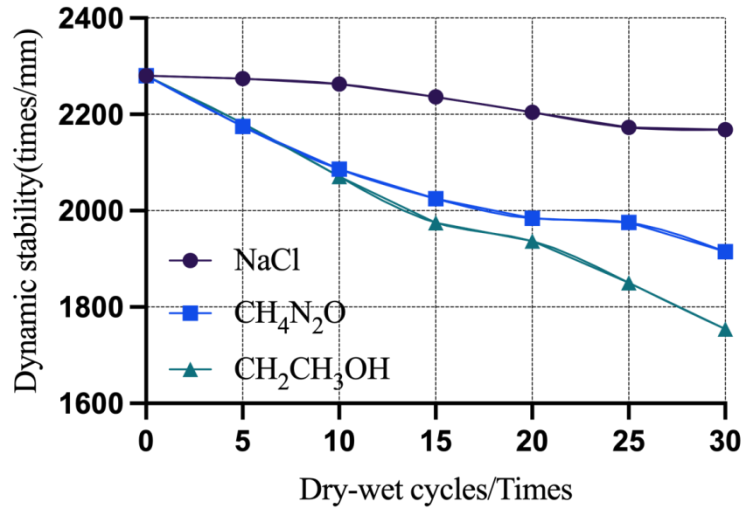


Fig. 1 Variations in dynamic stability for AC-13 gradation

Figure 1 illustrates that, for specimens with an AC-13 gradation, the dynamic stability (DS) demonstrates a declining pattern as the number of dry-wet cycles increases. The repercussions of the NaCl solution on DS are relatively minimal, succeeded by the influence of the  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution, whereas the impact of the  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$  solution on DS is the most pronounced. The disparity between the effects of the  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$  solution and  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution on DS is not considerable; however, the impact of the NaCl on DS is markedly less than that of the  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$  solution and  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution.

For asphalt composites featuring an AC-16 gradation, alterations in dynamic stability subsequent to the dry-wet cycle evaluations are depicted in Figure 2.

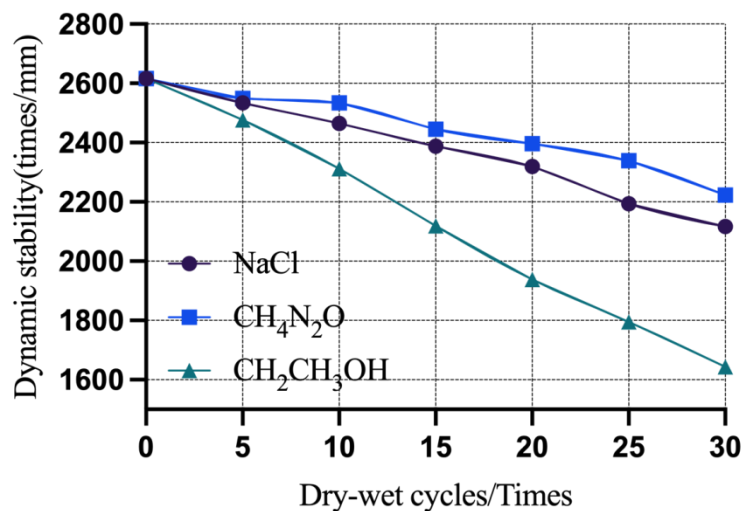


Fig. 2 Variations in dynamic stability for AC-16 gradation

Figure 2 demonstrates that, for specimens with an AC-16 gradation, the DS similarly exhibits a declining pattern as the number of dry-wet cycles increases. The repercussions of the  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution on DS are the least pronounced, succeeded by the influence of the NaCl solution, while the impact of the  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$  solution on DS is the most substantial. The disparity between the effects of the NaCl solution and  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution on DS is not considerable; however, the impact of the  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$  solution on DS is notably greater than that of the NaCl solution and  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  solution.

Upon juxtaposing Figure 1 and Figure 2, a more pronounced decrease in DS is discernible for the AC-16 gradation compared to the AC-13 gradation. This observation suggests that, with respect to dynamic stability, the influence of the three salt solutions on AC-16 exceeds that on AC-13.

### Conclusion

AC-13 and AC-16 asphalt composites underwent wet-dry cycles employing three distinct deicing salt solutions, with their alterations in high-temperature stability examined through high-temperature rutting assessments. The findings reveal that AC-13 demonstrates superior resilience to deicing salt-induced degradation compared to AC-16. In terms of the damage inflicted on AC-13 asphalt composites by deicing salts, the order of severity, in descending fashion, is:  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_4\text{N}_2\text{O} > \text{NaCl}$ . Conversely, for AC-16 asphalt composites, the order of damage severity caused by deicing salts is:  $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH} > \text{NaCl} > \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ .

### LITERATURE

1. Mingjun, G., SAFETY MEASURES FOR DRIVING ON ICY ROADS IN WINTER.
2. J. Liu, W. Zhang, Z. Li, H. Jin, and L. Tang, "Influence of deicing salt on the surface properties of concrete specimens after 20 years," *Constr. Build. Mater.*, vol. 295, p. 123643, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123643.
3. Mingjun, G. and V. Kovalskiy, Research of mechanical properties of bituminous concrete at low-temperature. 2020, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.
4. Мінцзюнь, Г. and В. Ковальський, Overview of the test method for road pavement at high temperatures. 2020, ВНТУ.
5. Ping Li, Xiyang Wei, Tengfei Nian, Yang liu, and Yu Mao, "Freezing Point Test of Deicers on Asphalt Pavement in Seasonal Frozen Region Bulletin of the Chinese Ceramic Society," *Bulletin of the Chinese Ceramic Society*, vol. 38, no. 05. pp. 1561–1567, 2019.
6. Yang liu and Ping Li, "Study on Temperature Field Prediction Model and Anti Icing Technology of Asphalt Pavement in Winter of Gansu Province," Master, Lanzhou University of Technology, 2018.

*Го Мінцзюнь*, аспірант кафедри містобудування та архітектури ВНТУ. e-mail: guo19920408@hotmail.com

*Ковальський Віктор Павлович* — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

*Guo Mingjun*, Postgraduate Department of Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: guo19920408@hotmail.com

*Kovalskiy Viktor P.* — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## НАНОМОДИФІКАТОРИ В СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Було розглянуто вплив нанотехнологій на властивості будівельних матеріалів, висвітлюючи їхню роль у підвищенні міцності, термічної стабільності та інших параметрів. Також, досліджуються різні види наномодифікаторів та їх застосування в царинах будівельної індустрії. Аналізуються результати лабораторних та польових випробувань, спрямовані на встановлення ефективності використання наномодифікаторів у практиці будівництва.*

**Ключові слова:** нанотехнології, функціоналізація, наноккомпозити, структурна стійкість, екологічна ефективність.

### *Abstract*

*The influence of nanotechnologies on the properties of building materials was considered, highlighting their role in increasing strength, thermal stability and other parameters. Also, various types of nanomodifiers and their application in the construction industry are being studied. The results of laboratory and field tests aimed at establishing the effectiveness of the use of nanomodifiers in construction practice are analyzed.*

**Keywords:** nanotechnology, functionalization, nanocomposites, structural stability, environmental efficiency.

### Вступ

Сучасна будівельна індустрія неухильно рухається вперед, і нанотехнології залишаються ключовим елементом цього прогресу. Наномодифікатори, здатні змінювати властивості матеріалів на нанометровому рівні, надають нові можливості у вдосконаленні якості та довговічності будівельних конструкцій. Буде розглянуто шість ключових аспектів використання наномодифікаторів у будівельних матеріалах, зосереджуючись на їхній ролі у підвищенні міцності, стійкості до термічних впливів та інших характеристиках, які є критичними для сучасного будівництва [1].

### Результати дослідження

За останні роки нанотехнології вийшли далеко за межі лабораторій і вступили в будівельну сферу як перспективний напрямок розвитку. У світі цього високотехнологічного етапу розвитку людства наномодифікатори стають ключовим компонентом у досягненні оптимальних властивостей будівельних матеріалів. Проаналізувавши багаторічний досвід у галузі матеріалознавства, можна відзначити збільшення інтересу до цієї проблематики та намагання висвітлити основні аспекти використання нанотехнологій для модифікації будівельних матеріалів.

Перед тим як зануритися в деталі, розглянемо основні технології наномодифікації, які показують зміну структури та властивостей матеріалів на молекулярному рівні. Використання наноккомпозитів, функціоналізація поверхні та інші методи стають об'єктом уваги, після чого вони сприяють покращенню механічних, теплових та хімічних характеристик матеріалів. З поглибленим розумінням цих процесів відкривається новий горизонт можливостей для вдосконалення будівельних конструкцій.

Однією з ключових областей дослідження є визначення впливу наномодифікаторів на міцність та стійкість будівельних матеріалів. Проводячи серію лабораторних експериментів, спрямовану на вивчення змін у кристалічній структурі та молекулярних зв'язках, можна налаштувати оптимальні концентрації наноккомпонентів для досягнення максимальної міцності та стійкості конструкції [2-3].

На початку аналізу звертаємо увагу на сучасні лабораторні методи досліджень. Використовуючи

рентгенівську дифракцію, ми можемо точно змінити зміни в кристалічній структурі матеріалів, що є ключовим моментом визначення міцності. Скануюча електронна мікроскопія дозволяє висвітлити наночастинки та їх розподіл у матриці, що є меншою мірою для розуміння механізмів підвищення міцності.

Детально аналізуємо взаємодію між наномодифікаторами та матрицею будівельного матеріалу. З'ясовуємо, як тип наномодифікатора (наприклад, наночастинки чи нанотрубки) впливає на міцність і структуру матеріалу. Розглядаємо оптимальні концентрації наноконпонентів, при яких досягається баланс між підвищенням міцності та забезпеченням оброблюваності матеріалу.

Зводимо наш аналіз до польових випробувань, в яких будівельні конструкції, зміцнені наномодифікаторами, піддаються реальному навантаженню та умовам експлуатації. Ретельно аналізуємо зміни в міцності та стійкості, зокрема в умовах екстремальних температур, вологості та механічного впливу [4].

Особливу увагу приділяємо аспекту довговічності матеріалів. Розглядаємо механізми старіння та деградації, щоб змінити, як довгий матеріал може зберегти свої оптимальні властивості. Це важливо для практичного впровадження та визначення ефективності будівельних матеріалів на тривалий термін

## Висновки

Загалом, результати дослідження свідчать про важливість використання наномодифікаторів у будівництві як перспективного напрямку розвитку, сприяючи створенню більш міцних та стійких будівельних конструкцій. Однак важливо проводити дослідження в цьому напрямку, зокрема, для оптимізації типів наномодифікаторів та їх впливу на продовження різних класів будівельних матеріалів

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: навч. посібник для стул. вищ. навч. закл. Львів : Вид-во Нац. унту "Львівська політехніка", 2009. 581с.
2. Фостащенко О. М. Дослідження сучасних тенденцій впровадження високотехнологічних матеріалів у будівництво. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. 2014. Вип. 78. С. 287-293.
3. Nanomaterials Market (Metal Oxide, Metals, Chemicals & Polymers, and Others) for Construction, Chemical Products, Packaging, Consumer Goods, Electrical and Electronics, Energy, Health Care, Transportation and Other Applications: Global Market Perspective, Comprehensive Analysis, and Forecast, 2016 — 2022."— URL: <https://www.zionmarketresearch.com/report/nanomaterials<market>.
4. Zgalat-Lozynskyy O.B. Spark Plasma Sintering of TiN (Shell)-Si 3 N 4 (Nanofiber) System / O.B. Zgalat-Lozynskyy, N.I. Tischenko, A.V. Ragulya. Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2018. 56 (11-12). P. 1-8.

**Бричанський Артур Олегович** – аспірант 2-го курсу, група 192-22а, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет; викладач спецдисциплін, Вище художнє професійно-технічне училище №5, м. Вінниця, e-mail: artyrbr@gmail.com

**Христич Олександр Володимирович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [khristych@vntu.edu.ua](mailto:khristych@vntu.edu.ua)

**Чернієнко Юлія Анатоліївна** – студент 2-го курсу бакалаврата, група Б-23мс, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: uliacernienko80@gmail.com

**Brychanskyu Artur** – 1st-year graduate student, group 192-22a, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, artyrbr@gmail.com

**Hristych Oleksandr** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: khristych@vntu.edu.ua

**Chernienko Yuliya** – 2nd year undergraduate student, group B-23ms, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: uliacernienko80@gmail.com



## ЗАГРОЗА ЗНИЩЕННЯ ТА ШЛЯХИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ КІНОТЕАТРУ ІМ. КОЦЮБІНСЬКОГО

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто проблеми та перспективи відновлення споруди кінотеатру ім. М. Коцюбинського у місті Вінниці з урахуванням історично сформованих архітектурно-просторових особливостей забудови ХХ століття. Виявлено специфіку обраного методу для досліджуваної будівлі.*

**Ключові слова:** Вінниця, вулиця Соробна, кінотеатр ім. Коцюбинського, історичні будівлі, архітектурний та просторовий розвиток, ревіталізація.

### *Abstracts*

*The problems and prospects of the restoration of the building of the cinema named after M. Kotsyubynskyi in the city of Vinnytsia, taking into account the historically formed architectural and spatial features of buildings of the 20th century. The specificity of the chosen method for the investigated building was revealed.*

**Key words:** Vinnytsia, Soborna Street, Kotsiubynskyi movie theater, historical buildings, architectural and spatial development, revitalization.

### **Вступ**

Із плином часу, зміною запитів суспільства та ростом конкуренції, значна кількість громадських споруд, побудованих впродовж минулого століття, поступово втратила свою актуальність для відвідувачів та перестала відповідати сучасним вимогам безпеки, інклюзивності, комфорту. Тим не менш, такі будівлі найчастіше є знаковими в історичній перспективі існування українських міст.

Наразі все частіше під час роботи з історичними будівлями спеціалісти в сфері архітектури та урбаністики звертаються до методів реконструкції, або ж ревіталізації. Задля збереження початкової композиції історичної вулиці, такі споруди мають зберігати свій первинний фасад, що стає візитівкою міста, а функціональна складова може змінюватись, доповнюватись відповідно до сучасних потреб.

Особливо актуальною на сьогодні є ревіталізація певних знакових об'єктів в історичній забудові м. Вінниці, наприклад кінотеатру ім. М. Коцюбинського, який функціонував на розі вул. Архітектора Артинова та Соборної ще з 30-х років ХХ ст. та вважається найстарішим у місті, але все ж зупинив свою роботу в 2021 році.

### **Результати дослідження**

При ревіталізації історичних об'єктів визначальним є підвищення функціональної значущості будівель, при найменшому втручанні в архітектурний образ комплексу, одночасно з поверненням йому первісного або наданням нового (найперспективнішого в даний час) функціонального призначення. Ревіталізація визначає наступні дії: економічні, технічні та соціальні, які орієнтовані на відновлення традиційності та досягнення розвитку певної ділянки історичного міста.

Виділяють чотири види ревіталізації: просторову, соціальну, культурну та економічну, відзначаючи, що залучення нових функцій до туристичних об'єктів передбачає переобладнання та перепланування певних просторів [1].

Відкриваючи свої двері у 1931 році, вінницький кінотеатр став знаковою спорудою для міста. Автором проекту є архітектор Валеріян Микитович Риков, що передав в камені авангардиські настрої тієї епохи [2]. Про відкриття є згадка в газеті «Ленінський шлях», яка датована 12 вересня. На першому показі демонстрували уривки радянських фільмів, але їх назви не збереглися [3].

До Другої Світової Війни об'ємно-планувальне рішення будівлі зберігало лаконічні риси конструктивізму. Проте, відповідно до загальних тенденцій в архітектурі того часу, в 1960-х роках приміщення перебудували, з'явилися знайомі колони та другий поверх. Що цікаво, заклад працював і протягом німецької окупації Вінниці [3].

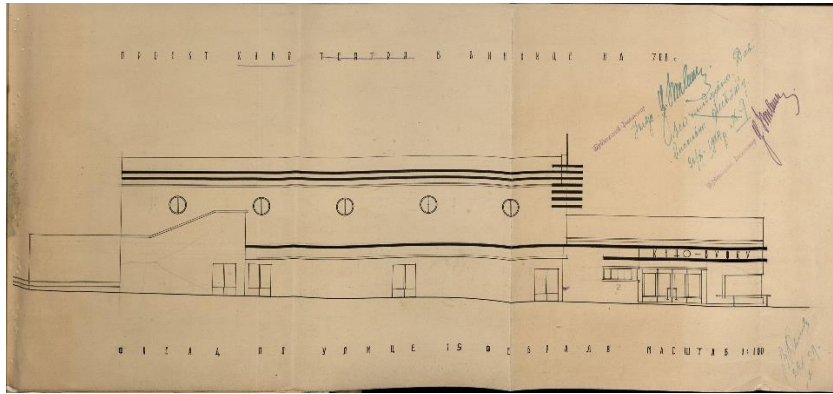


Рис.1 – Креслення кінотеатру датовані 30 вересня 1929 року [2]



Рис.2 – Фото кінотеатру ім. М. Коцюбинського, 1933 рік [4]

Історичні кінотеатри, як символи культурного спадку та архітектурної майстерності, зазнають серйозних загроз знищення в сучасному світі. Загроза не тільки втрати унікального спадку, а й втрати важливого елементу соціокультурної та міської ідентичності. З поступовим зниженням відвідуваності кіносеансів просторі приміщення кінотеатру ім. М. Коцюбинського, які від початку були спроектовані для прийому великої кількості людей, у 1995 році стали осередком дійства для вінницького Експоцентру, приводячи до швидкого відновлення культурно-освітніх зв'язків [4].

Нині кінотеатр зачинено через високі витрати на утримання та нагальній потребі в капітальному ремонті споруди, що вже відмітила свій 90-річний ювілей, адже в період пандемії у 2020-2021 році заклад працював без клієнтів. 1 листопада 2021 року будівля була безоплатно передана з балансового обліку департаменту культури об'єктів, що розташовані по вулиці Соборна, 68 на балансовий облік МКП «Вінницький фонд муніципальних інвестицій» [3].

При ревіталізації будівель та споруд певного історичного періоду забудови виникають питання доцільності вибору найкращого рішення. Незалежно від обрання методу або відповідних прийомів ревіталізації об'єкту, особливо важливим завданням виступає аналіз соціальних вимог та визначення умов такого процесу в системі міської забудови.

Тобто незважаючи на виселення кінотеатру з його історичного місця заснування із закінченням орендної плати та неможливістю втримати конкуренцію у відвідуваності на рівні міста, щоб запобігти подальшого незадоволення громадських активістів створенням бізнес-центру на даному об'єкті, варто провести дослідження для підтвердження актуальності вимог. Окрім того, використання таких інструментів як публічні дискусії стає важливою умовою безконфліктного і конструктивного розв'язання питань розвитку міста, його публічних просторів і використання комунальної власності.



Рис.3 – Фото кінотеатру Коцюбинського перед закриттям

Прикладом вдалої реконструкція історичного кінотеатру є досвід відновлення кінотеатру «Жовтень» (первісна назва «Дев'яте Держкіно»), м. Київ, що довгий час був під загрозою знищення та постраждав від підпалу (жовтень 2014). При реконструкції були зняті нашарування попередніх років в оздоблені та відтворене загальне композиційне вирішення будівлі [5].

За досвідом вдалих проектів щодо реновації та перетворення занедбаних об'єктів на центри культурного життя громади запорука їх розвитку полягає в залученні до процесу активних представників місцевої громади та пошуку однодумців, агентів змін. А вже за ними можуть піти пожертвування від меценатів та інвестиції на реалізацію запланованих проектів.

### Висновки

Здійснений комплексний історичний аналіз будівлі кінотеатру ім. Коцюбинського у м. Вінниця та оцінка перспектив відновлення і діяльності методом ревіталізації. Шляхом аналізу актуальних потреб з реновації громадських споруд було виявлено, що найдоречнішим в процесі пошуку функцій сприятливих для містян стане дослідження запитів, що допоможе задіяти простір з максимальною користю для мешканців міста.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бернацька І. Управління ревіталізацією туристичних об'єктів як інструментом залучення іноземних інвестицій / І. Бернацька, О. Брух, М. Погорєцький. // Львівський національний аграрний університет. – 2017. – С. 58–59.
2. Протоколи Управи. Державний архів Вінницької області. Оп. 9616
3. Кінотеатр Коцюбинського Вінниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zabytki.in.ua/uk/4097/kinoteatr-kotsyubinskogo-vinnitsi>
4. Субін-Кожєвнікова А. С. Розвиток архітектури м. Вінниці наприкінці XIX – у першій половині XX ст. : дис. ... канд. арх. : 18.00.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2020. 273 с.
5. Ладан, Т. Основи стратегії та моделі реконструкції кінотеатру «Жовтень» у м. Києві / Т. Ладан // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - 2015. - № 41. - С. 124-130

**Ковальчук Марія Олександрівна** — студентка групи БМ-20б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kovalchuckm9@gmail.com](mailto:kovalchuckm9@gmail.com).

Науковий керівник: **Субін-Кожєвнікова Альона Сергіївна** – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua).

**Kovalchuk Maria O.** — Student of BM-20b group of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : [kovalchuckm9@gmail.com](mailto:kovalchuckm9@gmail.com).

Supervisor: **Subin-Kozhevnikova Alona** – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua).

## РЕДЕВЕЛОПМЕНТ, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ВІДНОВЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*У роботі розглядаються основні аспекти та принципи редевелопменту, його роль у вдосконаленні інфраструктури та соціально-економічного розвитку міста. Проведено порівняльний аналіз прикладів редевелопменту в різних країнах, щоб виділити найкращі практики та врахувати їх аспекти для впровадження у відновленні українських міських територій.*

**Ключові слова:** редевелопмент, міські території, відновлення, інфраструктура, безпека, житлова нерухомість, інновації.

### *Abstract*

*The work examines the main aspects and principles of redevelopment, its role in improving the infrastructure and socio-economic development of the city. A comparative analysis of examples of redevelopment in different countries was carried out in order to highlight the best practices and take into account their aspects for implementation in the restoration of Ukrainian urban areas.*

**Keywords:** redevelopment, urban areas, restoration, infrastructure, security, residential real estate, innovation.

### Вступ

Редевелопмент, як стратегічний інструмент управління міськими територіями, набуває все більшої актуальності в контексті вирішення проблем сучасного міського середовища. У цій статті аналізується сутність редевелопменту, його роль у відновленні міських просторів, а також наголошується на перспективах впровадження цього підходу в українських містах. Провідна ідея завершується розкриттям потенціалу редевелопменту як винятково фізичного, але й соціального міського простору, сприяючи оновленню створеного сталого та інноваційного середовища для мешканців [1-2].

### Результати дослідження

За останнє десятиліття редевелопмент визнано як важливий та перспективний напрямок відновлення міських територій. Цей підхід, який поєднує в собі реконструкцію та нове будівництво, спрямований на трансформацію застарілих чи непотрібних земельних ділянок у сучасні, функціональні та естетично привабливі приміщення. Редевелопмент не лише ускладнює відновленню старих міських районів, але й полегшує сталого розвитку, підвищенню ефективності використання міської інфраструктури та створенню зручних умов для мешканців та бізнесу. У цій статті розглядаються ключові аспекти та переваги редевелопменту як стратегії відновлення міських територій у контексті сучасних викликів та потреб громад.

Редевелопмент визнається не лише засобом трансформації фізичного обличчя міста, але й ефективним інструментом для вирішення соціально-економічних завдань. За допомогою цього підходу можна стимулювати економічний розвиток, залучати інвестиції та створювати нові робочі місця. Крім того, редевелопмент сприяє формуванню громадських просторів, які сприяють соціальній взаємодії та підвищують якість життя мешканців [3].

У контексті екологічних викликів, пов'язаних з урбанізацією, редевелопмент може також сприяти збереженню природних ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля. Шляхом переосмислення та модернізації міських просторів за допомогою енергоефективних технологій та зелених зон редевелопмент може сприяти створенню екологічно збалансованих міських середовищ.

Відтак, редевелопмент виступає не лише як концепція фізичної перебудови, але й як стратегія, спрямована на досягнення економічної перспективи, соціальної інтеграції та екологічної стійкості.

Розуміння та розвинення цього шляху може вирішити успішність та сталість міського розвитку в майбутньому.

Окрім того, редевелопмент відкриває можливості для вдосконалення інфраструктури міста, що включає в себе розширення та модернізацію транспортної системи, створення нових комунальних служб та удосконалення систем водопостачання та водовідведення. Ці заходи можуть сприяти підвищенню комфорту життя мешканців та зробити місто більш привабливим для нових інвесторів і резидентів.

Важливим аспектом редевелопменту є також збереження культурної спадщини та історичних об'єктів, що може бути досягнуто шляхом та відновлення старих будівель та пам'яток. Це сприяє формуванню унікального обличчя міста, яке за рахунок минулого та сучасності [4].

У світлі стрімкого міського росту та зростання проблем із обмеженими ресурсами, редевелопмент може служити інноваційним та ефективним рішенням для оптимізації використання міських територій. Здатність адаптуватися до змін і впроваджувати новаторські підходи робить редевелопмент ключовим елементом сучасної стратегії міського розвитку.

### Висновки

Аналіз матеріалу вказує на те, що редевелопмент вирішує не лише фізичні, але й соціально-економічні завдання. Він стимулює економічний розвиток, залучає інвестиції та створює нові робочі місця, сприяє формуванню громадських просторів і підвищує якість життя мешканців. Також, редевелопмент вирішує екологічні проблеми, сприяючи збереженню природних ресурсів та створенню екологічно збалансованих міських середовищ.

Подальший розвиток і впровадження редевелопменту в міському плануванні може вирішити сучасні виклики та потреби громади, забезпечуючи стійкість та ефективність міського розвитку. Редевелопмент ви є ключовим інструментом для оптимізації використання обмежених міських ресурсів та формування відкритого, зеленого та соціально активного міського середовища

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дудар І. Н. Розвиток модернізації та перетворення міського середовища [Текст] / І. Н. Дудар, Т. Е. Потапова, А. С. Татаровська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2014. - № 1. - С. 110-115.
2. Дудар І. Н. Проблеми вдосконалення розвитку міста Вінниці [Текст] / І. Н. Дудар, О. М. Савчук, О. Г. Веремій // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2011. - № 1. - С. 97-100.
3. Дудар І.Н. Проблеми і перспективи розвитку м. Вінниці [Текст] / Дудар І.Н. // Містобудування та територіальне планування, 2010 Київ: КНУБА. – С. 165 –170
4. Закон України Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду: Закон України 22.12.06. № 525-V // Відомості Верховної Ради України, 2007. № 10. ст. 88.

**Бухтояров Олександр Володимирович** – студент 2-го курсу магістратури, група БМ-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: buhtoyarov2001@gmail.com

**Кучеренко Лілія Василівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. email: liliya13liliya13@gmail.com

**Bukhtoyarov Oleksandr** – 2st year master's student, group BM-22m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, buhtoyarov2001@gmail.com

**Kucherenko Liliya** – PhD.of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

## МОДИФІКОВАНІ БЕТОНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Результати досліджень науковців у галузі технології монолітного бетонування свідчать, що прискорення тверднення бетону вимагає нового підходу до створення цементної матриці, основою якого є регулювання процесу структуроутворення на мікро- і наноструктурних рівнях, що дозволяє забезпечити підвищення функціональних характеристик та одержати нові за складом та якісно відмінні за структурою та властивостями конструкційні матеріали.*

**Ключові слова:** високоміцний бетон, швидкотвердіючий бетон, мінеральні добавки, промислові відходи.

### Abstract

*Uzagalnyuyuchi result doslidzhen naukovtsiv at the Branch tehnologii monolitnogo betonuvannya svidchit scho priskorennya tverdnennya concrete vimagae new pidhodu to stvorennya tsementnoi matritsi, the basis yakogo Je reguluyannya Process strukturoutvorennya on mikro- i nanostructured rivnyah scho dozvolyaє zabezpechiti pidvischennya funktsionalnih characteristics that will ultimately novi for the warehouse that yakisno vidminni behind the structure and power of construction materials.*

**Keywords:** high-strength concrete, fast-setting concrete, mineral additives, industrial waste.

### Вступ

Аналіз тенденцій світового розвитку будівельної галузі свідчить про необхідність збільшення рівня використання бетонів для промислового, житлового та дорожнього будівництва [1-4]. Широке впровадження бетонів у будівництві зумовлено його універсальними конструкційними та фізичними властивостями, які забезпечують високу міцність, вогнестійкість, здатність протистояти зовнішнім впливам та забезпечити довговічність зведених будівель і споруд.

Необхідність у сучасних будівельних матеріалах у практиці сучасного будівельного виробництва як для зведення нових високоякісних будівель та споруд, так і для ремонту та підвищення ефективності існуючої інфраструктури постійно зростає [5-7]. Такі матеріали повинні характеризуватись високою функціональністю, енергоефективністю, екологічною чистотою, доступністю, довговічністю, бути економічно ефективними в структурі життєвого циклу будівельних об'єктів [8-9].

### Основна частина

Інтенсивні способи спорудження будівель вимагають сучасних технологій, які б забезпечили зниження енергетичних ресурсів, підвищення ефективності будівельних робіт в різних температурних умовах, скорочення виробничого циклу. Враховуючи, що в умовах монолітного будівництва твердіння бетону здійснюється без застосування або з обмеженням теплової обробки, обов'язковою умовою швидкісної технології є використання швидкотвердіючих в'язучих з отриманням високої міцності бетонної суміші через одну – дві доби, при цьому підвищується клас бетону, що призводить до зменшення маси виробів та конструкцій, економії бетону, сталі і зниження вартості [10].

Перспективним напрямом впровадження швидкотвердіючих високоміцних бетонів є розвиток та ремонт дорожньої інфраструктури, що забезпечить швидкість, безпеку та комфорт руху при зростаючих транспортних навантаженнях [11-12]. Розвиток дорожньої інфраструктури, що передбачає будівництво сучасних автомагістралей з високими транспортно-експлуатаційними характеристиками та швидкий ремонт транспортної мережі, вимагає використання швидкотверднучих дорожніх бетонів, які відповідають вимогам, що пов'язані зі складними умовами експлуатації [13]. Такі бетони для дорожніх та монолітних технологій повинні характеризуватись високою рухливістю бетонної суміші для якісного її вкладання та швидким набором міцності для забезпечення необхідних темпів будівництва в різних температурних умовах.

Для будь-якого типу будівництва важливим критерієм є швидкість виконання робіт, що забезпечує прискорення обігу коштів. Розробка композиційних швидкотвердіючих бетонів з використанням техногенних промислових відходів дає можливість суттєво скороти тривалість будівництва та зменшити використання природної сировини [11-14]. Економічний ефект розроблення швидкотверднучих бетонів визначається зниженням матеріаломісткості, зменшенням енерго- і трудовитрат і застосуванням техногенних відходів, значним збільшенням довговічності, і, як наслідок, збільшенням терміну міжремонтної експлуатації і зниженням експлуатаційних витрат, пов'язаних із функціонуванням будівель та споруд та з проведенням ремонтних робіт, що стало можливим завдяки забезпеченню високих показників експлуатаційної надійності бетону [12-15]

Перспективним напрямом створення високоміцних матеріалів на основі цементу є використання ультрадисперсних добавок, застосовуючи принципи формування високоміцної структури на основі надщільної упаковки [16-17]. В наш час широко використовують як модифікатори бетонів добавки метакаоліну, мікрокремнезему, золи-винос та інші. При їх уведенні до складу бетону на мікрорівні відбувається самоущільнення і значне поліпшення фізико-механічних характеристик бетону [18-19].

Необхідно відмітити, використання однокомпонентних добавок не завжди технологічно і економічно виправдано. Основним недоліком монодобавок вважають прояв негативних їх властивостей, окрім позитивного впливу на характеристики бетону і розчину. Зокрема, одні добавки підвищуючи рухливість, одночасно призводять до зниження міцності, інші сприяють зниженню температури замерзання води і підвищенню водонепроникності, проте, спричиняють корозію сталі і прискорене тверднення цементного тіста. Можливим способом зниження негативного впливу монодобавок є введення додаткового компонента, який може знизити або усунути негативний ефект монодобавки. Дія комплексних добавок є адитивною, а іноді синергетичною, що може не тільки підсилювати основний ефект добавки, але й нейтралізувати його негативний побічний ефект [20].

Особливі властивості комплексних добавок дозволяють регулювати швидкість тверднення цементного тіста і одночасно змінювати рухливість системи, структуру цементного каменю та його експлуатаційні характеристики. Значний практичний інтерес представляє використання добавок, що містять пластифікатор та неорганічний електроліт [21-22]. Одержаний ефект обумовлений формуванням у цих умовах однорідної субмікропористої структури з максимально рівномірним розподілом у її об'ємі твердої фази

При підвищенні дисперсності мікрокремнезему до нанорозмірів, суттєво прискорює процеси гідратації у зв'язку з тим, що частинки відіграють роль центрів зародкоутворення для формування більш щільних частинок C-S-H. При цьому формування фази C-S-H нічим не обмежується, і новоутворення заповнюють поровий простір. Велика кількість центрів кристалізації є причиною прискорення процесу гідратації цементу [23].

Основною особливістю дисперсних добавок мікро- та нанокремнезему є полегшення процесу зародкоутворення, оскільки їх частинки є практично ізоморфними з продуктами новоутворень. Енергетично вигідним стає ріст кристалів новоутворень на ділянці з дислокаціями, що зумовлено появою додаткової поверхні для осадження продуктів гідратації [24].

Прискорення реакції гідратації цементу при введенні нанокремнезему спричинене високою питомою поверхнею частинок і їх реакційною здатністю [25]. Однак величина питомої поверхні частинок повинна бути оптимальною, бо її збільшення призводить до зростання водопотреби та прискорення термінів тужавіння. Дослідниками встановлено, що міцність цементного розчину при введенні нанокремнезему в кількості 5% призводить до збільшення міцності на 64% через 1 добу тверднення і на 35% через 28 діб порівняно з контрольними складами [26].

Концепція розроблення високофункціональних композитів різного функціонального призначення з регламентованими властивостями потребує системного дослідження цементної матриці в широкому діапазоні рецептурних рішень на всіх стадіях кристалізації та структуроутворення. Використання ультрадисперсних добавок, наночастинки які характеризуються високою некомпенсованою поверхневою енергією і здатні істотно змінювати фізико-хімічні взаємодії в бетоні, відіграючи роль каталізаторів або центрів кристалізації залежно від хімічного складу поверхні і концентрації, дозволяє реалізувати нанотехнологічні підходи організації структури і

формування властивостей шляхом безпосереднього синтезу наноб'єктів в об'ємі тверднучої системи [27-28].

Основне завдання наномодифікування є управління процесом формування структури матеріалу від нанорівня до макроструктури бетонної суміші і кінетикою всього спектру хімічних реакцій, які супроводжують процес тверднення. Так, використовуючи нанодисперсні модифікатори, можна управляти кінетикою взаємодії між цементом і водою замішування і досягати максимальних позитивних ефектів на стадіях: розчинення цементних зерен, отримуючи задану реологію; колоїдації, забезпечуючи необхідну збереженість рухливості в часі; кристалізації, посилюючи гетерофазні межі контактних зон і, таким чином, підвищуючи міцність, водо- і морозостійкість бетону. Комплекс фізико-хімічних взаємодій в структурі цементного каменю на нанорівні створює можливість зміни реакцій гідратації, розкриваючи нові закономірності для розуміння природи гідратних фаз, а також розроблення високофункціональних бетонів, що забезпечує контрольоване і екологічно чисте виробництво бетонів.

### Висновки

На підставі детального і всебічного аналізу наукових літературних джерел і патентних матеріалів вітчизняних та зарубіжних вчених, що присвячені розробленню модифікованих багатокомпонентних в'язучих та швидкоотвердуючих будівельних композитів на їх основі, а також наномодифікуванню структури цементуючої матриці, можна зробити висновок щодо необхідності проектування наномодифікованих портландцементних композицій з високою ранньою та марочною міцністю, щільністю, деформативними властивостями, морозостійкістю. Це дозволить цілеспрямовано керувати технологічністю і кінетикою структуроутворення, інтенсифікувати початкові стадії тверднення та створити міцну і монолітну структуру бетону із високими реологічними та фізико-механічними властивостями, що визначають їх довговічність та широкий спектр галузей використання. Аналіз відомих закономірностей формування структури будівельних матеріалів дозволяє висунути гіпотезу про можливість розроблення швидкоотвердуючих бетонів для конструкційних матеріалів з регламентованими будівельно-технічними властивостями завдяки цілеспрямованому керуванню та контролю процесами раннього структуроутворення і формування структури цементуючої матриці шляхом комплексного багаторівневого модифікування на мікро-, та наноструктурному рівнях органо-мінеральними добавками, які містять суперпластифікатори, ультрадисперсні мінеральні добавки та невеликі дози нанодисперсних матеріалів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
2. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
3. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsiannykova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
4. Beresjuk, O., M. Lemeshev, and M. Stadnijschuk. "Prognose des volumens von gebäudeabfällen." Theoretical and scientific foundations in research in Engineering. 1.1: 13–19. (2022).
5. Hladyshv, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
6. Lemeshev, M., D. Cherepakha. "Perspective uses of industrial waste in the production of building materials." Scientific foundations of modern engineering: 205–210. (2019).
7. Hladyshv, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
8. Черепакха, Д. В. Використання промислових техногенних відходів Вінниччини для виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2019.
9. Korniylo, I., O. Gnyr, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
10. Лемішко, К. К. Особливості використання техногенних відходів в промисловості будівельних матеріалів. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019.
11. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).



12. Стаднійчук, М. Ю. Пріоритетні напрямки використання відходів. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019.
13. Kazachiner, O., et al. Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education. Vol. 1. International Science Group, 2022.
14. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
15. Ковальский, В. П. "Использование минеральных заполнителей, наполнителей и микронаполнителей в сухих строительных смесях для поризованных растворов." Technical research and development: collective monograph. 8.9: 360–366. (2021).
16. Сердюк, В. Р. "Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
17. Лемішко, К. К. Переробка промислових техногенних відходів виробництва. Академія технічних наук України, 2018.
18. Лемешев, М. С. Комплексне використання промислових відходів в будівельні галузі. ВНТУ, 2019.
19. Лемішко, К. К., М. Ю. Стаднійчук "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
20. Лемешев, М. С., et al. "Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних в'яжучих." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 2: 36-45. (2022).
21. Сердюк, В. Р. "Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів." (2011).
22. Woiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
23. Лемешев, М. С., К. К. Сівак "Особенности использования промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві 29.2 (2020): 24-34.
24. Гончар, С. В. "Комплексное использование техногенных отходов промышленности для изготовления строительных изделий." Алтайский государственный аграрный университет, 2011.
25. Лемешев М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христин, О. В. Березюк // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58
26. Стаднійчук, М. Ю. "Использование промышленных отходов в строительной отрасли." International Science Group, 2021.
27. Медведь, Я. О. Промислові відходи–альтернатива традиційним природним ресурсам. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021..
28. Саницький, М. А., У. Д. Марущак "Наномодифіковані портландцементні композиції з високою міцністю у ранньому віці." Строительные материалы и изделия 1 (2016): 34-37.

*Стаднійчук Максим Юрійович, аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: b15.stadniychuk@gmail.com*

*Stadniychuk Maksym - graduate student of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: b15.stadniychuk@gmail.com.*

## ПРОБЛЕМАТИКА СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВОДНО-ЗЕЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА ВІННИЦЯ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Робота присвячена проблемам планувальної організації водно-зелених територій у структурі великого міста.*

*Метою є дослідження шляхів формування ефективної планувальної організації архітектурно-ландшафтного середовища біля води в умовах урбанізованих територій сучасних міст.*

*Автор приходить до висновку, що організація водно-зелених територій міста Вінниці потребує комплексного підходу, головними аспектами якого є збереження та розвиток системи озеленення прибережних зон міських водойм, визначення їх величини та доступності, еколого-містобудівних функцій, а також створення зеленої архітектури відкритих міських просторів.*

**Ключові слова:** планування, місто, водойма, зелена архітектура, озеленення, річка, міський простір, сталий розвиток міст.

### **Abstract**

*The work is devoted to the problems of the planning organization of water and green areas in the structure of a large city.*

*The goal is to research the ways of forming an effective planning organization of the architectural and landscape environment near the water in the conditions of the urbanized territories of modern cities.*

*The author comes to the conclusion that the organization of water and green areas of the city of Vinnytsia requires a comprehensive approach, the main aspects of which are the preservation and development of the greening system of the coastal zones of the city reservoirs, the determination of their size and accessibility, ecological and urban planning functions, as well as the creation of green architecture of open urban spaces.*

**Key words:** planning, city, reservoir, green architecture, landscaping, river, urban space, sustainable urban development.

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

Розвиток водно-зелених просторів міст сприяє покращує збалансованість різних міських середовищ, забезпечує якісне життя мешканців та розвиток міських територій.

Основні переваги водно-зелених просторів у сучасних містах:

- екологічна стійкість: зелені зони сприяють покращенню якості повітря, поглибленню кореневих систем рослин, що повністю утримують ґрунт і покращують водно-повітряний обмін;
- рослинність та водні поверхні допомагають знизити температуру в міських районах;
- рекреаційний потенціал: водно-зелені простори створюють природні рекреаційні зони для мешканців, де вони можуть відпочивати, займатися спортом або просто насолоджуватися природою;
- управління дощовими водами: зелені покриття та водні об'єкти відсмоктують дощові води, запобігаючи затопленню та допомагаючи керувати водними ресурсами;
- естетика і психологічний комфорт: водно-зелені простори створюють природні елементи в міському середовищі, що покращує естетику міста та психологічний стан його мешканців.

Місто Вінниця є одним із великих обласних центрів України і розміщене на берегах річки Південний Буг. Річка Південний Буг, як одна з найбільших рік України, формує досить розгалужену систему малих рік та озер на території міста. Прибережні зони річок і озер м. Вінниці відносяться до природоохоронної захисної смуги, на їх берегах є досить зелених насаджень, розміщені пляжі, парки. Однак водно-зелені території міста Вінниці не мають сформованої архітектурно-планувальної організації і їх потенціал, як відкритих міських просторів, не використовуються подекуди зовсім. Тому актуальним є питання дослідження водно-зелених територій міста та пропозицій щодо їх ефективної інтеграції в міський ландшафт для покращення якості життя мешканців.

### **Вимоги до планувальної організації водно-зелених територій міст**

Водно-зелені системи міст включають організовані озеленені та водні простори, які формуються з метою покращення якості міського середовища: створення поблизу місць проживання населення озелених місць відпочинку, оздоровлення міського середовища, збагачення архітектурно-мистецького вигляду міст, розширення зон рекреації. Створення розвинених водно-зелених систем особливо важливе для великих міст із багатоповерховою високощільною забудовою, оскільки дозволяє покращити несприятливу екологічну обстановку, пов'язану із значним забрудненням повітря, ґрунтів, підвищеним рівнем шуму, впливу електро-магнітних хвиль тощо.

Крім того, у місті люди ведуть активний спосіб життя, постійно переміщуються транспортом для вирішення своїх справ в різних точках муніципального простору, щодня контактують із великою кількістю людей та із сучасним міським середовищем, що несе безперервний потік інформації. Це збільшує фізичні та морально-психологічні навантаження, викликає стрес.

Правильне формування планувальної організації будь-якого міського середовища направлене на допомогу в адаптації людини до міського способу життя і враховує необхідні потреби людей. Неправильно спланована або некерована, невідрегульована забудова міст призводить до зникнення зелених просторів. Це може відбуватись на всіх містобудівних рівнях за рахунок переущільнення забудови та зростання субурбанізації в екологічно цінних ландшафтах [1].

Ефективність планувальної організації водно-зелених систем поселень забезпечується за рахунок:

- оптимального співвідношення забудованих та озелених просторів;
- створення великих, просторово цілісних внутрішньоміських та приміських озелених територій, що розширює зону їхнього оптимізованого впливу та підвищує екологічну стійкість до антропогенних навантажень;
- створення зручних, переважно пішохідних зв'язків між озеленими територіями та житловими районами;
- поєднання рекреаційної та регулюючої функцій у межах однієї території;
- використання для створення та розвитку водно-зелених систем існуючих лісових масивів та обмежено придатних для забудови територій (заплавних, заторфованих, заболочених, зі складним рельєфом) [2].

Розвиток водно-зелених територій активно використовується в розвитку сучасних міст для створення сталого і здорового середовища для мешканців. Водно-зелена система міста об'єднує в себе водні ресурси і зелені території, спрямовані на поліпшення якості життя в міському середовищі. Основні складові водно-зелених просторів включають парки, сквери, бульвари, набережні, водні коридори, фонтани та інші об'єкти природи [3, 4].

### **Стан водно-зелених просторів міста Вінниці та перспективи їх ефективно організації**

Оскільки місто Вінниця утворилося на берегах річки, то це впливає на всі складові середовища: функціональну організацію, планувальну структуру, екологію. Річкова мережа несе за собою суть безперервної природної системи в місті, яка утворює просторові коридори, здатні об'єднати внутрішньоміські та приміські озеленені території в одне ціле [1, 2].

Естетичний та екологічний стан значної частини водно-зеленого каркасу міста знаходиться на низькому рівні та продовжує погіршуватися через велику транспортну насиченість, діючі промислові та житлово-комунальні підприємства, хаотичне освоєння та ущільнення житлової та громадської забудови. Це відбувається через забруднення міського середовища, порушення природного ландшафту, зникнення рослинних покривів та нераціональне використання прибережних зон, які у більшості не мають благоустрою та нецікаві міським мешканцям.

Водно-зелений каркас міста необхідно розвивати індивідуально, з огляду на особливості біосфери кожного водного об'єкту, сформовану поряд архітектурно-планувальну структуру існуючої забудови. Необхідно тяжіти до забезпечення проникнення частин водно-зеленого каркасу в усі планувальні структури міста – житлові райони та мікрорайони, промислові та комунально-складські зони, як існуючі, так і при зведенні нових міських масивів [2].

Взаємозв'язок між міськими та заміськими водно-озеленими зонами можна здійснювати за допомогою безперервного ланцюга бульварів, набережних, прогулянкових пішохідних мереж, зелених смуг уздовж магістралей, спеціальних захисних зон, які разом з водоймами, утворюючи водно-зелені діаметри, зелені клини або смуги, рівномірно за напрямом сприятливих вітрів та течією річок, пов'язуючи центральні міські райони із зеленим поясом міста [1, 5].

Долина річки Південний Буг з крутим і високим лівим берегом та низьким пологим правим, широкою заплавою істотно вплинула на планувальну структуру міста, будучи природною планувальною віссю його розвитку. Території вздовж малих рік міста є перспективними для формування ефективних водно-зелених систем.

У місті Вінниця можливості створення нових озелених територій досить обмежені. Тому резервом є заплави річок, озер, заболочені ділянки, яри, кар'єри. Сучасна будівельна техніка дозволяє формувати рекреаційні ландшафти із заздалегідь заданими властивостями на територіях, раніше не придатних для будівництва: заплавлених, заболочених, зі складним рельєфом. Це створює можливості розвитку водно-зелених систем, розширення мережі існуючих ландшафтно-рекреаційних територій у місті.

Зі зростанням міста ускладнюється містобудівна організація водно-зелених територій. Велике значення має визначення оптимальної ширини водно-зеленої території. При цьому повинні враховуватись можливості розміщення в межах водно-зелених територій парків та інших місць відпочинку, припливу збагаченого киснем повітря з передмість до центральних районів міст та їх «провітрювання».

У великих містах оптимальною можна вважати ширину водно-зелених систем – 0,5 – 0,7 км у центральній та 1,5 – 2 км у периферійній зонах міста. Це дозволяє створювати вздовж рік великі паркові комплекси, здатні протистояти несприятливому впливу міського середовища, забезпечувати аерацію прибережних районів. При формуванні водно-зелених систем використовуються як долини великих річок, а й малі річки, струмки, яри, озера. У приміських зонах ширина водно-зелених систем може бути меншою – 200 – 500 м [2, 6].

### Висновки

Формування водно-зелених територій у сучасних містах перешкоджає утворенню суцільних масивів забудови, забезпечує пропорційне чергування забудованих та озелених просторів. У цій ситуації однією з основних проблем планувальної організації міського простору є створення водно-зеленого каркасу для забезпечення комфортних умов проживання людей нинішнього та майбутніх поколінь (сталий розвиток міст).

Досліджено планувальну організацію водно-зелених територій міста Вінниці, визначено містобудівний потенціал прибережних територій. Встановлено, що основною проблемою водно-зелених територій міста Вінниці є їх мала участь в організації міського середовища у сфері соціального розвитку та в поліпшенні якості життя городян.

Ефективна планувальна організація водно-зелених територій міста можлива при комплексному підході до розвитку сучасних міських просторів, яка має враховувати:

- особливості побудови комфортного та безпечного середовища;
- тісну взаємодію природних компонентів міського простору з архітектурою;
- поєднання природно-екологічних і містоутворюючих властивостей водних об'єктів;
- індивідуальний підхід при формуванні архітектурно-просторового середовища у прибережних ареалах вільних водойм зі збереження берегової лінії;
- розвиток вже забудованих міських територій біля водойм зі створенням архітектурно-ландшафтних парків зі збереженням прибережного рослинного та водного середовищ, їх мікрокліматичних характеристик;
- відновлення просторів берегових ділянок та прилеглих до них території до якісних санітарно-гігієнічних і екологічних показників;
- включення водно-зелених територій до життєдіяльності міста шляхом створення суспільно доступних, композиційно-виразних просторів, у т. ч. у різні пори року та погодні умови;
- науковий підхід та використання сучасних проектних рішень для архітектурно-ландшафтної організації водно-зелених просторів міста.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Wines J. Green architecture. Taschen, 2008.

[2] Бородич Л. В., Савченко О. О., Конюк А. Є., Обідний О. Б., Васильєв П. О. Основи містобудування: Навчальний посібник для студентів II, III, IV курсів зі спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» освітньої кваліфікації «Бакалавр архітектури» денної форми навчання. Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2019. 145 с.

[3] Осаулко Д. Є., Бондар А. В. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві, Вінниця", 10-12 листопада 2020 р.* Вінниця : ВНТУ, 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10828>

[4] Кучерявий В. П. *Ландшафтна архітектура.* Львів, 2018. 521 с.

[5] Шевченко Л. С., Янко А. Ю. Практичний досвід формування архітектурно-ландшафтного середовища біля води. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Садово-паркове господарство.* 2022. Вип. 26. С. 282-289. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.34>

[6] ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 185 с.

**Осаулко Дмитро Євгенович** – магістр, група БМ-22м, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [osaulkodimambg17b@gmail.com](mailto:osaulkodimambg17b@gmail.com)

**Науковий керівник: Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Osaulko Dmytro Y.** – student of group BM-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia., e-mail: [osaulkodimambg17b@gmail.com](mailto:osaulkodimambg17b@gmail.com)

**Supervisor: Bondar Alena V.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

## ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ НА СКЛАДНОМУ РЕЛЬЄФІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовано об'ємно-просторові та архітектурно-проектні рішення малоповерхових будівель на складному рельєфі. Узагальнено вітчизняну та зарубіжну практику проектування та будівництва житлових будинків на схилах. Розроблено відповідні рекомендації щодо застосування інженерно-технічних та об'ємно-планувальних рішень при різних станах ускладненого рельєфу.*

**Ключові слова:** малоповерхова житлова забудова, складний рельєф, об'ємно-планувальні рішення, ступінчасті будинки, будинки змінної поверховості

### *Abstracts*

*Volumetric-spatial and architectural-design solutions of low-rise buildings on complex terrain are analyzed. The domestic and foreign practice of designing and building residential buildings on slopes is summarized. Appropriate recommendations have been developed for the application of engineering and technical and volume-planning solutions in various conditions of difficult terrain.*

**Key words:** low-rise residential buildings, complex topography, volume-planning solutions, stepped houses, variable-story houses.

### **Вступ**

Малоповерхова забудова на складному рельєфі викликає у проектувальників та архітекторів не тільки захоплення можливістю створення унікальних архітектурних рішень, але й ряд викликів, пов'язаних з особливостями рельєфу.

Об'ємно-планувальна організація малоповерхових будівель на складному рельєфі вимагає творчого підходу, інженерної майстерності та урахування природних особливостей місцевості. Збереження природи та гармонійна інтеграція будівель у ландшафт можуть призвести до створення унікальних архітектурних ансамблів, які слугуватимуть прикладом естетичного та екологічного проектування.

### **Результати дослідження**

Особливості рельєфу визначає планувальні вирішення та характер поселень. Проте, сьогодні існує проблема ефективного використання складного рельєфу під житлову забудову. Раціональне землекористування з точки зору збереження їхньої природної неповторності є одним із найбільших важливих завдань, які сьогодні стоять перед містобудівниками, що особливо актуально в контексті сталого розвитку міст [1].

Території з гірським рельєфом часто можуть мати не тільки високу рекреаційну й естетичну якість, але й культурно-історичне значення, де крутизна схилів безпосередньо впливає на характер забудови. Перш за все це стосується трасування вулиць, що приймають криволінійні форми відповідно до ухилу.

Архітектурно-планувальні вирішення будівель на складному рельєфі можуть зберігати регулярність забудови із застосуванням традиційних конструктивних рішень самих будівель [2]. Однак у разі значних перепадів висот, планувально-конструктивні рішення будівель ускладнюються. Основна складність – подолання різниці по висоті в напрямку схилу, величина якої збільшується із збільшенням ухилу та довжини будівлі. При проектуванні житла на складному рельєфі, окрім ухилу території необхідно враховувати вітрові та інсоляційні характеристики. Непридатні під забудову території (круті яри рельєфу) повинні використовуватися під рекреацію та садівництво [1].

Хоча будівництво в гірській місцевості ведеться виключно за індивідуальними проектами, їх так чи інакше можна розділити на два типи:

- ступінчасті будинки;
- будинки змінної поверховості.

Перші мають ступінчасту форму, відповідну ухилу ділянки і діляться на каскадні секційні (складаються з секцій однакової висоти, зміщених вертикально і терасні [3].

Рядкові будинки складаються з одно-, дво- і триповерхових корпусів, розташованих уздовж і поперек схилу. Забудова рядовими будинками забезпечує високу щільність при досить високому рівні комфорту. Також при будівництві рядових ступінчатих будинків можлива компенсація втрати території за рахунок терас (дахів будинків) [3].

Другий тип споруд – будинок змінної висоти по довшій стороні або по діагоналі схилу. Вони мають дах на одному рівні та різну кількість поверхів у різних частинах будівлі залежно від перепаду висот. Будівництво будинків змінної висоти можливо на схилах будь-якого ухилу.

Таким чином, типи будівель розглядаються за такими критеріями оцінки: гармонійне поєднання природного та антропогенного ландшафтного середовища; максимальне збереження природного рельєфу; максимальна інтеграція з існуючим рельєфом; екологічність і безпека; формування гармонійного міського середовища [4, 5].

Загалом, об'ємно-планувальна організація малоповерхових будівель на складному рельєфі вимагає інтегрованого підходу, що поєднує технічні інженерні рішення, естетичні аспекти та врахування екологічних факторів. Лише такий комплексний підхід може забезпечити створення більш стійких, функціональних та естетичних будівель, які гармонійно інтегруються в природний ландшафт [5].

## Висновки

Розглянуто важливий аспект проектування та будівництва житлових будинків на складному рельєфі, який визначається не лише функціональністю будівель, але й їхньою взаємодією з природним середовищем. Встановлено що однією з ключових особливостей об'ємно-планувальної організації на складному рельєфі є необхідність гнучкості та адаптивності. Природний ландшафт стає не лише відповідальним фоном, але і інтегральною частиною архітектурного рішення. Проектувальники повинні бути чутливими до ландшафту, враховуючи його форми та текстури, щоб створити гармонійне об'єднання будівель і природи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 42 с.
2. Якубовський В. Б. Основи проектування садибного житла : навч. Посібник / В. Б. Якубовський, І. В. Якубовський, О. О. Кайдановська. – : Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 228 с.
3. Raúl Narváez. Arquitectura Vernácula: Vivienda temporal en el sector de Guápulo : monografía. – Quito, 2015. – 132 с. – Режим доступу : <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4331>
4. Construcción de viviendas en Ecuador con un enfoque sostenible [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://apive.org/construccion-viviendas-ecuador-enfoque-sostenible/>
5. 2020: Tendencias y perspectivas del Sector Inmobiliario en Ecuador [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://apive.org/download/2020-tendencias-y-perspectivas-del-sector-inmobiliario-en-ecuador/>

*Слюсар Ірина Олександрівна* – студентка групи БМ-206, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [sliusaririna@gmail.com](mailto:sliusaririna@gmail.com)

*Руйс Васкес Сесар Рікардо* – студент групи БМ-18, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [cruiz3021@gmail.com](mailto:cruiz3021@gmail.com)

Науковий керівник: *Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна* – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

*Sliusar Irina Aleksandrivna* – Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [sliusaririna@gmail.com](mailto:sliusaririna@gmail.com)

*Ruiz Vasquez Cesar Ricardo* – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [cruiz3021@gmail.com](mailto:cruiz3021@gmail.com)

Supervisor: *Subin-Kozhevnikova Alona* – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

## СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА ПРОБЛЕМУ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ТИПОЛОГІЇ УКРАЇНСЬКИХ КУРОРТІВ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Досліджено актуальні питання, пов'язані з класифікацією та типологією курортів в Україні. Розглянуто еволюцію підходів до визначення та групування курортних зон, зокрема, з урахуванням їхньої історії, географічного положення, природних ресурсів та інфраструктури. Застосування сучасних підходів до класифікації курортів сприяє покращенню стратегії розвитку та підвищенню конкурентоспроможності українських туристичних напрямків. Висвітлено ключові аспекти цієї проблеми та надано пропозиції щодо оптимальних підходів до класифікації курортів в умовах сучасних викликів українського туристичного ринку.*

**Ключові слова:** класифікація, курорт, готель, котедж, комплекс, комфорт, архітектура, дизайн.

### **Abstracts**

*Current issues related to the classification and typology of resorts in Ukraine have been studied. The evolution of approaches to the definition and grouping of resort areas is considered, in particular, taking into account their history, geographical location, natural resources and infrastructure. The application of modern approaches to the classification of resorts helps to improve development strategies and increase the competitiveness of Ukrainian tourist destinations. The key aspects of this problem are highlighted and suggestions are provided regarding optimal approaches to the classification of resorts in the conditions of modern challenges of the Ukrainian tourism market.*

**Key words:** classification, resort, hotel, cottage, complex, comfort, architecture, design.

### **Вступ**

Україна, обдарована різноманітністю природних ресурсів та ландшафтів, володіє значним потенціалом для розвитку курортного туризму. Проте, в сучасних умовах, розмаїття курортів вимагає систематизації та класифікації.

Курорт – це освоєна природна територія на землях оздоровчого призначення, що має природні лікувальні ресурси, необхідні для їх експлуатації будівлі та споруди з об'єктами інфраструктури, використовується з метою лікування, медичної реабілітації, профілактики захворювань та рекреації і підлягає особливій охороні [1].

Формування сучасного ринку санаторно-курортних послуг зумовлене зростанням популярності здорового способу життя і потреби населення в якісних і відповідних за ціною курортно-оздоровчих послугах. Класифікування та типологізація існуючих видів курортів дозволить більш ефективно їх планувати та організовувати в умовах сучасного ринку.

### **Результати дослідження**

Курортом називається місцевість, що володіє природними цілющими властивостями, які використовуються для лікування мінеральними джерелами, лікувальними грязями або особливими кліматичними умовами (моря, озера, гірські ландшафти, лісові масиви, степи або умови пустельного клімату) [2].

За структурою рекреаційних потреб людини, відповідність основним функціональним класам курортів, вони бувають:

- приморські рекреаційно-відпочинкові;
- гірські активно-туристичні;
- лікувально-оздоровчі.

Кожен з класів курортів, у свою чергу, також поділяється на низку типів і підтипів, зокрема: у складі приморських курортів розрізняють курорти-SPA; таласокурорти; поселення з інфраструктурою так званого пасивного пляжного відпочинку; курортні центри з інфраструктурою активної рекреації



(аквапарками, яхтингом, серфінгом тощо); історико-культурні курортні центри; курортполіси з модерними рекреаційно-готельними комплексами (де включено: власні басейни, аквапарк, сауни, фітнес-центр, ресторани і бари, ігрові центри, дансинги).

У складі гірських курортів розрізняють два підкласи курортів (цілорічної дії і сезонної дії), на підставі чого виокремлюють курорти гірськолижні, літні активно-туристичні (маунт-байк, скелелазання, сплав гірськими річками тощо), екотуристичні, агротуристичні, мисливсько-туристичні, кліматично-оздоровчі, термальнооздоровчі тощо.

У складі лікувально-оздоровчих курортів розрізняють питні, грязеві, купально-ропні, купально-термальні, кліматичні, спелеологічні (підземні) та ін. [1].

Існує типологія курортів за соціальними характеристиками і навіть за віком споживачів курортних послуг. Так, окремі групи утворюють соціальні курорти, курортно-реабілітаційні центри для громадян з обмеженими можливостями і літніх людей, дитячі й молодіжні курортні «містечка» тощо [2].

Для комфортного перебування гостя слід приділяти увагу естетичним складовим готельного середовища, вони формуються за рахунок художньо-просторової організації житлового простору людини шляхом різноманітних засобів. Вдале проектування композиції простору формує певні стилістичні ознаки інтер'єру і сприймаються цілісно, гармонійно [3].

Готель – це будівля або комплекс будівель, що призначені для короткочасного проживання людей з метою здійснення різних видів діяльності. У готелі повинні бути створені умови для забезпечення безпеки життя, здоров'я туристів, зберігання їхнього майна та захисту навколишнього середовища. Сучасні готелі відрізняються за призначенням, місткістю, поверховістю, типами конструкцій, рівнями комфорту, режимами, експлуатації (цілорічні, сезонні), місцем розташування (місто, курорт тощо), функціональним призначенням, забезпеченістю харчуванням, тривалістю проживання в них, рівнями цін. Усі ці фактори враховуються при проектуванні і впливають на склад приміщень готелю, архітектурно-планувальну структуру будівлі тощо. Основні ознаки, що характеризують готелі: місткість, поверховість, призначення і рівень комфорту [3].

Курортні готелі радянського типу часто не відповідають сучасним стандартам та вимогам, що висувають сьогодні суспільство і туристична індустрія. Перш за все, готелі радянського періоду мають суттєві обмеження в архітектурі та дизайні, тобто восьмиповерхові, десятиповерхові чи дванадцятиповерхові будівлі з одним архітектурним стилем – радянський конструктивізм. Усі готелі мають типові риси, і не надто відрізняються один від одного вишуканістю деталей чи яскравими елементами оформлення декору [4]. Типові назви, типові будівлі та навіть типові кольори – радянський спадок. Створюючи таку споруду архітектори не передбачали майбутнє та не попідкувалися про облаштування місць для паркінгу, адже у той час потреби у місцях паркування не було (рис. 1).

Такі готелі створюють агресивне візуальне середовище. Це притаманне всім багатоповерховим будівлям, коли на величезній стіні розташована велика кількість вікон, яких так багато і вони настільки однакові, що, по суті, порушується основна функція зору – визначення, куди дивляться очі, і що вони бачать. Всі ці будинки мають прямі дахи, що не надто сприятливо для очей, оскільки погляду на такий лінії нема за що «зачепитися». Різка межа, яка відокремлює плоский дах від неба, порушує зорове сприйняття [5] (рис. 2).



Рис. 1. Готель «Партія» м. Сергіївка, Одеська область



Рис. 2. Готель «BLACK SEA CENTRAL» м. Одеса

На даний момент, найбільшу перевагу мають готелі котеджних типів через свою індивідуальність та привабливість, сучасний дизайн та комфорт. Котеджні готелі надають гостям більше приватності та індивідуальності порівняно з типовими готелями радянського часу, також вони асоціюються із зручностями для відпочинку, такими як сади, басейни чи території для барбекю, що може приваблювати більше туристів.

Готельний комплекс складається з різних за призначенням зон. Багатофункціональний простір включає в себе кафе, виставкову залу, освітній простір, готельні номери. Ці особливості функціонального простору мають враховуватись при проектуванні і дизайні [6].

Сучасні погляди на проблему класифікації та типології українських курортів відзначаються комплексним підходом. Врахування географічних, лікувальних, рекреаційних, культурних та інших аспектів дозволяє визначити унікальні характеристики кожного курорту та забезпечити різноманітність пропозицій для туристів. Класифікація курортів важлива для вивчення та розуміння їхнього потенціалу та сприяє ефективному розвитку туристичної галузі в Україні.

## Висновки

Здійснено комплексне дослідження особливостей курортів, встановлено недоліки радянських готелів та переваги готелів котеджного типу. Встановлено, що типологія курортів включає в себе різні види відпочинкових місць, що можуть варіюватися від морських курортів з пляжами до гірських курортів або спа-центрів.

Встановлено, що період радянської епохи визначився типовими готелями, які спроектовані та побудовані за стандартами того часу. Зазвичай, це були великі готелі, що обслуговували велику кількість гостей, але з часом багато з них стали застарілими та не відповідали сучасним стандартам. Сучасність представлена новими котеджними готелями, які акцентують індивідуальність, комфорт та приватність. Вони адаптовані до сучасних очікувань гостей, надаючи більше можливостей для насолоди природою та індивідуального відпочинку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект Лекцій з дисципліни «Культурологія» О.М. Кравець, А.А. Рябев, Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016 р.
2. Класифікація курортів України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://pidru4niki.com/1424062041946/turizm/klasifikatsiya\\_kurortiv\\_ukrayini](https://pidru4niki.com/1424062041946/turizm/klasifikatsiya_kurortiv_ukrayini) (дата звернення: 10.11.2023).
3. Методичні вказівки з навчальної дисципліни «Архітектурне проектування» до виконання курсового проекту «Готель на 100 місць». Бичковська Л.С., Потапчук І.В., Сергіюк І.М. – Рівне : НУВГП, 2019. – 28 с.
4. Готелі радянського типу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://leopolis.one/uk/eternal/goteli-radyanskogo-lyova-3617> (дата звернення: 10.11.2023).
5. Петрук В. Г. Відеоекологія. Позитивні тенденції та перспективи розвитку [Текст] / В. Г. Петрук, О. О. Цвенько, С. М. Кватернюк // Збірник наукових статей III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю, Вінниця, 21-24 вересня 2011 р. - Вінниця : ВНТУ, 2011. – Т. 2. - С. 715-718.
6. Писаревський І. М. Матеріально-технічна база готелів: підручник / І. М. Писаревський, А. А. Рябев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 286 с.

**Слюсар Ірина Олександрівна** – студентка групи БМ-206, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [sliusaririna@gmail.com](mailto:sliusaririna@gmail.com)

**Руйс Васкес Сесар Рікардо** – студент групи БМ-18, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [cruiz3021@gmail.com](mailto:cruiz3021@gmail.com)

Науковий керівник: **Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна** – к. архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

**Sliusar Irina Aleksandrivna** – Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [sliusaririna@gmail.com](mailto:sliusaririna@gmail.com)

**Ruiz Vasquez Cesar Ricardo** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [cruiz3021@gmail.com](mailto:cruiz3021@gmail.com)

Supervisor: **Subin-Kozhevnikova Alona** – Ph.D. (Candidate of Architecture), Senior Lecturer of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [subinkozhevnikova@vntu.edu.ua](mailto:subinkozhevnikova@vntu.edu.ua)

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ГОТЕЛІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*В статті детально розглядаються архітектурно-планувальні особливості екологічних готелів, зосереджуючись на їхній типологічній структурі та ключових характеристиках планування. Представлено різноманітні варіанти готелів, які враховують екологічні аспекти, зокрема готелі, побудовані з урахуванням культурних традицій місця, купольні конструкції, готелі на палях, мережі невеликих котеджів, а також глемпінги. Окрім цього, освітлені основні принципи проектування екологічних готелів, серед яких важливе місце відводиться забезпеченню гармонійного взаємодії з природним середовищем. Зокрема, це включає занурення гостей у природу, збереження певного рівня комфорту, повагу до культурних традицій у розташуванні готелів та використання альтернативних джерел енергії.*

**Ключові слова:** екологічні готелі, малі готелі, глемпінги, стійка архітектура, архітектурно-планувальні особливості, типологічна структура, принципи проектування.

### Abstract

*The article examines in detail the architectural and planning features of ecological hotels, focusing on their typological structure and key characteristics of planning. A variety of eco-friendly hotel options are featured, including hotels built around local cultural traditions, dome structures, hotels on stilts, chains of small cottages, and glamping sites. In addition, the main principles of designing ecological hotels are highlighted, among which an important place is given to ensuring harmonious interaction with the natural environment. In particular, this includes immersing guests in nature, maintaining a certain level of comfort, respecting cultural traditions in hotel locations and using alternative energy sources.*

**Key words:** ecological hotels, small hotels, glampings, sustainable architecture, architectural and planning features, typological structure, design principles.

### Вступ

У останні роки в світі спостерігається значне збільшення кількості готелів, які претендують на статус екологічних. Проте на практиці такі заклади часто виявляються дуже різноманітними у своєму підході. Терміни «екологічний готель» або «готельний будинок» можуть мати різне тлумачення залежно від джерела. Аналізуючи світовий досвід у проектуванні та будівництві еко-готелів, можна виділити два основні напрямки: готелі, спрямовані на екологічний туризм, та звичайні готелі, що зводяться віддалено від населених пунктів, переважно із використанням природних матеріалів.

### Результати дослідження

Сьогодні в світі велика увага приділяється екології, зокрема в туристичній галузі, де активно розвивається напрям стійкого або екологічного туризму [1]. Основні принципи цього напрямку включають в себе:

1. Оптимальне та дбайливе використання всіх природних ресурсів для збереження природної екосистеми.
2. Збереження соціокультурної ідентичності, культурної спадщини та традицій спільнот, які приймають туристів.
3. Створення довгострокових економічних зв'язків, сприяючи зростанню добробуту спільнот.

Цим вимогам відповідає стійка архітектура, її основні принципи включають максимальне використання екологічних та енергоефективних технологій і врахування соціально-культурних особливостей місця проектування. У стійкій архітектурі виділяються два основні підходи:

1. Активне включення в архітектуру всіх новітніх технологічних розробок з

енергоефективності, розумного управління будівлею та використання нових матеріалів.

2. Застосування об'ємно-просторових та архітектурних методів, що впливають на енергоспоживання та ресурсозбереження, а також максимальне використання природних, а не механічних способів роботи інженерних систем.

Еко-готель (екологічний готель) – невеликий готель, споруджений відповідно до принципів стійкої екологічної архітектури та спрямований на розвиток стійкого екологічного туризму. Зазвичай такі готелі знаходяться в сільській місцевості або на особливо охоронюваних природних територіях. Структура номерного фонду таких готелів включає кілька котеджів або приміщень для проживання, таких як намети чи капсули, з призначеним для них готельним сервісом [2].

Особливістю еко-готелів є використання як сучасних, так і традиційних екологічно чистих матеріалів, які не завдають шкоди навколишньому середовищу. Також в них активно застосовують відновлювані джерела енергії та води, а також використовують екологічно орієнтовані будівельні технології, будь то сучасні або традиційні. Зазвичай місткість таких готелів не перевищує 50 осіб, і вони розташовані в різних країнах та регіонах світу, при цьому спостерігаються загальні тенденції в їхньому дизайні та проектуванні [3].

Одним із типів екологічних готелів можна виділити готелі, що будуються з врахуванням культурних традицій конкретного місця проектування. У цих готелях використовуються технології та матеріали, що відображають народне житло, і вони поєднуються з сучасними архітектурними формами. Зазвичай вони представляють собою мережу котеджів, кожен з яких складається з 2-х - 4-х місних номерів для проживання, і іноді включає громадський блок. В таких готелях номери оснащені всіма необхідними зручностями, відповідно до класу готелів.

Наступним типом екологічних готелів, можуть бути купольні конструкції. Ці конструкції виготовляються зі збірно-розбірних каркасів, які покриті плівкою або склом. Готелі цього типу спрямовані на об'єднання людини з природою та використовують максимальну кількість сучасних матеріалів та енергоефективних технологій. У кожному куполі розташований номер для 2-3 осіб, зазвичай із можливістю розміщення додаткового спального місця та санвузла. Такий готель може складатися з кількох купольних номерів і одного або кількох великих купольних споруд, де розміщені обслуговуючі функції, такі як харчування, дозвілля, адміністрація і інші.

Ще одним типом екологічних готелів є готель на палях, що зазвичай знаходиться в лісових та гірських місцевостях. Такий готель здебільшого виготовлений із дерева та має мінімальний вплив на ґрунт та існуючі екосистеми. Основна мета полягає в максимальному збереженні природних умов навколишнього середовища. Готель на палях активно використовує енергоефективні технології для зменшення впливу на навколишнє середовище. Споруджений на високих палах, він дозволяє уникнути значного втручання в ґрунт та забезпечує збереження екосистем. Такий готель створює зручні умови для відпочинку, забезпечуючи при цьому збалансований підхід до використання природних ресурсів та довкілля.

Ще одним типом еко-готелів є мережа невеликих котеджів та окремих будівель із обслуговуючою функцією. Зазвичай ці споруди виготовлені із дерева та металу і розташовані віддалено від населених пунктів. Такі готелі активно використовують сучасні енергоефективні технології та втілюються в сучасній архітектурній стилістиці. Ця мережа включає невеликі котеджі та окремі будівлі, кожен із яких може виконувати різноманітні обслуговуючі функції. Використання дерева та металу дозволяє зменшити екологічний вплив і забезпечити гармонійну інтеграцію з природним оточенням. Такий підхід сприяє створенню комфортних умов для відпочинку та відповідає вимогам екологічної стійкості.

Останнім типом еко-готелів можна виділити глемпінги, які є дуже поширеним типом екологічних готелів, представляючи собою форму екологічного туризму з високим рівнем комфорту та специфічним підходом до номерного фонду. У глемпінгах номери завжди втілені у вигляді тимчасових споруд, таких як тенти, намети, капсули, каркасні сфери та інші. Це дозволяє їх трансформувати та легко переміщувати з місця на місце. Хоча глемпінги надають гостям високий рівень комфорту, вони зазвичай пропонують мінімальний перелік готельних послуг, таких як харчування, прибирання, можливість самостійного приготування їжі, охорона, прокат інвентарю та інше. Ці готелі розташовані по всьому світу та мають місткість до 50 осіб. Основна ідея глемпінгів полягає в максимальному злитті з природою, зберігаючи при цьому певний рівень комфорту. Оскільки глемпінги не є постійними будівлями, вони ідеально підходять для розташування поблизу або безпосередньо на природних територіях, особливо охоронюваних [4].

## Висновки

Так, основні принципи створення екологічних готелів включають забезпечення занурення людини у природу, збереження певного рівня комфорту, турботу про навколишнє середовище та врахування культурних традицій у розташуванні готелів, а також максимальне використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії. Будівництво еко-готелів повинні відповідати принципам: занурення в природу з комфортом, дбайливе ставлення до природи та культурних традицій, розташування готелів, максимальне використання відновлюваних джерел енергії.

Структура екологічних готелів включає різні типи: готелі, що враховують культурні традиції місця та використовують традиційні матеріали; готелі у вигляді купольних конструкцій; готелі на палях, які мінімізують вплив на ґрунт та екосистеми; мережа невеликих котеджів у сучасній архітектурній стилістиці; глемпінги, які використовують тимчасові споруди, такі як тенти, намети, капсули та інші. З погляду архітектурно-планувальних особливостей ці готелі активно впроваджують екологічні та енергозберігаючі технології, зберігають культурні традиції та використовують природні матеріали, зокрема дерево. При цьому вони реалізовані як тимчасові та трансформовані споруди, що дозволяє мінімізувати кількість постійних будівель.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sustainable development. URL: <https://www.unwto.org/sustainable-development>
2. Інноваційний підхід до впровадження концепції «екологічний готель». URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/26633/1/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C.pdf>
3. Коваленко В.О., Вівсюк І.О. Екоготелі як інноваційна концепція гостинності. *Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв*: матеріали. II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Кривий Ріг, 30 квітня 2021 р. С.272-273.
4. Ronstedt M., Frey T. Construction and Design Manual Hotel Buildings. Berlin: DOM publishers, 2014. 304 p.

**Тягій Антон Юрійович** — студент групи БМ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [antontagij4@gmail.com](mailto:antontagij4@gmail.com)

**Рундюк Світлана Володимирівна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

**Tiahii Anton** — student of BM-21b group, faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [antontagij4@gmail.com](mailto:antontagij4@gmail.com)

**Svitlana Ryndiuk** — PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

## ПРОБЛЕМАТИКА ПРИСТОСУВАННЯ ДО СУЧАСНИХ УМОВ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА П'ЯТНИЧАНСЬКОГО ПАРКУ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Проаналізовано основні проблеми адаптації до сучасних умов паркової території палацово-паркового комплексу Грохольських в П'ятничанах. Висвітлено кожну з проблем та надано аргументовані пояснення щодо можливого регулювання необхідних рішень.*

**Ключові слова:** Грохольські, парк, палацово-парковий комплекс, П'ятничани, проблеми.

### **Abstract**

*The main problems of adaptation to the modern conditions of the park territory of the palace-park complex of Groholski in Pyatnychany are analyzed. Each of the problems is highlighted and reasoned explanations are given regarding the possible regulation of the necessary solutions.*

**Keywords:** Groholski, park, palace and park complex, Pyatnychy, problems.

### **Вступ**

Багато парків в Україні, що є сьогодні пам'ятками були створені на базі природних лісових масивів поблизу міст і сіл. При цьому шляхом відновлення та висадки дерев і чагарникової рослинності створювалися красиві ландшафти. Сьогодні ці парки є парки є важливою частиною культурної спадщини, та проте вони дуже відрізняються від тих, якими вони були в період свого розквіту. Це результат бурхливих подій 20 століття та природного занепаду насаджень. Природне старіння насаджень збільшилося, і багато з них досягли своєї вікової межі. Тому вкрай важливо зберегти парки, які ще існують, і працювати над відновленням втрачених плантацій.

Метою роботи є визначення формування переліку основних проблем пристосування парку Грохольських та визначення алгоритму подальших дій. Основними завданнями є : проаналізувати стан дослідження, визначити основні проблеми, охарактеризувати дану проблематику та встановити алгоритм для рішень.

### **Результати досліджень**

Сучасний стан П'ятничанського парку зумовлений такими факторами, які вказують на його недостатню пристосованість до умов сьогодення. Аналізуючи проблематику адаптованості парку, можна виділити низку проблем (Рис. 1)

Однією із них є відсутність проектної документації. Оскільки, саме це унеможливає ефективну роботу. Тому, підхід до розвитку парку може бути неструктурованим та хаотичним, впливати на якість та результат адаптації території та палацу до вимог сьогодення.

З огляду на те, що П'ятничанський парк є пам'яткою садово-паркового мистецтва місцевого значення (охоронний номер – ЗПМ 2/555)[1]. Це також є вагомою причиною недостатньої пристосованості. Оскільки, це створює низку викликів та вимог з обмеженнями проектної діяльності. Бо історичну цінність та архітектурні особливості парку потрібно зберігати, але одночасно із тим це стає обмеженням для впровадження більш сучасних пропозицій, які б відповідали змінам та потребам сучасного суспільства.

Місцеві громадяни дуже стурбовані щодо майбутнього П'ятничанського парку, тому зробили перший крок, подавши у березні 2023 року петицію. Вона містить такий текст: «П'ятничанський парк колись був одним з найкращих європейських парків. Його проектував для родини власників маєтку на П'ятничанах - Грохольських відомий паркобудівничий Діонісій Макклер (інколи пишуть Мак-Клер або Міклер), який закінчив Лондонську школу паркобудування. Зараз через десятки років

безгосподарності парк перетворився на жалюгідні залишки минулої розкоші. Дбайливо вирощені дерева вмирають, ставок, на якому ще двадцять років тому плавали човнами, всихає. За паспортом парк є власністю Вінницької територіальної громади але переданий Вінницькому обласному клінічному високоспеціалізованому ендокринологічному центру, який його майже знищив. Все, що робить керівництво закладу, це отримує гроші з обласної ради на знищення дерев, які зрізають. Парками мають займатись ті, хто розуміє, як доглядати за деревами, як розвивати парк та повернути мешканцям публічний простір для відпочинку.

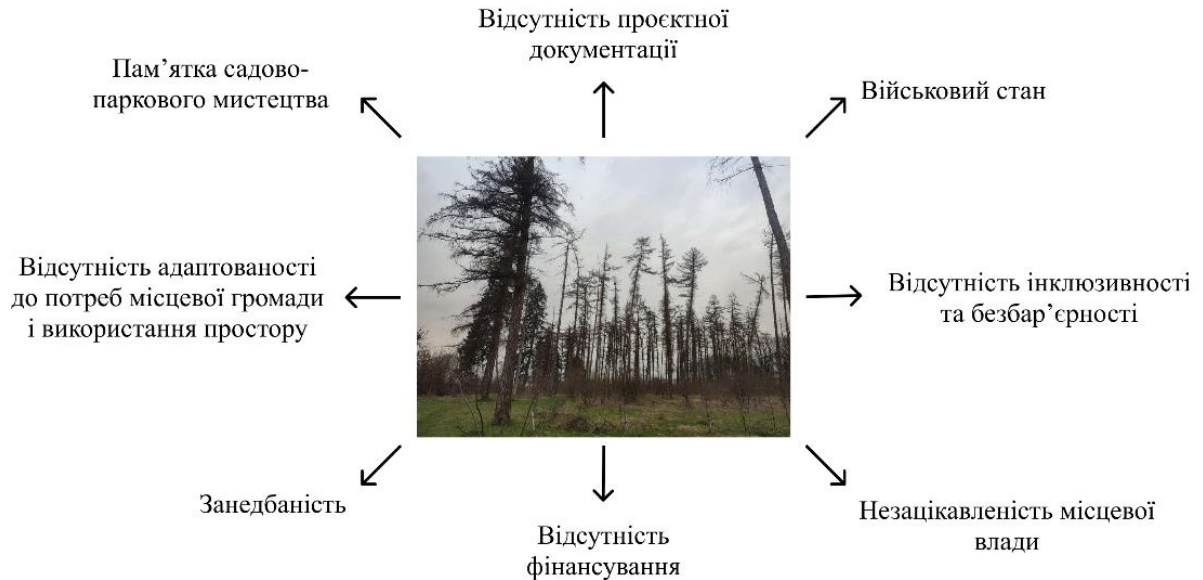


Рисунок 1. Схема з виявлення проблем пристосування П'ятничанського парку

Тому важливо повернути парк громаді, зупинити знищення залишку дерев і розробити стратегію його відновлення. І тільки Вінницька міська рада може повернути місту парк, якщо звернеться до балансоутримувача з вимогою повернути парк місту» [2]. Тому, звідси можна зробити висновок, що попри бажання місцевих громадян, кроки управління на відновлення парку є незначними. Хоча, варто зазначити, що з на сьогоднішній день Департаментом архітектури та містобудування ВМР сформований брендбук майбутнього вигляду парку.

Ще однією із проблем пристосування парку є відсутність інклюзивності та безбар'єрності простору. Сучасне суспільство прямує до застосування принципу рівності для усіх громадян. А відсутність чи порушення даного принципу призводить до виключення та несприйняття маломобільних груп населення. Впливає на загальний комфорт та психологічний стан усіх відвідувачів. Тому, інклюзивність та безбар'єрність є необхідними елементами для створення доступного простору для соціальної інтеграції територій. Для цього потрібно враховувати потреби даних груп населення при плануванні парку. МГН повинні бути забезпечені засобами безпеки, орієнтування та отримання інформації у доступному середовищі. В свою чергу дане середовище повинно включати такі складові, як тактильні елементи доступності, візуальні елементи доступності та аудіопоказники [3]. При проектуванні алей, пішохідних та вело-пішохідних доріжок потрібно влаштовувати тактильні смуги, які мають ширину не менше ніж 20 см і знаходяться з обох сторін доріжки. Зазвичай для влаштування цих смуг використовують рельєфну гранітну бруківку або бруківку із фаскою. Також, потрібно розташовувати місця для людей на колісних кріслах або для дитячого візка біля лав[4].

Наявність укриттів додатково є однією з умов нового пристосування парку в системі міста Вінниці. Відповідно, постає проблема використання підвальних приміщень або проектування нових споруд, які б вписувались в загальні концепції розвитку пам'ятки.

На сьогоднішній день територія П'ятничанського парку в користуванні в КНП «Вінницький обласний клінічний високоспеціалізований ендокринологічний центр Вінницької обласної ради». Але, на жаль, адміністрація диспансеру також не є зацікавленою в розвитку та благоустрою парку. На території відсутні лави, урни, стежки, алеї та велодоріжки, які є базовими потребами відвідувачів та містян.

Також, існує проблема зонування, від того і простір парку не використовується у повній мірі, хоча має досить великий потенціал та міг би зацікавити велику кількість відвідувачів.

Отже, можна зробити висновок, що стан парку є занедбаним і це також є причиною у пристосуванні парку до сучасних умов.

### Висновки

Проаналізовано проблеми пристосування П'ятничанського парку до сучасних умов життя та відпочинку суспільства. Визначено, що парк наразі функціонує і є територією ендокринологічного диспансеру міста Вінниці, проте стан занедбаний. Досліджено та охарактеризовано дані проблеми та визначено напрямки розвитку рішень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тиманович Є. В., Денисова Л.М. Паспорт «П'ятничанський парк». Департамент містобудування та архітектури м. Вінниці, Вінниця, 2007. – 18 с.
2. Єдина система місцевих петицій. [Електронний ресурс]: [//https://petition.e-dem.ua/vinnytsia/Petition/View/2566//](https://petition.e-dem.ua/vinnytsia/Petition/View/2566//), Вінниця. 2022.
3. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Державне підприємство Укрархбудінформ, Київ, 2018. – 63 с.
4. Довідник з благоустрою парків. Урбанина, 2022. – 154 с.

**Кошова Анастасія-Юлія Олегівна** - студентка групи БМ-20б, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [nastiayulia08@gmail.com](mailto:nastiayulia08@gmail.com)

Науковий керівник: **Хороша Оксана Іванівна** – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua)

**Koshova Anastasiia-Yuliia**— student of BM-20b group, Faculty of Construction, civil and ecology engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [nastiayulia08@gmail.com](mailto:nastiayulia08@gmail.com)

Supervisor: **Khorosha Oksana** - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua)



## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ СХОВИЩ В БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЛЯХ

Вінницький національний технічний університет;

### **Анотація**

*Дана робота спрямована на вивчення та аналіз основних положень проектування сховищ багатоповерхових будівель. Зокрема, у роботі розглядаються питання, пов'язані будівельними матеріалами, що слід використовувати при будівництві таких об'єктів. Акцент робиться на технічних аспектах проектування, таких як витривалість конструкції, системи вентиляції та забезпечення безпеки.*

**Ключові слова:** захисні споруди, захист, будівельні матеріали, огорожувальні та несучі конструкції, проектування, нормативні документи.

### **Abstract**

*This work is aimed at the study and analysis of the main provisions of the design of warehouses of multistory buildings. In addition, the work considers issues related to construction materials that should be used in the construction of such objects. Emphasis is placed on technical aspects of design, such as structural durability, ventilation systems, and safety.*

**Keywords:** protective structures, protection, building materials, enclosing and supporting structures, design, regulatory documents.

### **Вступ**

Військова агресія Росії проти України призвела до висновку, що зростає велика необхідність у проектуванні сховищ для збереження життя та захисту людей від наслідків ракетних ударів. ДБН В.2.2-15:2019 "Житлові будинки"[1] регламентує створення у складі житлових будинків захисних приміщень цивільного захисту, що включає вплив небезпечних факторів внаслідок бойових дій. Багато цивільних загинули саме через враження уламками ракет під час обстрілів міст. Пошук відповіді на запитання "чому саме так склалося", змусив провести аналіз наявних захисних споруд у будинках та переглянути чи відповідають вони будівельним нормам та стандартам.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту захисними спорудами цивільного захисту є інженерні споруди, які призначені для захисту населення від впливу небезпечних факторів, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів[2].

Мета дослідження: проаналізувати відповідності чинної нормативної й законодавчої документації стосовно захисту цивільного населення сучасним вимогам.

### **Результати дослідження**

Згідно з новим ДБН В.2.2-5:2023 "Захисні споруди цивільного типу" [3], який набере чинності з 19 грудня 2023 року, встановленні вимоги до проектування та будівництву захисних споруд цивільного захисту (сховищ, протирадіаційних укриттів) та споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів [4-6]. Їх слід застосовувати при новому будівництві та реконструкції захисних споруд цивільного захисту.

Захисні споруди призначені для захисту в мирний час людей, від наслідків стихійного лиха, аварій, тощо. Захисні споруди цивільного захисту та споруди подвійного призначення проектуються та будуються таким чином, щоб створити належні умови для перебування певної кількості осіб протягом певного часу (до 48 годин), та забезпечити належний рівень захисту від передбачуваних наслідків та небезпечних факторів, які можуть виникнути в рамках небезпечних ситуацій, військових (бойових) дій, терористичних актів тощо. Найпростіше укриття - це цокольне або підвальне приміщення будівлі чи споруди.

Згідно з ДБН В.2.2-5:2023 захисні споруди та споруди подвійного призначення проектуються з

урахуванням таких вимог:

- Розподілу інженерно-технічних заходів цивільного захисту у містобудівній документації відповідно рівня з урахуванням радіусу збору населення;
- Розподілу інженерно-технічних заходів цивільного захисту у проектній документації на будівництво об'єктів різного призначення.

Радіус збору населення визначається з урахуванням радіусу пішоїдної доступності населення до захисних споруд та споруд подвійного призначення, який приймають з урахуванням особливостей місцевості та рельєфу:

300м – для багатоповерхової забудови, забудови підвищеної поверховості та висотної забудови;

500м – для середньоповерхової та малоповерхової забудови;

300м – для суб'єктів господарювання віднесених до відповідних категорії цивільного захисту;

Не більше 500м – для інших суб'єктів господарювання; [3]

Окремо розташовані сховища та споруди подвійного призначення повинні знаходитися на відстані будинків і споруд, яка дорівнює їх висоті. Такі споруди відносно планувальної позначки землі проектується заглибленими або частково заглибленими. При виборі способу розміщення відносно планувальної позначки землі слід враховувати геологічні, гідрологічні та інші умови.

Не допускається розташовувати захисні споруди та споруди подвійного призначення:

- Під виробничими та складськими приміщеннями, в яких розташовані резервуари з шкідливими рідинами, печі з розтопленими металами або іншими речовинами;
- На схилах, не захищених від зсувів або інших геологічних процесів;
- У приміщеннях, в яких є магістральні та інші транзитні тепло- та водопроводи, якщо немає можливості двостороннього їх відключення;

Не ближче за нормативну протипожежну відстань відповідно вимог ДБН Б-2.2-12, ДСТУ 9058, але не ближче 30 м. від сховищ або складів з горючими речовинами та матеріалами. [3]

Огороджувальні та несучі конструкції сховищ, слід розраховувати на особливе поєднання навантажень, що складається з постійних, тимчасових навантажень та статичного навантаження еквівалентного дії динамічного навантаження від ударної хвилі. Конструкції повинні бути, крім того, перевірені розрахунком з урахуванням найбільш несприятливих сполучень навантажень або відповідним їм зусилля при експлуатації приміщень сховищ у мирний час, а також на виникаючі зусилля та збереження герметичності сховищ при можливості осідання окремих навантажених опор сховищ від експлуатаційного навантаження надземної частини будинку або споруди.

Для будівництва захисної споруди цивільного значення мають використовуватися сучасні міцні та негорючі матеріали: бетон, залізобетон, камінь, цегла, метал [7-9]. Не використовувати дерево, полімерні, інші горючі та легкозаймісті матеріали (за винятком гідроізоляції). Стіни слід проектувати із збірних залізобетонних панелей, бетонних блоків, монолітного залізобетону та інших будівельних матеріалів які задовольняють вимоги міцності.

Згідно ДБН В.2.2.5-97 "Захисні споруди цивільної оборони" [10] у сховищах повинні бути основні а також допоміжні приміщення, щоб забезпечити належний функціонал та комфорт людей які знаходяться в ньому. До основних приміщень відносяться приміщення які створені для довготривалого перебування, і вони зазвичай оснащені спеціальними системами життєзабезпечення. Також до основних приміщень слід віднести санітарні вузли та медпункти. До допоміжних приміщень слід віднести: кухні, кімнати для зберігання інвентарю та продовольства, фільтровентиляційні приміщення, роздягальня та приміщення для одягу.

Спираючись на досвід багатьох держав світу, запропоновано створення системи захисту цивільного населення, основний принцип якої є забезпечення швидкого доступу до укриття в будь-якій частині міста. Наступною ланкою в захисті населення мають стати бомбосховища та бункери, які зможуть захистити людей не тільки від вибухової хвилі уламків, а й від прямого ракетного удару.

## Висновки

Сховища, які на даний момент ми маємо не відповідають вимогам, встановленим ДБН, це може покласти під загрозу безпеку та життя людей у випадку надзвичайних ситуацій. Якщо існуючі сховища не відповідають стандартам та нормативам, може знадобитися реконструкція або модернізація. Це важливе завдання для влади, будівельних організацій та архітекторів з метою підвищення надійності та безпеки споруд.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення [На заміну ДБН В.2.2-15-2005, ДБН В.3.2-2-2009; чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 43 с.
2. Василич А. В. Сховище для цивільного захисту населення [Текст] / А. В. Василич, В. П. Ковальський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 12 травня 2023 р. – Черкаси : ЧПБ, 2023. – С. 10-12.
3. ДБН В.2.2-5:2023. "Захисні споруди цивільного типу". [На заміну ДБН В.2.2-5-97, "Захисні споруди цивільного захисту"]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2023. 131 с.
4. Друкований М. Ф. Зниження радіоактивності будівельних матеріалів та виробів [Електронний ресурс] / М. Ф. Друкований, В. П. Ковальський, В. П. Бурлаков // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/8959>.
5. Бурлаков В. П. Джерела радіоактивності [Текст] / В. П. Бурлаков, В. П. Ковальський, // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 10 -11 травня 2019 р. – Черкаси : ЧПБ, 2019. – С. 13-14.
6. Постолатій М. О. Пожежна та техногенна безпека [Текст] / М. О. Постолатій, В. П. Ковальський, // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 13 травня 2020 р. – Черкаси : ЧПБ, 2020. – С. 42-43.
7. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
8. Kornylo, I., Gnyr, O., Lemeshev, M., Bereziuk, O., Sivak, K., Romanova, M., ... & Narytnyk, T. (2022). *Scientific foundations in research in Engineering*. International Science Group.
9. Олійник Ю. Г. Аналіз будівельних матеріалів з радіаційно-захисними властивостями [Текст] / Ю. Г. Олійник, В. П. Ковальський // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології промислового комплексу – 2021". – Херсон : ХНТУ, 2021. – Вип. 7. – С. 261-262.
10. ДБН В.2.2-5-97. "Захисні споруди цивільного оборони". [На заміну ДБН В.2.2-5-97, "Захисні споруди цивільного захисту"]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2023. 131 с.

**Горковлюк Ірина Ігорівна** — студентка групи Б-216, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [horkovliuk.ira@gmail.com](mailto:horkovliuk.ira@gmail.com)

**Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

**Horkovliuk Iryna I.** — Faculty Construction Civil and Environmental Engineering Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [horkovliuk.ira@gmail.com](mailto:horkovliuk.ira@gmail.com)

**Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## ІНКЛЮЗИВНІСТЬ СПОРТИВНИХ ЗАКЛАДІВ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В статті розглядається актуальність концепції інклюзивності в сучасному світі, зосереджуючись на її застосуванні у сфері спорту. Визначаються ключові складові інклюзивності у спорті, такі як створення адаптованих просторів та програм, що враховують різні потреби. Наведено приклади успішної інклюзивності в різних країнах, що можуть слугувати стимулом для впровадження ефективних практик у сфері спорту та вказують на важливість інклюзивних заходів у всіх аспектах життя.*

**Ключові слова:** інклюзивність, спортивні заклади, доступність, здоров'я, простори.

### *Abstracts*

*The article examines the relevance of the concept of inclusiveness in the modern world, focusing on its application in the field of sports. Key components of inclusivity in sport are identified, such as the creation of adapted spaces and programs that take into account different needs. Examples of successful inclusiveness in different countries are presented, which can serve as an incentive for the implementation of effective practices in the field of sports and indicate the importance of inclusive measures in all aspects of life.*

**Keywords:** inclusiveness, sports facilities, accessibility, health, spaces.

### **Вступ**

Створення комфортних умов для життя та розвитку людей з обмеженими можливостями здоров'я є одним із пріоритетних завдань будь-якої сучасної держави у соціальній сфері. У зв'язку з цим виникає необхідність опрацювання питання соціальної адаптації людей з обмеженими можливостями здоров'я, одним із основних аспектів якої є інклюзивний спорт. Під визначенням інклюзивного спорту розуміють надання можливостей для занять спортом людям із фізичними та ментальними особливостями розвитку нарівні зі здоровими людьми. Ця тема є актуальною для вивчення, оскільки кількість людей з інвалідністю зростає, так само як і відсоток інвалідизації населення. У зв'язку з цим, питання організації спортивного дозвілля та залучення людей з обмеженими можливостями здоров'я до спортивного руху та здорового способу життя має особливу актуальність. Спортивне дозвілля несе у разі найважливішу функцію соціалізації для людей з обмеженими можливостями, оскільки через заняття спортом вони долучаються до соціуму, розвиваючи навички комунікації в колективах спортсменів та секціях, навчаються взаємодії з іншими членами спортивної спільноти, а також мають можливість взяти участь у великомасштабних змаганнях, отримуючи визнання та повагу з боку оточуючих [1].

### **Результати дослідження**

У сучасному світі поняття інклюзивності являється крайньою необхідністю, адже справедливий доступ до різноманітних сфер життя стає ключовим аспектом гуманітарного розвитку. Спорт, як важлива складова активного життя, не може залишатися осторонь цього процесу. Задача полягає в тому, щоб кожна людина, незалежно від своїх фізичних можливостей, мала змогу відчувати себе повноцінним членом спортивної спільноти.

Інклюзивність спортивних закладів в сучасному світі стає не лише парадигмою, але й необхідністю для будівництва справедливого та рівного суспільства. Спорт несе в собі потужний потенціал об'єднання людей незалежно від їхньої фізичної або розумової здатності, віку, статі чи

соціального статусу. Врахування інклюзивних принципів у спортивних закладах відкриває доступ до активностей та можливостей для всіх [2].

Однією з основних складових інклюзивності є створення фізичної середовища, яка відповідає потребам людей з різними обмеженнями. Адаптовані ігрові та тренувальні простори, спеціальне обладнання та тренерський персонал, який має знання інклюзивних методик, сприяють забезпеченню комфортного середовища для всіх учасників.

Забезпечення інклюзивності в спортивних закладах також вимагає розробки програм, які враховують потреби різних груп населення. Це може включати в себе створення спеціальних груп для людей з обмеженими можливостями, проведення тренувань та змагань з урахуванням індивідуальних особливостей, а також розробку програм для включення людей з різними фізичними та розумовими можливостями у загальні спортивні заходи [3].

Спортивні заклади повинні також визнавати та підтримувати різноманітність учасників, включаючи різні гендери, етнічні групи та соціальні класи. Забезпечення рівних умов для всіх сприяє формуванню толерантного та взаєморозуміючого суспільства.

Інклюзивність спортивних закладів в сучасному світі не тільки сприяє збереженню та покращенню фізичного здоров'я усіх учасників, але й розвиває соціальну взаємодію та сприяє створенню суспільства, де кожна людина має можливість розкрити свій потенціал та відчути себе повноцінним членом громади.

В Україні існує певний прогрес у створенні інклюзивних спортивних закладів, проте, на жаль, це питання ще далеке від ідеалу. Одним із головних викликів є потреба у створенні більшої кількості закладів, які враховуватимуть потреби маломобільних груп населення. Наприклад, розробка спеціальних тренажерних залів з урахуванням можливостей людей з обмеженими можливостями може бути першим кроком у цьому напрямку.

В світі існують приклади успішної інклюзивності в спортивних закладах, які можуть послужити гарним прикладом для проектування таких закладів. Наприклад, в Швеції створено спеціальні ігрові майданчики для дітей з різними потребами, де кожен може знайти щось для себе. Це допомагає підтримувати активний спосіб життя серед всіх верств населення та робить спорт доступним для кожного. Швеція служить прикладом впровадження ефективних інклюзивних практик, особливо у сфері освіти, праці та соціального життя. Інклюзивність в Швеції визначається не лише як важливий аспект соціальної політики, але й як ключовий принцип будівництва гармонійного та рівноправного суспільства. І активно сприяє інклюзивності в спорті. Спортивні заходи і програми розробляються з урахуванням можливостей людей з різними фізичними обмеженнями. Існують спеціалізовані програми для інклюзивних видів спорту, а також адаптовані фітнес-центри [4]

Ще одним прикладом є Канада, де у багатьох спортивних закладах встановлюються спеціальні підйомні механізми та обладнання для легкого доступу для людей з інвалідністю. Це створює умови для того, щоб спорт був частиною життя кожного, а не ексклюзивним правом обмеженої кількості осіб. Тут спортивні заклади та ініціативи активно працюють для того, щоб сприяти активному способу життя та спортивній участі для всіх, незалежно від їхніх фізичних або інших обмежень. Наприклад, існують такі інклюзивні спортивні програми. Канада розвиває спеціалізовані ліги та турніри для людей із різними обмеженнями. Це може включати в себе адаптовані версії популярних видів спорту або спеціальні команди. Багато тренажерних залів в Канаді пристосовані для людей з різними потребами. Забезпечуються спеціальні обладнання та доступність для різних фізичних можливостей. У багатьох містах Канади діють спеціалізовані спортивні клуби для людей із різними потребами. Це може бути все від інвалідного гольфу до інклюзивних футбольних команд. Важливим напрямком є розробка програм інтеграції, які допомагають людям із різними обмеженнями взаємодіяти зі здоровими спортсменами та отримувати максимальне задоволення від спортивних заходів. Уряд Канади та неприбуткові організації надають гранти та фінансову підтримку для розвитку інклюзивних спортивних програм та ініціатив. Спортивні федерації активно співпрацюють з інклюзивними організаціями для підтримки та розвитку спеціалізованих спортивних програм [5].

Норвегія славиться своїм високим стандартом життя та соціальною відповідальністю. У спорті, особливо в зимових видах, таких як лижний спорт та біатлон, розвиваються інклюзивні програми. Також, важливо відзначити, що в Норвегії інклюзивність не обмежується лише спортом, але також розглядається в контексті доступу до природних резерватів для осіб із різними обмеженнями.

Австралія зосереджується на створенні інклюзивних спортивних середовищ. Спортивні заходи включають різноманітні види, від адаптованих австралійський футбол до інклюзивних тенісних

змагань. Уряд та неприбуткові організації надають фінансову підтримку для інклюзивних програм та заходів.

Нідерланди виводять інклюзивність на новий рівень, акцентуючи увагу на спільноті та соціальному взаємодії через спорт. Тут існують інклюзивні футбольні клуби та ліги, де гравці із різними можливостями грають разом із тими, хто не має фізичних обмежень. Це допомагає не лише в розвитку фізичних навичок, а й в утворенні дружби та соціальної взаємодії [6].

Ці країни продемонстрували визнання важливості інклюзивності у світі спорту та активно розвивають програми, спрямовані на забезпечення рівних можливостей для всіх у спортивному середовищі.

Україна, хоча ще має чимало роботи в сфері інклюзії, все ж вже відзначається певними прикладами цього напрямку в спортивних закладах та заходах. В деяких містах України з'явилися фітнес-центри, які активно пропагують інклюзивний підхід. Це включає в себе доступність для людей з обмеженими можливостями до тренажерних залів, а також проведення спеціалізованих групових занять. На рівні місцевих спортивних об'єднань проводяться інклюзивні турніри. Наприклад, футбольні турніри, в яких участь беруть як спортсмени без обмежень, так і ті, у кого є фізичні або інші обмеження. В спеціалізованих дитячих спортивних школах та центрах з інклюзивною спрямованістю створюються програми для дітей із різними потребами. Це може бути включення дітей з інвалідностями до загальних тренувань з фізкультури та різних видів спорту. У деяких регіонах розпочали діяти спортивні ліги для осіб з обмеженнями. Наприклад, ліги з адаптованого волейболу або баскетболу для людей з інвалідністю. Учні з різними можливостями беруть участь у шкільних спортивних турнірах та змаганнях. Це створює умови для соціальної інтеграції та розвитку у дітей навичок співпраці та командної роботи.

Інклюзивність у спорті в Україні ще потребує подальшого розвитку та підтримки, але ці приклади свідчать про початок позитивних змін та розширення можливостей для всіх учасників спортивного процесу.

Ми можемо взяти на озброєння досвід інших країн та активно працювати над створенням інклюзивних спортивних закладів у власній країні. Ми повинні розуміти, що це не лише питання фізичного здоров'я, але і справедливості та рівності. Спорт має об'єднувати, а інклюзивність у цьому контексті виявляється ключовим елементом.

В Україні ми можемо взяти на озброєння досвід інших країн та активно працювати над створенням інклюзивних спортивних закладів. Ми повинні розуміти, що це не лише питання фізичного здоров'я, але і справедливості та рівності. Спорт має об'єднувати, а інклюзивність у цьому контексті виявляється ключовим елементом. Таким чином, важливо продовжувати дослідження у цій області, розвивати нові ідеї та технології, щоб забезпечити інклюзивний доступ до спорту для всіх. Це завдання, яке стоїть перед нами, молоддю, та об'єднує нас в бажанні змінити світ на краще.

## Висновки

Інклюзивність не лише сприяє фізичному здоров'ю, але й позитивно впливає на соціальні відносини, сприяючи розбудові взаєморозуміння та спільності. У сучасному світі інклюзивні спортивні заклади виступають не лише як місця фізичного вдосконалення, але і як платформи для сприяння інклюзивного суспільства, де кожна особа може відчувати себе повноцінним учасником. І вивчення світового досвіду Швеції, Канади та інших країн показує що в сучасному світі для усіх категорій населення можливо створити доступні умови.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Craig, T., *Inclusion in Sport: From Theory to Practice*. "Sports for All" Publishing House, 2019.
2. Лі, М. Інклюзивність у фізичній активності та спорті: світовий огляд. Журнал Інклюзивного Спорту, 2018, т. 15, с. 45-60.
3. Грін, Д. Інклюзивність інфраструктури для спорту та рекреації в міському середовищі. Журнал Розвитку Інфраструктури, 2022, т. 21, с. 112-130.
4. Швецька Національна Асоціація з інклюзивного спорту, "Інклюзивні ігрові майданчики: практичний посібник". Стокгольм, 2020.
5. Канадська Асоціація Інклюзивного Спорту, "Керівництво щодо створення інклюзивних спортивних об'єктів". Торонто, 2021.
6. Літературний огляд програм Європейського Союзу з інклюзивного спорту, Європейська Комісія, 2017.

**Пташка Олена Максимівна** – студентка групи БМ-20б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ptashka.olena@gmail.com](mailto:ptashka.olena@gmail.com)

**Шпанюк Микола Сергійович** - студент групи 2Б-20б, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Shpanyuk1999@gmail.com](mailto:Shpanyuk1999@gmail.com)

**Рундюк Світлана Володимирівна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

**Хороша Оксана Іванівна** – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

**Ptashka Olena** - student of group BM-20b, Faculty of Civil, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ptashka.olena@gmail.com](mailto:ptashka.olena@gmail.com)

**Shpanyuk Mykola** - student of group 2B-20b, Faculty of Civil, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Shpanyuk1999@gmail.com](mailto:Shpanyuk1999@gmail.com)

**Ryndiuk Svitlana** - PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

**Khorosha Oksana** - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

## ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ БУДИНКІВ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Розглянуто використання контейнерів у сучасному будівництві як інноваційний підхід до створення житла та комерційних приміщень. Досліджено переваги та недоліки цього підходу, а також представлено інноваційні технології, що використовуються в контейнерному будівництві.*

**Ключові слова:** контейнерні будинки, модульне будівництво, сталеві контейнери, екологічна будівництво, ефективність енергоспоживання, інновації в будівництві.

### **Abstract**

*The use of containers in modern construction is examined as an innovative approach to creating residential and commercial spaces. The advantages and disadvantages of this approach are explored, along with innovative technologies employed in container construction.*

**Keywords:** container houses, modular construction, steel containers, eco-friendly construction, energy efficiency, innovations in construction.

### **Вступ**

За останні десятиліття контейнерні будинки стали популярним рішенням у будівництві, забезпечуючи швидке та ефективне вирішення житлових та комерційних потреб. Цей підхід привертає увагу своєю екологічною ефективністю та інноваційним використанням сталевих контейнерів.

**Мета дослідження:** вивчення та аналіз контейнерного будівництва, виявлення його переваг та недоліків.

### **Використання блок-контейнерів в сучасному будівництві**

На початку ХХ століття архітектори та інженери шукали способи вдосконалення методів будівництва. Зведення цегляних будинків довготривалий і трудомісткий процес, тому намагались їх замінити панелями заводської готовності із цегли, бетону, залізобетону, азбесту. Після розробки архітектурно-планувальних рішень великопанельних будинків, надання їм функціональності і виразності дана технологія широко використовувалась у багатьох країнах. Це прискорило процес будівництва та дозволило зменшити витрати, завдяки серійності панелей [1].

В кінці ХХ ст. стрімкий розвиток науково-технічного прогресу змінив соціальні і економічні чинники в більшості розвинутих країн. Архітектура великопанельних конструкцій стала вважатись недоречною, важкою, депресивною, невідповідною для житлового будівництва та громадських будівель. Крім того, великі панельні конструкції також мали проблеми із збіркою та якістю, матеріали, які використовувались для їх оздоблення – знижену гігієну та безпеку, а монтаж потребував великогабаритних машин [1]. Однотипність планувальних рішень та зовнішнього оздоблення з часом вплинула на виникнення депресивних і негативних соціальних явищ у кварталах, де всі будинки були збірно-панельні. Тому на заміну панельних будинків прийшла технологія монолітного будівництва, яка дозволяла втілити будь-які архітектурні рішення. Однак зростання населення та посилення його міграції призвело до пошуку мобільного бюджетного житла. Такі критерії задовольняють будинки, створені на основі контейнерів, які сьогодні активно використовуються [2, 3]:

- для тимчасового проживання на різноманітних ландшафтах, в тому числі під час освоєння територій, складних для капітального будівництва;
- у рекреаційно-туристичній сфері;
- для улаштування пересувного чи капсульного житла на період здобуття освіти чи роботи;



- як торгівельні та складські приміщення;
- для армійських потреб.

Найбільшого поширення набуло повторне використання транспортних та морських контейнерів для зведення мобільних житлових модулів різної поверховості та конфігурації (рис. 1) у таких країнах, як США, Японія, Південна Корея, Китай, Нідерланди.



Рис. 1 – Використання морських контейнерів для модульного житлового і громадського будівництва

Розглянемо позитивні та негативні сторони даних контейнерних будинків (табл. 1).

Таблиця 1 – Переваги та недоліки контейнерних будинків

Переваги контейнерних будинків	Недоліки контейнерних будинків
Доступність: легкодоступність та відносна дешевизна транспортних контейнерів, що робить будівництво контейнерних будинків економічно вигідним.	Обмежений простір: контейнерні будинки мають обмежений житловий простір, що може потребувати об'єднання декількох контейнерів та, відповідно, збільшення витрат.
Екологічність: виготовлені з перероблених матеріалів, контейнери сприяють сталім екологічним практикам. Можуть бути оснащені енергозберігаючими та екологічно чистими системами.	Проблеми з ізоляцією: транспортні контейнери потребують належної ізоляції для комфортного проживання.
Мобільність: портативність контейнерів дозволяє легко транспортувати їх в різні місця, що робить їх ідеальними для тимчасового чи маневреного житла.	Потреба у дозволах: будівництво контейнерних будинків може вимагати спеціальних дозволів та погоджень від місцевих органів влади, ускладнюючи процес будівництва.
Довговічність: контейнери спроектовані таким чином, щоб витримувати суворі умови транспортування, тому будинки із них надзвичайно довговічні та потребують мінімального обслуговування.	Естетика: зовнішній вигляд контейнерних будинків може не відповідати смакам всіх, оскільки промисловий вигляд контейнерів може бути відчуттям не привабливим для деяких осіб.

Аналізуючи дану таблицю можна дійти висновку, що основною характеристикою контейнерного житла є його герметичність. При закритих вікнах і дверях і герметизації швів між фундаментом і контейнерами відбувається мінімальний повітрообмін між приміщеннями. Така герметичність забезпечує енергоефективність та мінімальні витрати на опалення, але потребує встановлення витяжної вентиляції, особливо в кухнях і ванних кімнатах [4, 5].

Сучасні блок-контейнери заводського виготовлення дозволяють отримувати високо комфортний технологічний будинок одно- чи багатопверховий, в якому уже вмонтовані всі необхідні для життєдіяльності мешканців, працівників чи відвідувачів мережі, меблі, побудові

прилади (рис. 2). При цьому такі блок-модулі можуть обладнуватись і оздоблюватись згідно проектних рішень. Планувальні рішення таких будинків продумані згідно вимог ергономічності.



Рис. 2 – Проекти сучасних блок-будинків контейнерного типу

### Висновки

Отже, контейнерні будинки набули значного попиту завдяки своїм перевагам, таким як доступність, екологічність, мобільність та довговічність. Важливо підкреслити, що контейнерні будинки не лише вирішують питання житла, а й відкривають нові перспективи у сфері сталого будівництва та енергоефективності. Дослідження показує, що контейнерні будинки можуть стати не лише ефективним та екологічно чистим рішенням для мобільного житла, але й важливим кроком у напрямку інноваційного підходу до будівництва в цілому. Розвиток та вдосконалення цього типу будівництва може призвести до створення більш ефективних, сталих та доступних житлових рішень для різних соціальних груп у соціально-економічних умовах сучасної України.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Karol Grębowski and Daniel Kałdunek. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2017.
2. Цимбалова Т. А. Мобільне житло для студентів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Дніпро, 2020. № 4 (267-268). С. 104-111.
3. Цимбалова Т. А. Мобільне житло як функціонально-типологічний різновид сучасного житлового будівництва: автореф. дис. ... канд. арх. Харків, 2019. 22 с.
4. Donna Stepien and Ignacio Villa. *Building a Little Shipping Container Home in Buffalo*. New York, 2019.
5. Container Home: Pros and Cons. URL: <https://www.simpleshowing.com/blog/container-home-pros-and-cons>

**Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Сафроненко Іван Васильович** – студент групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vanasafronenko6@gmail.com](mailto:vanasafronenko6@gmail.com)

**Кузьменко Владислав Олександрович** – студент групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kuz9v9799@gmail.com](mailto:kuz9v9799@gmail.com)

**Bondar Alena V.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Safronenko Ivan** – student of BM-21b group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vanasafronenko6@gmail.com](mailto:vanasafronenko6@gmail.com).

**Kuzmenko Vladyslav** – student of BM-21b group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kuz9v9799@gmail.com](mailto:kuz9v9799@gmail.com)

## СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Робота присвячена актуальному дослідженню динаміки трансформації житлових елементів, визначення останніх тенденцій їх розвитку, а також розробці принципів удосконалення житлового середовища в галузі архітектури та містобудування.*

*Розглянуто комплексний підхід в організації багатофункціональних житлових комплексів. Встановлено, що наявність різних функціональних елементів у сучасному житловому комплексі обґрунтована наступним:*

- зміною трудової зайнятості населення та методів праці;
- розвитком дистанційного формату праці, навчання та спілкування;
- руйнуванням ступінчастої системи обслуговування;
- посиленням зв'язку ділової та громадської функцій із житловою зоною;
- складною екологічною обстановкою;
- переходом великих міст від моноцентричної до поліцентричної структури;
- новим поняттям комфортності житлового середовища;
- безпекою житлового середовища.

**Ключові слова:** формування, місто, житло, житлове середовище, благоустрій, багатофункціональний житловий комплекс.

### *Abstract*

*The work is devoted to the current study of the dynamics of the transformation of residential elements, the determination of the latest trends in their development, as well as the development of principles for improving the residential environment in the field of architecture and urban planning.*

*A comprehensive approach to the organization of multifunctional residential complexes is considered. It was established that the presence of various functional elements in a modern residential complex is justified by the following:*

- changes in population employment and work methods;
- development of the remote format of work, training and communication;
- destruction of the tiered service system;
- strengthening the connection of business and public functions with the residential area;
- complex ecological environment;
- the transition of large cities from a monocentric to a polycentric structure;
- a new concept of the comfort of the living environment;
- safety of the living environment.

**Key words:** formation, city, housing, residential environment, landscaping, multifunctional residential complex.

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

Останні два десятиліття змінилися принципи формування житлових комплексів. Це зумовлено переходом від індустріального суспільства до інформаційного, зміною політичної системи, необхідністю розвиватися за умов ринкової економіки. Наростаючий темп життя, розвиненість комунікації, урбанізація, що росте, і підвищена мобільність формують нові вимоги та критерії оцінки житлового простору [1, 2].

На формування сучасного житла глибоко впливає соціальна структура нашого суспільства та соціальні процеси, які у ньому відбуваються. Сучасний мешканець міста потребує не просто «даху над головою», а тип житла (незалежно чи то будинок, садиба, квартира, townhouse, дуплекс), який задовольнить наступні потреби [3, 4]:

- збереження здоров'я людей, що проживають у ньому (досягається за рахунок створення необхідних санітарно-гігієнічних умов, комфорту);
- сприяння розвитку сім'ї (від житлових умов багато в чому залежить кількість дітей у сім'ї, типи сімей);

- організація позаробочого часу (реалізується як у квартирі, так і поза нею);
- виховання дітей (передбачає створення відповідних умов на всіх рівнях, від квартири до міста);
- виконання ролі психологічного «притулку» (мається на увазі як можливість ізолюватися від зовнішнього оточення, так і наявність індивідуального простору у квартирі для кожного члена сім'ї);
- приналежність до міської спільноти чи формування окремої соціальної спільноти (за рахунок побудови соціальних зав'язків із сусідами по житловому комплексу, житловому району);
- організація робочого місця (робоча кімната або місце для індивідуальних занять, щоб працювати чи навчатись при потребі, не покидаючи власне житло);
- полегшення побуту сучасної людини (інженерне обладнання житла має відповідати сучасному технічному розвитку суспільства, у житловому комплексі чи на його території має бути все необхідне мешканцю соціально-побутове обслуговування).

### **Сучасні принципи формування комфортного житлового середовища**

Проблему створення комфортного житлового середовища в умовах сучасного міста слід вирішувати комплексно. Дослідженню підлягають не лише архітектурно-планувальні рішення житла, а і прийоми містобудівної організації житлових комплексів та дворових чи прибудинкових просторів. Існуючий сьогодні поділ житла за ступенем комфортності виходить тільки з кількісних показників метражу квартири і не може задовольнити всі вимоги до житла сучасного мешканця. Якісні характеристики комфортності повинні переважати кількісні і враховуватися такі аспекти комфорту, як [5-7]:

- побутовий комфорт;
- психологічний комфорт;
- екологічний комфорт;
- безпеку.

Сучасні українські великі міста активно розвиваються, але поряд з економічним зростанням підвищуються антропогенні навантаження, дискомфортність міст та забруднення повітряного середовища. Тому необхідно приділяти достатньо уваги благоустрою території житлових комплексів, що також впливає на рівень життя людини. Наявність як громадських місць, так і приватних просторів для відпочинку людини, зелених зон у межах житлових комплексів є важливим фактором комфортності житлового середовища. Впроваджуючи зелену архітектуру у структуру житла, можна досягти поліпшення психологічного та фізичного здоров'я людини. Залучення мешканців житлового комплексу до упорядкування ділянок із зеленими насадженнями, ігрових і відпочинкових майданчиків, а також формування громадських просторів біля житлової групи служить розвитку комунікації між жителями. Наявність у житлових комплексах місць і просторів загальноміського використання, що притягують людей, підвищує привабливість як усього житлового комплексу, так і комерційних площ, запроектованих у ньому.

### **Принципи архітектурно-планувального формування житлових комплексів з врахуванням сучасних потреб міського населення**

За сучасних умов пріоритетними завданнями з позиції економічної ефективності при формуванні архітектурного простору житлових комплексів стали: інтенсифікація використання міських територій, прискорення процесу проектування та будівництва житла [1, 2].

Грунтуючись на аналізі сучасної архітектури України та Європи, можна стверджувати, що нові принципи формування житлового середовища тяжіють до покращення його просторових характеристик, підвищення вимог до його якості з позиції не лише матеріальної, а і «орієнтованості на окремого індивіда і його потреби» в контексті непростих соціально-економічних зовнішніх факторів та обмежень [1, 8, 9]. Отже, як гіпотезу, можна висунути такі принципи формування житлових комплексів:

- принцип поліцентричності: реалізується у проникненні соціокультурної, торгово-розважальної та адміністративно-ділової функцій у простір житлового середовища, що призводить до архітектурно просторового та функціонального розмаїття середовища;
- принцип автономності реалізується у функціональному розмаїтті житлових комплексів та легкої доступності споживачем будь-якої з функцій на локальній території; принцип автономності ще може трактуватися як принцип створення високоефективної екологічної та самозабезпечуючої системи;
- принцип регламентації меж відповідальності житлових одиниць реалізується шляхом закріплення відповідальності за кожною із складових сучасного житлового комплексу;

- принцип функціонально-типологічної інтенсифікації дворових просторів: сучасні дворові простори трансформувалися разом із зміною потреб людини, стали різноманітнішими, розширили свої функції;
- принцип забезпечення ідентичності житлових осередків за умов високощільної забудови: реалізується у модульності архітектурно-планувальних рішень, що дозволяє зробити уніфікацію будівельних виробів та прискорити процеси проектування та будівництва. Однак це не повинно позбавляти об'єкт образності та фасадної різноманітності;
- принцип відкритості та прозорості: реалізується через доступність людині будь-якої з функцій чи просторів житлового комплексу;
- принцип інтеграції приватних та «напівприватних» просторів: реалізується як під час вирішення дворового простору житлового комплексу, так і під час вирішення планування житлової одиниці. Цей принцип призводить до створення нової типології суспільних та житлових просторів та просторового розмаїття середовища;
- принцип типологічної різноманітності: реалізується як у загальному містобудівному рішенні всього житлового комплексу, так і в кожній житловій одиниці окремо. Таким чином, цей принцип призведе до комфорту та об'ємно-просторового розмаїття середовища.

### **Висновки**

Встановлено, що будь-які зміни у структурі житлових комплексів сьогодні пов'язані із соціально-економічними умовами у певний період, а також на них мають постійний вплив науково-технічний розвиток, містобудівний, природно-кліматичний та екологічний фактори:

- соціально-економічний – створюється самодостатня незалежна житлова структура з внутрішніми та зовнішніми зв'язками, що забезпечує комфортні умови населення;
- містобудівний – багатофункціональний житловий комплекс виконує основні містобудівні функції, утворюючи «міні-місто» у місті;
- екологічний – утворюється житловий елемент із високим рівнем ресурсозбереження та енергоефективністю.
- науково-технічний – багатофункціональний житловий комплекс є показником технічного прогресу.
- природно-кліматичний – багатофункціональний житловий комплекс інтегрується у природне середовище регіону.

Для уникнення «соціальної відсталості» у проектних рішеннях, необхідно розвивати житлове середовище, враховуючи змінні з часом соціальні потреби суспільства.

Встановлено, що ефективне рішення проблеми формування архітектурно-планувальної структури житлового середовища та його розвиток можливий при застосуванні комплексного методу, оскільки багатофункціональний житловий комплекс є складною, динамічною, соціальною системою, що постійно розвивається і змінюється, всі елементи якої перебувають у постійній взаємодії та взаємозв'язку.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Книш В. І., Кайтанюк А. А. Сучасні тенденції розвитку багатоквартирного житла в країнах західної Європи. *Архітектурний вісник КНУБА*. Київ, 2017. Вип. 13. С. 548–567.
- [2] Дубинський В. П., Таха Али. Соціально-економічні фактори формування архітектури сучасних житлових районів. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2019. № 4. Т. 98. С. 43–49.
- [3] Запорожець Х. Р., Кравченко І. Л. Особливості проектування багатоповерхових житлових комплексів з обслуговуванням. *Архітектурний вісник КНУБА*. Київ, 2018. Вип. 14–15. С. 524–529.
- [4] Потапчук І. В., Бичковська Л. С. Особливості проектування багатоповерхового житла в Україні та за кордоном: сучасні тенденції. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2021. С. 86–95.
- [5] Ellard K. Habitat. How architecture influences our behavior and well-being. K., Ellard: "Alpina Digital", 2015. 167 p.
- [6] Смірнова О. В. Типологічні засади формування інноваційних будівель у міському середовищі : монографія. Харків : ХНУМГ ім. А. Н. Бекетова, 2018. 189 с. ISBN 978-966-695-438-4
- [7] Бачинська Л. Г. Архітектура житла: Проблеми теорії та практики структурування. Київ, КНУБА: Грамота, 2004. 407 с.

[8] Вигдорович О. В. Історико-еволюційні зміни у розвитку архітектурно- містобудівних комплексів масової забудови та перспективи їх подальшого використання. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2020. Т. 102. № 4. С. 10–19.

[9] Львович Д. Д., Юнаков С. Ф. Якісні та кількісні характеристики при проектуванні житлового комплексу підвищеної комфортності середньої поверховості у м. Києві. *Архітектурний вісник ХНУБА*. 2019. Вип. 17–18. С. 682–688.

***Савосін Артур Миколайович*** – магістр, група БМ-22м, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

***Бондар Альона Василівна*** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

***Savosin Arthur M.*** – student of group BM-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

***Bondar Alena V.*** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ У ПЕРІОД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У зв'язку зі зростанням загроз та нестабільністю у світі виникає необхідність розгляду та впровадження енергоефективних заходів у житлових будівлях під час військових дій. Дана дослідницька робота спрямована на аналіз сучасних методів забезпечення житлових об'єктів енергоефективними технологіями під час військових конфліктів. Ця робота сприяє вдосконаленню стратегій та підходів до енергозабезпечення житлових будівель під час військових дій, сприяючи забезпеченню необхідної енергії населення та збереженню ресурсів у надзвичайних ситуаціях.*

**Ключові слова:** енергозбереження, відновлені джерела енергії, стійкість енергетичних систем, інноваційні технології, автономне житлове енергопостачання, оптимізація електромереж, безпека енергозабезпечення.

### Abstract

*In connection with the growth of threats and instability in the world, there is a need to consider and implement energy-efficient measures in residential buildings during military operations. This research work is aimed at the analysis of modern methods of providing residential facilities with energy-efficient technologies during military conflicts. This work contributes to the improvement of strategies and approaches to the energy supply of residential buildings during military operations, contributing to the provision of the necessary energy of the population and the preservation of resources in emergency situations.*

**Keywords:** energy saving, renewable energy sources, sustainability of energy systems, innovative technologies, autonomous residential energy supply, optimization of power grids, security of energy supply.

### Вступ

У сучасному світі, позначеному геополітичною нестабільністю та можливістю виникнення військових конфліктів, питання забезпечення житлового будівництва енергоефективними та стійкими системами є високим. В умовах військового конфлікту, коли можливе обмеження чи переривання звичайного енергопостачання, ефективне та безпечне забезпечення енергією стає актуальною задачею для забезпечення житлових потреб населення та забезпечення його безпеки [1-3].

### Основна частина

#### 1. Енергозбереження та енергоефективність:

В контексті енергозабезпечення під час воєнного конфлікту першочерговим завданням є максимальне зменшення енерговитрат. Інтеграція енергоефективних технологій та використання енергозберігаючих систем, таких як ізоляція будівель, енергоефективне освітлення та оптимізація теплопостачання, стають стратегічними компонентами для забезпечення тривалої стійкості житлових об'єктів до втрати енергії.

#### 2. Використання відновлюваних джерел енергії:

Впровадження систем, які базуються на відновлюваних джерелах енергії, покращують незалежність від традиційних енергетичних мереж у воєнних умовах. Сонячні панелі, вітрогенератори та гідроенергетика стають ефективними рішеннями для виробництва електроенергії в умовах обмеженого доступу до ресурсів [4,5].

#### 3. Стійкість енергетичних систем:

Управління стійкістю енергетичних систем у воєнних умовах передбачає використання автономних джерел живлення, таких як дизельні генератори, акумулятори та сховища енергії. Розробка системи аварійного живлення та резервування дозволяє уникнути перерв у подачі енергії та забезпечити безперебійне функціонування житлових об'єктів.



#### 4. Інноваційні технології та автоматизація:

Використання інтернет-речей (IoT) та інтелектуальних систем управління для постійного моніторингу та оптимізації енергоспоживання. Автоматизовані системи управління та дистанційного моніторингу дозволяють оперативно реагувати на зміни в енергетичному споживанні та вчасно впроваджувати корективи [6].

#### 5. Співпраця та міжнародний досвід:

Аналіз досвіду інших країн та міжнародних організацій щодо впровадження енергоефективних рішень під час воєнного конфлікту є необхідним. Вивчення спільних проектів, обмін досвідом та практикою дозволяє розробити оптимальні стратегії та інноваційні підходи до забезпечення енергією житлових будівель у надзвичайних ситуаціях.

### Висновок

Ця основна частина роботи висвітлює ключові аспекти енергозабезпечення житлових будівель у період воєнних дій, покликана висвітлити практичні та стратегічні підходи для підвищення стійкості та ефективності енергозабезпечення в умовах воєнного конфлікту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дудар І. Н. ТВО бетонних виробів із використанням сонячної енергії і тиску [Текст] / І. Н. Дудар, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2017. – № 1. – С. 11-16.
2. Дудар І. Н. Енергоефективні матеріали та конструкції для теплового захисту будівель і споруд [Текст] / І. Н. Дудар, С. В. Риндюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2017. – № 2. – С. 31-35.
3. Дудар І. Н. Скорочення викидів парникових газів за рахунок утеплення будинків [Текст] / І. Н. Дудар, О. В. Яворовська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2016. – № 2. – С. 41-49.
4. Використання сонячної енергії для термосилової обробки бетону методом термосу [Текст] / І. Н. Дудар, М. ф. Друкований, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2016. – № 1. – С. 27-30.
5. Дудар І. Н. Використання сонячної енергії для термосилової обробки бетону [Текст] / І. Н. Дудар, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2014. - № 1. - С. 48-52
6. Дудар І. Н. Особливості проектування і будівництва енергоефективних житлових будинків [Текст] / І. Н. Дудар, С. В. Риндюк // Містобудування та територіальне планування. - Київ : КНУБА, 2011. – С. 122–127.

**Бричанський Артур Олегович** – аспірант 2-го курсу, група 192-22а, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет; викладач спецдисциплін, Вище художнє професійно-технічне училище №5, м. Вінниця, e-mail:artyrbr@gmail.com

**Дудар Ігор Никифорович** – д.т.н., професор, кафедра будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

**Brychanskyu Artur** – 2st-year graduate student, group 192-22a, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [artyrbr@gmail.com](mailto:artyrbr@gmail.com)

**Igor Dudar** – d.t.n, professor, Department of Civil Engineering and Environmental Engineering of the Vinnytsya national technical university. [dudar@vntu.edu.ua](mailto:dudar@vntu.edu.ua)

## ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМФОРТНОСТІ БУДИНКІВ СЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХОВОСТІ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовано закордонний досвід, що визначає рівень комфортності будинків середньої поверховості. Охарактеризовано дані показники. Досліджено комфортність будинків середньої поверховості різних країн.*

**Ключові слова:** будинок, комфорт, досвід, середньоповерховість.

### *Abstract*

*The foreign experience that determines the comfort level of medium-story buildings is analyzed. These indicators are characterized. The comfort of medium-story buildings in different countries was studied.*

**Key words:** house, comfort, experience, average floor space.

### Вступ

Багатоквартирні будинки середньої поверховості забезпечують місто доступним житлом і зручні для населених пунктів, що ростуть. Їм потрібні ділянки меншого розміру. Вони дозволяють збільшити густину населення без шкоди для зеленої зони міста.

Середньоповерхове будівництво не заглушує міський краєвид. Будуються такі будівлі деякому віддаленні від центру міста, тобто. там, де є місце. Тому мешканцям важливо отримати оптимальну інфраструктуру у комплекті з багатоквартирним будинком. Вони зацікавлені у дитячих майданчиках, магазинах та освітніх закладах. Сквери роблять мікрорайони більш привабливими для прогулянок та відпочинку городян.

Метою роботи є визначення закордонного досвіду характеристик комфортності будинків середньої поверховості. Основними завданнями є: проаналізувати стан питання, дослідити основні характеристики, систематизувати інформацію.

### Результати досліджень

Закордонний досвід будівництва середньоповерхових житлових будівель показує, що такі структури можуть бути адаптовані до різних потреб і стандартів, залежно від конкретного регіону і культурного контексту. Важливо також враховувати та впроваджувати інновації в будівництві для покращення життя мешканців та забезпечення екологічної стійкості.

У багатьох європейських містах, таких як Париж, Барселона, Амстердам та інші, середньоповерхові будинки є загальним видом житла. Вони можуть мати архітектурний дизайн, який відображає історичні та культурні особливості кожного міста [1].

У країнах Скандинавії, таких як Норвегія, Швеція та Данія, середньоповерхові будинки можуть бути спроектовані з особливим акцентом на енергоефективність і екологічність. Використовуються новітні технології для зменшення споживання енергії.

Середньоповерхові будинки (також відомі як середньоповерхові житлові будівлі) є досить поширеними в багатьох містах. Особливості та суть будівництва таких будинків можуть відрізнятися в залежності від місця, культури та будівельних норм, але основні риси можуть бути наступними:

Кількість поверхів: Середньоповерхові будинки зазвичай мають від 3 до 7 поверхів. Вони знаходяться між низькоповерховими і високоповерховими будинками і можуть бути частиною житлових масивів або стояти окремо.

Матеріали будівництва: Зазвичай такі будинки будуються з бетону, цегли, металу або інших стійких матеріалів, які забезпечують необхідну міцність і стійкість [2].

Архітектурний дизайн: Середньоповерхові будинки можуть мати різний архітектурний стиль, включаючи сучасний, класичний, арт-деко тощо. Дизайн може бути різноманітним і відобразити культурні та архітектурні особливості регіону.

Забудова: Такі будинки зазвичай мають невеликі квартири, які призначені для мешканців або орендарів. Вони можуть мати спільні зони, такі як ліфти, коридори та паркувальні місця.

Інфраструктура: Середньоповерхові будинки зазвичай розташовані в недалекій відстані від основних магістралей, магазинів, шкіл та інших важливих об'єктів. Це робить їх зручними для проживання та забезпечує доступ до необхідних сервісів [3].

Інженерні системи: Середньоповерхові будинки зазвичай обладнані сучасними інженерними системами, такими як водопостачання, вентиляція, опалення та кондиціонування повітря, що робить їх комфортними для мешканців.

Безпека: Багато середньоповерхових будинків обладнані системами безпеки, такими як відеоспостереження та контроль доступу, що забезпечує безпеку мешканців.

Суть будівництва середньоповерхових будинків полягає в створенні комфортного житлового простору для людей, які вибирають цей тип нерухомості. Ці будинки можуть бути як житловими комплексами з багатьма квартирами, так і окремими житловими будинками з обмеженою кількістю квартир. Головною метою є забезпечення комфорту та зручності для мешканців, а також дотримання вимог щодо будівельної безпеки і стійкості конструкцій.

## Висновки

Проаналізовано, що середньоповерхове будівництво ведеться з різних матеріалів. Барселона, Париж, Стокгольм – це міста з багатою історією та безліччю архітектурних пам'яток. Але головне – у них переважає середньоповерхова забудова. Визначено, що європейським столицям вдалося забезпечити щільність розселення городян і водночас не втратити індивідуальності своїх міст. Тому архітектори та забудовники вважають середньоповерховість золотим стандартом міського будівництва найближчими роками.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Команда нерухомості. Експертний огляд ринку таунхаусів: правовий статус [Електронний ресурс:] <https://nerukhomi.ua/ukr/news/ryinok/ekspertnij-oglyad-rinku-taunhausiv-pravovij-status.htm>
2. М. Сегієнко. Архітектурна кухня [Електронний ресурс:] <https://www.ak-projects.com.ua/scho-take-taunhaus/>
3. Що таке таунхаус: в чому відмінність від будинку, пентхауса або дуплекса? [Електронний ресурс:] <https://www.032.ua/news/3006555/so-take-taunhaus-v-comu-vidminnist-vid-budinku-penthausu-abo-dupleksa>

*Алієва Ельміра Гулам кизи - студентка групи БМ-22м, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [elmira28alieva@gmail.com](mailto:elmira28alieva@gmail.com)*

*Барановський Богдан Вікторович - студентка групи БМ-22м, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [baranovskij396@gmail.com](mailto:baranovskij396@gmail.com)*

Науковий керівник: *Хороша Оксана Іванівна – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua)*

*Alieva Elmira Ghulam Kyzy - student of Garupa BM-22m, Faculty of Civil and Environmental Engineering Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [elmira28alieva@gmail.com](mailto:elmira28alieva@gmail.com)*

*Bohdan Baranovsky - student of the BM-22m group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [baranovskij396@gmail.com](mailto:baranovskij396@gmail.com)*

Supervisor: *Khorosha Oksana - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua)*

## РОЗРОБКА ДИЗАЙН-КОНЦЕПЦІЇ СТАДІОНУ ВНТУ ПІД БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СПОРТИВНИЙ ВІДКРИТИЙ КОМПЛЕКС

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

**Анотація** Концепція дизайну стадіону поєднує функціональність та естетику. З верхнім рівнем для футбольних матчів та зручними трибунами та нижнім рівнем для різноманітних видів спорту. Архітектурні рішення взаємодіють із природним середовищем, забезпечуючи комфорт глядачів. Сучасні елементи, такі як освітлення та технологічні додатки, підсилюють спортивний досвід, а художні деталі роблять стадіон виразним. Проект створює унікальне поєднання спорту, природи та сучасності.

**Ключові слова:** стадіон, дизайн-концепція, спортивні споруди, грант, дизайн, функціональність, архітектурні рішення, художні деталі, спорт, трибуни, освітлення, унікальність.

**Abstract** The stadium design concept seamlessly integrates functionality and aesthetics. The upper level caters to football matches with comfortable stands, while the lower level accommodates various sports. Architectural solutions harmonize with the natural environment, ensuring spectator comfort. Modern elements like lighting and technological features enhance the sports experience, while artistic details make the stadium distinctive. The project creates a unique fusion of sports, nature, and modernity.

**Keywords:** design concept, sports facilities, grant, design, functionality, architectural solutions, artistic details, sports, stands, lighting, uniqueness.

### Вступ

Мета роботи: Розробка дизайн-концепції полягала оптимізації дизайну-концепції «Стадіон ВНТУ» вимогам гранту по фінансуванню державою Катар на будівництво 10 стадіонів в країнах Європи.

Завдання: Завдання полягало в розміщенні двох повнорозмірних стадіонів, одного зменшеного тренувального футбольного поля, тенісних кортів, майданчиків для бадмінтону, баскетболу, волейболу, а також скейтпарку (див. рис.1).

### Результати досліджень

Територія поділена на два рівні. На верхньому рівні розташований основний стадіон з футбольним полем, оточеним вісьмома біговими доріжками та двома трибунами. Трибуна з заходу є прямолінійною, а з півночі - скругленою. Прямолінійна трибуна поділена на вісім секторів, кожен з яких має десять рядів по двадцять місць. Скруглена трибуна розділена на чотири сектори, кожен з яких має десять рядів з варіюючою кількістю місць від 21 до 26. Загальна кількість місць на прямолінійних трибунах - 1600, на скруглених - 940, загалом - 2540. Під прямолінійними трибунами передбачено простір для роздягалень, душових та туалетів, складських приміщень та оглядову конструкцію для коментатора на другому поверсі.



Рис. 1. Вигляд планування концепції

Футбольне поле розміром 100 м на 60 м обмежується доріжкою для метання спису довжиною 30 м і шириною 3 м, а також сіткою для метання диска/молота/ядра з південного боку. Додатково, є стрибки в висоту та заглиблення для стипль-чезу з північного боку. Навколо поля розташовані вісім бігових доріжок шириною по 1,25 м та довжиною 110 м, із скругленням радіусом 36 м. (див. рис.2). Освітлення стадіону здійснюється за допомогою чотирьох спеціальних ліхтарів. На стадіоні є табло для виведення рахунку матчу. На верхньому рівні також розташований тренажерний майданчик з покриттям у вигляді шестикутників, з якого йде спуск на нижній рівень із пандусом для маломобільних груп населення.



Рис.2. Основне футбольне поле

На нижньому рівні розташоване аналогічне футбольне поле розміром 100 м на 60 м із чотирма доріжками навколо та двома додатковими вздовж вулиці В. Порики. Також є місце для метання спису в скругленні з західного боку та диска з східного. Північний край бігових доріжок обмежений захисним парканом. За межами доріжок розташовані дві скруглені трибуни, кожна на двох рівнях: 36 місць на першому рівні та 40 на другому, загалом - 76 місць.

Також на нижньому рівні розташоване зменшене тренувальне футбольне поле розміром 45 м на 25 м, оточене двома доріжками довжиною 100 м і шириною 1,25 м з радіусом скруглення 15 м.

Біля обох полів на схилі розташовані трибуни з бетону та дерева, що враховують рельєф місцевості. Додатково на цьому рівні є три майданчики для бадмінтону (15,4 x 8,1 м), два для волейболу (24 x 15 м), один для баскетболу (32 x 19 м), два корти для тенісу (33 x 18 м) і скейтпарк розміром 30 м на 40 м. Вздовж центральної доріжки розміщено дворівневі трибуни для спостереження за грою в теніс, волейбол та бадмінтон.

Всі елементи сполучаються доріжками різної ширини. На газонному покритті хаотично розташовані шестикутники, подібні до покриття тренажерного майданчика, і "дерева" з кроною подібної форми, деякі з яких мають по кілька портів для зарядки гаджетів. (див. рис.3).

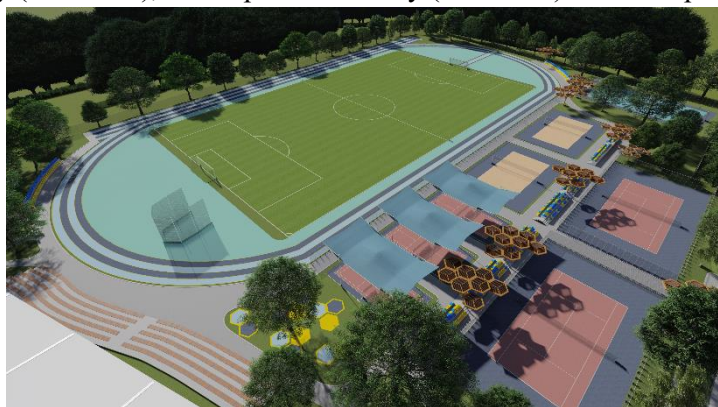


Рис.3. Функціональні майданчики

## Висновки

У результаті розробки концепції дизайну стадіону вдалося створити унікальний простір, який поєднує в собі функціональність та естетичний вигляд. Дворівнева структура, яка включає в себе футбольні поля, бігові доріжки, трибуни та різноманітні спортивні майданчики, створює відмінні умови для різних видів спорту та рекреації.

На верхньому рівні розташовано стадіон із зручним розташуванням трибун, які надають глядачам зручність та видовищність. Деталізована планування простору, таке як роздягальні, душові, туалети та оглядова конструкція для коментатора, додають функціональність та комфорт.

На нижньому рівні ефективно використано простір для додаткових спортивних видів, таких як бадмінтон, волейбол, баскетбол та теніс. Зменшене тренувальне футбольне поле додає варіативність та можливості для різних тренувань.

Архітектурне рішення трибун, яке враховує рельєф місцевості, та зіставлення з природними матеріалами (бетон і дерево) створюють природну гармонію між спортивним простором і оточуючим середовищем.

Інтеграція освітлення та технологічних елементів, таких як табло для виведення рахунку матчу та зарядні порти для гаджетів, додає сучасність та зручність.

Всі ці компоненти доповнюються художніми елементами, такими як шестикутники на газоні та "дерева" з кронами, створюючи унікальну естетику, яка робить цей стадіон не лише місцем для спорту, але і витвором мистецтва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Державне підприємство Укрархбудінформ, Київ, 2018. – 65 с.
2. Передерій, А. В., Пітин, М. П., Мельник, М. Г. Матеріально-технічне забезпечення студентського спорту України в XXI столітті (на прикладі основних спортивних споруд). Київ, 2015 – 25 с.
3. Дем'янчук О., Єрко І., Мельник А., Качаровський Р. Стадіон авангард: спортивна чи туристична атракція міста?. Львів, 2022 – 65-68 с.

**Шмаль Катерина Олександрівна** — студентка групи БМ-20б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [katherine.shmal@gmail.com](mailto:katherine.shmal@gmail.com).

**Нікітченко Тетяна Вячеславівна** — студентка групи БМ-20б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [nikitchenko71mail.ua@gmail.com](mailto:nikitchenko71mail.ua@gmail.com).

**Рундюк Світлана Володимирівна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rundyuksv@gmail.com](mailto:rundyuksv@gmail.com)

Науковий керівник: **Хороша Оксана Іванівна** – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

**Shmal Kateryna** - student of the BM-20b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [katherine.shmal@gmail.com](mailto:katherine.shmal@gmail.com).

**Nikitchenko Tetiana** - student of the BM-20b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [nikitchenko71mail.ua@gmail.com](mailto:nikitchenko71mail.ua@gmail.com).

**Svitlana Rundyuk** — PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rundyuksv@gmail.com](mailto:rundyuksv@gmail.com)

Supervisor: **Khorosha Oksana** - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).

## **АНАЛІЗ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ БУДУВАННЯ ТАУНХАУСІВ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Проаналізовано основні нормативні та законодавчі документи щодо будівництва таунхаузів. Сформовано перелік основних діючих норм та вимог. Досліджено правове регулювання*

**Ключові слова:** акт, таунхауз, вимоги, норми, Закон.

### **Abstract**

*The main regulatory and legislative documents regarding the construction of townhouses have been analyzed. A list of the main current norms and requirements has been created. Legal regulation has been studied*

**Keywords:** act, townhouse, requirements, norms, Law.

### **Вступ**

Правове регулювання ринку таунхаусів відіграє важливу роль у забезпеченні стабільності, прозорості та захисту прав всіх учасників цього процесу. Законодавство визначає чіткі правила для забудовників, покупців, інвесторів та інших учасників, які беруть участь у процесі купівлі, продажу, оренди та інвестування в таунхауси.

На сьогоднішній день законодавство в галузі містобудівної діяльності не містить чіткого визначення таунхаусу, що може призвести до різних підходів у юридичній документації під час будівництва житлових комплексів з подібною архітектурою.

Метою роботи є визначення переліку основних нормативних документів при будівництві таунхаузів. Основними завданнями є : проаналізувати стан дослідження, визначити перелік нормативних джерел на ринку таунхаузів.

### **Результати досліджень**

Згідно із чинними будівельними нормами, термін "зблокований житловий будинок" має своє визначення. Згідно з пунктом 3.14 ДБН В.2.2-15:2019 "Будинки та споруди. Житлові будинки. Основні положення" і пунктом 3.19 ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування та забудова територій" [1], зблокований житловий будинок - це житловий будинок квартирного типу, що складається з двох і більше окремих квартир, кожна з яких має безпосередній вихід до прилеглої ділянки або вулиці.

Важливо враховувати, що зблоковані житлові будинки можуть бути як індивідуальними будинками, розташованими на межі земельних ділянок, так і місцевими житловими комплексами, що складаються з двоквартирних або багатоквартирних будинків.

Згідно із Законом України "Про особливості здійснення права власності в багатоквартирному будинку," багатоквартирний будинок визначається як житловий будинок, в якому розташовано три чи більше квартири. Згідно з пунктом 3.3 ДБН В.2.2-15:2019 "Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення" [2] (з урахуванням Зміни №1), багатоквартирний житловий будинок - це житловий будинок, який включає три і більше квартири, а також має приміщення загального користування та загальні інженерні системи. Будівлі цього типу можуть бути зблокованими, секційними, коридорними, галерейними та терасними.

Згідно Державного класифікатора будівель та споруд 018-2000 (ДК БС 018-2000), в розділі "Будівлі житлові," виділяється клас 1122 "Будинки з трьома та більше квартирами," який розглядається окремо від класів 1110 "Будинки одноквартирні" та 1121 "Будинки з двома квартирами."

Згідно із затвердженим Додатком 3 "Таблиця співвідношення класифікаторів цільового

призначення, переліків функціонального зонування територій та класифікатора будівель і споруд" до Порядку ведення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва, підклас 1122.1 "Будинки багатоквартирні масової забудови" відповідає зоні блокованої житлової забудови Ж-2, до якої відносяться будинки типу таунхаус. Визначення цільового призначення земельної ділянки відповідає кодам 02.03 для будівництва та обслуговування багатоквартирного житлового будинку і 02.10 для будівництва та обслуговування багатоквартирного житлового будинку з об'єктами торгово-розважальної та ринкової інфраструктури.

Згідно з пунктом 6.7 ДБН Б.1.1-22:2017 "Склад та зміст плану зонування території," [3] зона блокованої житлової забудови Ж-2 (зона блокованої забудови) призначена для розташування зблокованих житлових будинків з трьома та більше поверхами, з виходом з кожної квартири на земельну ділянку.

Таким чином, будівництво зблокованого житлового будинку із трьома та більше квартирами, розташованого на одній земельній ділянці, повинно відповідати вимогам та нормам, що регулюють будівництво багатоквартирних будинків.

### Висновки

Проаналізовано перелік нормативної бази основних нормативних документів при будівництві та на ринку таунхаузів. Визначено, що поточний стан щодо юридичного регулювання таунхаусів є неповним і потребує детального огляду. Зміни в законодавстві, пов'язані з введенням терміну "таунхаус", не вирішили в повній мірі проблему відсутності єдиної позиції щодо правового статусу таких нерухомостей.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 19.03.2019] – Держбуд України, Київ, 2019. – 185с.
2. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – На заміну ДБН В.2.2-9-2005 – [Чинний від 01.12.2019] – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. – 42 с.
3. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. [Чинний від 19.03.2019]. Державне підприємство Укрархбудінформ, Київ, 2018. – 63 с.

*Барановський Богдан Вікторович - студентка групи БМ-22м, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baranovskij396@gmail.com*

*Алієва Ельміра Гулам кизи – студентка гарупи БМ-22м, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: elmira28alieva@gmail.com*

*Гордєєв Дмитро - студент групи БМ-21б, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Gordeevd793@gmail.com*

Науковий керівник: *Хороша Оксана Іванівна – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: korosha@vntu.edu.ua*

*Bohdan Baranovsky - student of the BM-22m group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: baranovskij396@gmail.com*

*Alieva Elmira Ghulam Kyzy - student of Garupa BM-22m, Faculty of Civil and Environmental Engineering Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: elmira28alieva@gmail.com*

*Dmytro Gordeev - student of the BM-21b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Gordeevd793@gmail.com*

Supervisor: *Khorosha Oksana - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: korosha@vntu.edu.ua*



## ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА АДАПТАЦІЯ В АРХІТЕКТУРІ СУЧАСНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі наведені теоретичні дослідження основних передумов трансформації житлових будинків та перспектива застосування цього напрямку розвитку сучасної архітектури в Україні.*

*Подано теоретичне обґрунтування особливостей актуальності трансформації у структурі нових житлових будинків. Розглянуто досвід застосування трансформації у структурі існуючих житлових будівель.*

**Ключові слова:** житлові будинки, трансформація, динамічна архітектура, мобільна архітектура, зведення будинків, модульні будинки.

### *Abstract*

*The paper presents theoretical studies of the main prerequisites for the transformation of residential buildings and the prospect of applying this direction of development of modern architecture in Ukraine.*

*The theoretical justification of the peculiarities of the relevance of transformation in the structure of new residential buildings is presented. The experience of applying transformation in the structure of existing residential buildings is considered.*

**Key words:** residential buildings, transformation, dynamic architecture, mobile architecture, construction of buildings, modular buildings.

### **Вступ та теоретичні передумови досліджень**

Динаміка сучасного життя часто вимагає створення трансформованих, функціональних архітектурних форм і просторів, які здатні легко адаптуватись та змінюватись функціонально за потреби.

Складні соціально-економічні явища та руйнування великого об'єму житла, які виникли сьогодні в Україні внаслідок військових дій, потребують зміни і переходу від уявлення про архітектуру, як про статичну, тверду та важку. Сучасна архітектура повинна відповідати всім вимогам людини і бути здатною фізично адаптуватися до потреб людини. Одним із варіантів вирішення поставлених завдань є мобільна архітектура, яка легко адаптується, а також зменшує навантаження на природне середовище. Мобільну архітектуру можна використовувати для адаптації мало- та середньоповерхових житлових будинків. Інший приклад, це високо сучасна динамічна архітектура, яка створюється із використанням новітніх технологій і досягнень науково-технічного прогресу. Цей варіант підходить до створення багатоповерхових житлових комплексів.

Основною метою науково-дослідної роботи є розробка гнучких трансформованих об'ємно-планувальних і конструктивних систем структури багатофункціонального житла для задоволення змінних потреб людей.

### **Особливості застосування трансформації у структурі нових житлових будинків**

Серед завдань та особливостей застосування трансформації у структурі житлових будинків можна виділити такі [1, 2]:

1. Багатофункціональність використання простору: за допомогою мобільних конструкцій вирішується завдання оптимізації статичних елементів і параметрів будівель, простір, що трансформується, створює середовище «без кордонів». Структури, що формуються з використанням трансформації, повинні поєднувати максимальну кількість функцій: «дім-відпочинок», «дім-спілкування», «дім-робота», «дім-навчання», одночасно забезпечуючи динамічний розвиток самої житлової одиниці (квартири, будинку);

2. Регуляція мікроклімату з допомогою оборотних рухів конструктивних елементів. Трансформовані фасадні системи покликані регулювати параметри мікроклімату в приміщенні, постійно змінюючись під впливом довкілля: сонця, вітру, опадів тощо;

3. Зміна просторових характеристик об'єкта: відкритість/закритість по відношенню до навколишнього середовища, зміна рівня природного освітлення та ін, що сприяє створенню комфортнішого середовища перебування людини.

4. Естетичний аспект: ідея мінливого простору, складні концептуальні структури мобільної форми, можливість її видозміни, залежно від конкретних умов, набувають несподіваних ефектів і створюють виразні архітектурні рішення.

Для вирішення цих завдань можна використовувати модульні сітки, що трансформуються, які легко накладаються на будь-які поверхні, такі як фасад, підлогу та інші елементи будівель і споруд. Сітки реагують зміну різних чинників довкілля, наприклад, освітленості, температури повітря, вологості тощо.

Іншим варіантом конструктивного влаштування динамічних будівель є трансформація фасадних систем, влаштування динамічних покрівель, обертання поверхів, а також рух всієї будівлі.

Крім екологічності та енергоефективності, динаміка будівель наділяє їх певними естетичними властивостями. Вид динаміки будівлі зумовлює специфіку її об'ємно-планувальної структури, в якій проявляються складність об'єму, характер побудови композиції планувань, а також функціональне наповнення [3].

### **Можливість застосування трансформації у структурі існуючих житлових будівель**

Західний досвід трансформації і адаптації архітектури будівель і споруд під сучасні потреби мешканців пов'язаний із рядом факторів [3-5]:

- зміна основних галузей економіки розвинутих держав, як наслідок різкого стрибка науково-технічного прогресу та криз перевиробництва, призвела до вивільнення великих промислових територій. Так, колишні приміщення фабрик, заводів, портових споруд тощо довелося модернізувати і адаптувати під сучасне житло або громадські простори, багатофункціональні будівлі;

- перехід від важкої фізичної праці на виробництві до більш легкої, інтелектуальної призвів до вивільнення часу і перегляду вимог до комфорту житла;

- відхід від аграрної економіки призвів до великої міграції людей у міста, а отже виникла потреба у більшій кількості комфортного житла у міста та приміських поселеннях;

- значне моральне та фізичне зношення існуючого житлового фонду, особливо в старих районах міст;

- зміна життєдіяльності сучасного мешканця великих міст, пов'язана із пандемією COVID-19, перемістив велику кількість робочих міст із офісних та адміністративних будівель в середовище власного будинку чи квартири.

Масштабне дослідження, проведене у Нідерландах, стосувалось можливості до трансформації будівель існуючої житлової забудови на противагу їх знесенню. На основі обстеження технічного стану і конструкцій існуючих будівель було побудовано модель множинної регресії. Найбільший вплив на можливість будівель до трансформації та збільшення їх терміну служби мають: несуча здатність перекриттів, доступність фасадних з'єднань і можливість розширення/ зміни горизонтальних службових елементів (каналів, коридорів). Встановлено, що будівельні конструкції з можливістю трансформації мають [6]:

- достатній простір для зміни та проходження горизонтальних елементів обслуговування;

- достатню несучу здатність і більший вільний корисний простір;

- конструкцію із сітки колон, а не системи несучих стін;

- фасад, що не несе навантаження та легко адаптується або знімається;

- хороший доступ до сходів і поверхів.

Вплив інженерних мереж, вертикальне проходження шахт і каналів, пожежна безпека конструкцій будівлі не мають значного впливу на майбутню адаптацію будівель [6].

Трансформацію існуючого багатоповерхового житла проводять з метою підвищення його екологічності, енергоефективності, збільшення простору, збільшення кількості природного освітлення тощо. Так прикладом такої трансформації є перебудова 3 будинків 60-х рр. соціального житла на 530 квартир Grand Parc Bordeaux [7]. Щоб скоротити тривалість робіт використовували збірні модулі, збірні плити та колони. Монолітний бетон використовувався лише для фундаментів. Двері та вікна замінені на розсувні, бетонні підвіконня демонтувались. З іншого боку будівлі влаштували легкий фасад з прозорих гофрованих полікарбонатних панелей і скла в алюмінієвих рамах, оснащений відбиваючими сонячними завісами. Грамотне планування та організація будівельного майданчика дозволили досягти трансформації житлового комплексу всього за 12-16 днів на квартиру: 0,5 дня на укладання бетонної

плити, 2 дні на адаптацію старого фасаду, 2 дні на розміщення нового фасаду та 8-12 днів на ремонт інтер'єрів (рис. 1).



Рис. 1 – Трансформація комплексу соціально житла Grand Parc Bordeaux, Франція

### **Висновки**

Отже, в архітектурі житла трансформація – це принцип, за яким архітектурну концепцію, структуру чи організацію житлової будівлі можна змінити за допомогою низки окремих маніпуляцій і змін як у конструктивних елементах, інженерних системах, так і в об'ємно-планувальних вирішеннях, відповідно сучасним вимогам і потребам мешканців.

В Україні сьогодні з одного боку є потреба в трансформації застарілого житлового фонду в більш комфортне для життєдіяльності мешканців житло, а з іншого – велика потреба у розвитку сфери модульного і мобільного житла, яке дозволить швидкими темпами відновити значні обсяги втраченого чи пошкодженого під час воєнних дій житла. При цьому важливу роль відіграють екологічність, легкість конструкцій, висока заводська готовність елементів та їх несуча здатність, енергоефективність, можливість у майбутньому змінювати планувальні рішення будинку (влаштовувати капітальні прибудови, надбудовувати поверхи) у порівнянні із традиційними технологіями зведення мало- та середньоповерхового житла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Transform & Reuse: Low Carbon Futures for Existing Buildings. URL: <https://www.arup.com/perspectives/publications/promotional-materials/section/transform-and-resuse-low-carbon-futures-for-existing-buildings>
- [2] Модульні будівлі з блок-контейнерів: специфіка використання і конструктивні рішення. URL: <https://roof.lviv.ua/modulni-budivli-z-blok-kontejneriv-spetsyfika-vykorystannya-i-konstruktyvni-rishennya/>
- [3] A. Paduart, W. Debacker, C. Henrotay, N. De Temmerman, W. P. De Wilde, H. Hendrickx. Transforming Cities: Introducing Adaptability in Existing Residential Buildings through Reuse and Disassembly Strategies for Retrofitting. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=60a820626d868f3f28bd763a65e8bd69eb309be9#page=20>
- [4] Building reversible today, to better transform tomorrow. URL: <https://www.bouygues-construction.com/blog/en/construire-reversible-mieux-transformer/>
- [5] 10 modern architectural transformations of old buildings. URL: <https://archinect.com/news/article/150278421/10-modern-architectural-transformations-of-old-buildings>
- [6] R. Blok, P. M. Teuffel. Demolition versus Transformation, “mortality of building structures” depending on their technical building properties. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012016/pdf>
- [7] Transformation of 530 dwellings - Grand Parc Bordeaux. URL: <https://miesarch.com/work/3889>

**Готюр Роман Анатолійович** – магістр, група 2Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет

**Науковий керівник: Бікс Юрій Семенович** – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, електронна пошта [biks@vntu.edu.ua](mailto:biks@vntu.edu.ua)

**Gotyur Roman A.** – master, group 2B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Supervisor: Biks Yuriy S.** – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [biks@vntu.edu.ua](mailto:biks@vntu.edu.ua)

## ЕНЕРГОЗБЕРГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У статті розглядаються питання, пов'язані з енергоефективністю будівель.*

**Ключові слова:** енергоефективність, житлові будинки, принципи забезпечення енергоефективності.

### Abstract

*The article deals with issues related to the energy efficiency of buildings.*

**Keywords:** urbanization, housing construction, housing needs, population

### Вступ

Проблема енергоефективності житлових будинків на сьогодні є актуальною в усьому світі. Вже тривалий час проводяться дослідження та розробка шляхів зменшення енергоспоживання через його раціональне використання. Значущість теми полягає в тому, що енергоефективність та енергозбереження будівель є пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в Україні, оскільки значна частина споживання енергоресурсів припадає на будинки.

Актуальність теми: визначається необхідністю зменшення витрат енергоресурсів та зниження викидів в умовах зростаючої екологічної обуреності та постійних змін у енергетичному секторі. Розгляд цієї теми стає стратегічно важливим для розвитку сталого та енергоефективного житлового будівництва в Україні, відповідного вимогам сучасного суспільства.

Нова Державна програма енергоефективності до 2027 року допоможе утеплити сотні тисяч домогосподарств та модернізувати системи тепло- та водопостачання України. Шестирічна програма надасть допомогу близько 450 тис. домогосподарств при впровадженні енергоефективних заходів. Також проведення модернізації систем тепlopостачання, водопостачання та водовідведення дозволить зменшити використання електроенергії та природнього газу, а також щорічні втрати теплової енергії та питної води. [1]

Механізм реалізації заходів по програмі підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів у Вінницькій області [2]

1. Фонд за узгодженням з територіальною громадою необхідних техніко-економічних показників забезпечує виготовлення проектно-кошторисної документації та проведення її експертизи;

2. У відповідності до вимог Закону України «Про публічні закупівлі» Фондом проводиться процедура закупівель будівельно-монтажних робіт;

3. Фонд забезпечує належне виконання, фінансування робіт та введення об'єкта в експлуатацію;

4. Після завершення всього комплексу будівельно-монтажних робіт, Фонд передає право користування котельним обладнанням на умовах оренди з подальшою передачею права власності, після виплати орендних платежів.

5. Термін оренди по вищезазначених договорах становить від 5 років.

Метою статті є дослідження, встановлення, виявлення, формулювання закономірностей. Дослідити сучасні підходи до енергозбереження в житловому будівництві, проаналізувати їхню ефективність та визначити можливості їхнього успішного впровадження. (тобто встановлення ефективності сучасних підходів шляхом проведення комплексних аналітичних досліджень, можливих шляхів реалізації енергоефективних заходів і технологій в житловому будівництві). Розгляд цих аспектів дозволить визначити оптимальні рішення для створення енергоефективних житлових об'єктів, що відповідають сучасним екологічним та економічним вимогам.

Завданнями досліджень передбачається:

1. Вивчення існуючих технологій з впровадження енергоефективних рішень в проектах будівництва об'єктів житлової сфери;

2. Вивчення Світового досвіду створення і впровадження в будівельній практиці енергозберігаючих технологій;

3. Запропонувати перспективні варіанти новітніх енергозберігаючих технологій для запровадження їх в житловому будівництві.

## Основна частина

Енергозберігаючі технології стали важливим напрямком у будівельній сфері, мінімізуючи втрати енергії. Це актуально через дефіцит основних енергетичних ресурсів та глобальні екологічні проблеми. Впровадження цих технологій на будівельних підприємствах і серед забудовників є ключовим для зменшення впливу будівництва на зміну клімату, забруднення атмосфери та раціонального використання природних ресурсів. [3]

Економія енергії - це ефективне використання енергоресурсів за рахунок застосування інноваційних рішень, які освоєні технічно, обґрунтовані економічно, прийнятні з екологічної та соціальної точок зору, і не змінюють звичного способу життя.

Підвищення енергоефективності будівель і споруд є однією з найактуальніших тем сучасності. Зводячи до мінімуму втрати енергії в житлових приміщеннях, ефект енергозбереження є значним, допомагає заощадити значні кошти, підвищити якість і комфорт проживання.

Відповідно до вимог Державних програм о напрямками і енергозберігаючими заходами є:

- економія тепла (зниження тепловтрат, підвищення ефективності систем теплопостачання);
- економія води (водозабір, споживання у побуті та на виробництві, зниження втрат і підвищення ефективності систем водопостачання);
- економія газу (споживання в побуті та на виробництві, зниження втрат і підвищення ефективності систем газопостачання);
- економія палива (зниження споживання в двигунах внутрішнього згоряння, альтернативні види та гібридні системи, зниження втрат і підвищення ефективності виробництва електричної та теплової енергії).

Загальні підсумки аналітичних досліджень наведено в таблиці

Таблиця 1. Розхід теплової енергії за видами будівель в Україні [4]

Індивідуальний житловий будинок 140м <sup>2</sup> загальної площі	Річна витрата тепла, Квт, год/м <sup>3</sup> рік	Питома витрата тепла, Вт год/м <sup>3</sup>
Будинки старої забудови (до середини 90-х рр.)	600	125
Будинки згідно ДБН В 2.2-15-2005	150	70
Будинки низького енергоспоживання	70	14-32
Будинки ультранизького енергоспоживання	30-15	14-7
Сучасний пасивний будинок	менше 15	менше 7

Енергоефективне будівництво: [4]

Країни ЄС планують перейти на принципово нові будівельні стандарти, що дозволяють зводити енергоефективні будинки, здатні за рахунок поновлюваних джерел виробляти енергії більше, ніж споживають самі. Нові стандарти можна звести до принципу «Трьох нулів» (Triple Zero) - нульове споживання енергії з міської енергосистеми, нульові викиди забруднюючих повітря речовин, нульові обсяги відходів. Поки активні будинку – здебільшого експериментальні проекти, ціна яких помітно вище, ніж у аналогічних звичайних будинків, в середньому на 20-30%.

Щоб досягти нульового споживання енергії, використовується ефективно використання відновлюваних природних джерел енергії, таких як сонце, вітер, біопаливо, річкова та припливна енергія.

Одним з прикладом використання природних джерел енергії є активні будинки.

Активні будинки можуть підключатися до міської електромережі під час пікового навантаження або періодів знеструмлення, але повертатимуть всю енергію, яку вони споживають, назад у мережу.

Завдяки Закону про "зелений" тариф в Україні також перейшли на активні будівлі.

Будинки вже виробляють достатньо електроенергії на своїх дахах і навіть можуть продавати електроенергію в мережу.

Під "нульовими відходами" розуміється не лише відсутність побутового сміття, але й можливість легкого демонтажу будівлі без шкоди для екології. Ці будинки, виготовлені з екологічних матеріалів, можуть бути повністю перероблені після завершення терміну експлуатації, залишаючи мінімальний відходів.

Принципи побудови активних будинків:

Активний будинок із позитивним енергобалансом - це споруда, яка здобуває енергію з навколишнього середовища через використання альтернативних джерел у такому обсязі, що перевищує власні енергетичні потреби.

Розробка проекту активного будинку розпочинається з вивчення місцевості, зокрема: рельєфу, кліматичних умов (вологості, режиму світла, напрямів і швидкостей повітряних потоків), а також складу повітря та присутності в ньому хімічно агресивних речовин.

Після цього настає етап вибору технології будівництва. Зазвичай віддають перевагу каркасному будівництву. Хоча каркасні конструкції вважаються витратнішими, вони дозволяють гнучко змінювати планування приміщень, а шари панелей, що формують поверхні, забезпечують високу теплоізоляцію. Ще одна перспективна технологія - це використання сітчастих оболонки. Хоча її рідко використовують для повноцінного будівництва енергоефективних будинків, часто вона використовується для створення секцій сонячних батарей.

Систематизуючи вище наведену інформацію можливо зробити загальне трактування переліку перспективних напрямків у створенні енергозберігаючих технологій в будівництві об'єктів житлового фонду: [5]

1. Автоматизовані системи керування будинку (розумні термостати для контролю температури; енергоефективні системи освітлення; системи управління енергетикою будинку);
2. Технології для підвищення ефективності огорожувальних конструкцій. В основному вікна будівельних конструкцій вдосконалюють та оптимізують завдяки використанню: хромогенного скла, спектрально-селективних стекол або використання фотоелектричних панелей.
3. Інтеграція сонячної енергії (сонячні панелі на даху, сонячні системи обігріву води; акумулятори для зберігання сонячної енергії);
4. Високоєфективні системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (геотермальне опалення та охолодження в житлових будівлях; теплові насоси повітря; зонування опалення та охолодження для енергозбереження);
5. Когенерація (комбінований метод виробництва електроенергії та тепла для енергоефективних будівель).

### Висновок

У висновку слід визначити, що енергозберігаючі принципи та технології є необхідною складовою в сучасному житловому будівництві. Впровадження енергоефективних рішень сприяє створенню екологічно чистого та сталого житла, забезпечуючи оптимальне споживання ресурсів та зниження викидів. Ці інновації допомагають не лише зменшувати витрати на комунальні послуги, але й покращують якість життя мешканців, забезпечуючи комфорт та ефективну енергетичну ефективність. У великій мірі вони також сприяють збереженню навколишнього середовища та визначають нові стандарти сучасного житлового будівництва.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нова Державна програма енергоефективності [Електронний ресурс] - <http://surl.li/nitju>  
КОМУНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ «ОБЛАСНИЙ ФОНД СПРИЯННЯ ІНВЕСТИЦІЯМ ТА БУДІВНИЦТВУ» [Електронний ресурс] - <https://fondsib.vn.ua/programa-energozberezhennya/>
2. Регіональна інвестиційна політика енергозбереження : [монографія] / М. А. Вознюк; НАН України, Ін-т регіон. дослідж. ім. М.І. Долішнього. - Львів, 2015. - 413, [1] с. - (Проблеми регіон. розвитку). - Бібліогр.: с. 386-401.
3. Енергозберігаючі технології в будівництві. Пасивні будинки. [Електронний ресурс] <http://surl.li/ncgvj>
4. New Technologies for Energy Saving im Building [Електронний ресурс] - <https://theconstructor.org/building/new-technologies-energy-savings-buildings/1251/>

*Гавронська Інна Геннадіївна* – студент групи БМ-23мс, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [innagavronska@gmail.com](mailto:innagavronska@gmail.com)

*Яценко Микита Ігорович* – студент групи БМ-23мс, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [nikitayashchenko20@gmail.com](mailto:nikitayashchenko20@gmail.com)

*Havronska Inna* – student of BM-23ms, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [innagavronska@gmail.com](mailto:innagavronska@gmail.com)

*Yashchenko Mykyta* – student of BM-23ms, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [nikitayashchenko20@gmail.com](mailto:nikitayashchenko20@gmail.com)

## КОРИСТЬ МОДИФІКАЦІЇ СТИЛІСТИКИ МІКРОРАЙОНІВ МІСТА

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Дослідження розглядає процес уніфікації районів міста та його вплив на економічні, соціальні та екологічні аспекти. Виділено економічні переваги, такі як ефективне використання ресурсів та економія коштів. Соціальні переваги включають покращення якості життя та доступність послуг для населення. Також розглянуті екологічні переваги, такі як зменшення забруднення та збереження природних ресурсів. Висвітлені недоліки уніфікації, такі як втрата індивідуальності та складний процес.*

**Ключові слова:** модифікація, планування забудови, благоустрій, інфраструктура, переваги, ефективність ресурсів.

### *Abstract:*

*The research examines the process of urban district unification and its impact on economic, social, and environmental aspects. Economic benefits, such as efficient resource utilization and cost savings, are highlighted. Social advantages include improvements in the quality of life and enhanced accessibility to services for the population. Additionally, environmental benefits, such as pollution reduction and preservation of natural resources, are discussed. The drawbacks of unification, such as the loss of individuality and a complex process, are also addressed.*

**Keywords:** modification, building planning, landscaping, infrastructure, benefits, resource efficiency.

### **Вступ**

У сучасних умовах стрімкого міського розвитку, модифікація районів міста стає ключовим аспектом створення життєздатного та конкурентоспроможного міського середовища. Це дослідження спрямоване на визначення користі стильової уніфікації та її впливу на соціальні, економічні та інфраструктурні аспекти. Метою є перетворення мікрорайонів міст на об'єднані модифіковані стилістичні групи. Основними завданнями є визначення переваг та недоліків уніфікованої модифікації мікрорайонів міста.

### **Результати дослідження**

Модифікована уніфікація мікрорайонів міста - це процес створення єдиних стандартів для розвитку та функціонування районів міста. Цей процес може включати в себе стандартизацію планування забудови, благоустрою, інфраструктури, а також надання послуг населенню.

Користь уніфікації районів міста можна розділити на наступні групи:

Економічні переваги:

- Економія коштів на будівництво та обслуговування інфраструктури.
- Збільшення ефективності використання ресурсів.
- Створення умов для економічного розвитку.

Соціальні переваги:

- Покращення якості життя населення.
- Збільшення доступності послуг для населення.
- Створення більш справедливого розподілу ресурсів.

Екологічні переваги:

- Зменшення забруднення навколишнього середовища.
- Збереження природних ресурсів.

Економічні переваги модифікаційної уніфікації районів міста пов'язані з тим, що вона дозволяє оптимізувати використання ресурсів та зменшити витрати на будівництво та обслуговування інфраструктури. Наприклад, уніфікована модифікація стандартів забудови дозволяє використовувати більш ефективні технології будівництва, що може призвести до зниження вартості квадратного метра житла. Уніфікація стандартів благоустрою та стилізації дозволяє скоротити витрати на утримання



зелених зон, доріг, освітлення та інших об'єктів інфраструктури.

Соціальні переваги модифікації районів міста пов'язані з тим, що вона дозволяє підвищити якість життя населення та зробити послуги більш доступними. Наприклад, модифікація стандартів надання освітніх послуг дозволяє забезпечити рівний доступ до якісної освіти для всіх мешканців міста. Модифікація стандартів надання медичних послуг дозволяє забезпечити рівний доступ до медичної допомоги для всіх мешканців міста.

Екологічні переваги модифікації районів міста пов'язані з тим, що вона дозволяє зменшити забруднення навколишнього середовища та зберегти природні ресурси. Наприклад, модифікація стандартів забудови дозволяє використовувати більш екологічні матеріали та технології будівництва. Модифікація стандартів благоустрою дозволяє зменшити споживання енергії та води.

Важливо зазначити, що модифікація районів міста має і деякі недоліки. Наприклад, вона може призвести до втрати індивідуальності районів міста та зниження їхньої привабливості для мешканців. Крім того, це може бути складним і затратним процесом.

## Висновки

Модифікація районів міста з уніфікованими стильовими рішеннями мікрорайонів міста є важливим інструментом для підвищення якості життя населення та розвитку міста. Цей процес має як економічні, так і соціальні, і екологічні переваги. Однак, важливо правильно планувати та реалізовувати модифікаційну уніфікацію районів міста, щоб уникнути її негативних наслідків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петришин Г. П., Посацький Б. С., Криворучко Ю. І. та ін. Містобудівне проектування. Частина I: Місто як об'єкт проектування. Навчальний посібник/ Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. 328 с.
2. Тимохін В.О. Архітектура містобудівного розвитку. 7 книг з теорії містобудування. – К: КНУБА. – 2008. – 629 с., іл.
3. Ткачук О.А. Міське будівництво та господарство. Навчальний посібник. Рівне: НУГВ, 2018 - 244 с.

*Припоров Ростислав Ігорович – студент групи БМ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rostikpriporov@gmail.com](mailto:rostikpriporov@gmail.com)*

Науковий керівник: *Хороша Оксана Іванівна – кандидат архітектури, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).*

*Priporov Rostyslav I. — student of the BM-21b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rostikpriporov@gmail.com](mailto:rostikpriporov@gmail.com)*

Supervisor: *Khorosha Oksana - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [korosha@vntu.edu.ua](mailto:korosha@vntu.edu.ua).*

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*З урахуванням підвищення вимог до якості дорожньо-будівельних робіт та позитивного досвіду європейських країн використання безавтоклавного ніздрюватого бетону може принести значний економічний ефект під час будівництва сучасних автомобільних доріг в Україні та змінити акценти в підходах до технології конструювання і влаштування дорожнього одягу загалом.*

**Ключові слова:** *ніздрюватий бетон, автомобільні дороги, промислові відходи.*

### Abstract

*Given the increasing requirements for the quality of road construction works and the positive experience of European countries, the use of autoclaved aerated concrete can bring significant economic effect during the construction of modern roads in Ukraine and change the emphasis in approaches to technology of construction and installation of road construction in general.*

**Keywords:** *cellular concrete, highways, industrial waste.*

### Вступ

В умовах постійно зростаючого транспортного навантаження, збільшення інтенсивності та швидкості руху по автомагістралях підвищуються витрати на капітальні та поточні ремонти автомобільних доріг для забезпечення безпеки руху по них. Якщо порівняти довговічність дорожнього одягу на вітчизняних та закордонних об'єктах транспортної інфраструктури, то в Україні спостерігається у 1,5–2,0 рази менший міжремонтний термін при практично ідентичних кліматичних умовах експлуатації [1-2]. Крім того, норми розрахунку та якість виконання дорожнього одягу в Україні та країнах світу і Євросоюзу мають певні розбіжності. Типи та властивості будівельно-дорожніх матеріалів, що застосовуються в будівництві та проектуванні автомобільних доріг, також відрізняються.

### Основна частина

Одним із шляхів зниження вартості експлуатації та витрат на утримання дорожньо-транспортної інфраструктури є впровадження в проектну та будівельну практику нових конструктивних рішень дорожнього одягу, які б забезпечували високу якість дорожнього покриття протягом нормативного експлуатаційного періоду [3-4]. Цього можна досягнути за рахунок введення в конструкцію дорожнього одягу в якості протиморозного прошарку ефективного теплоізоляційного матеріалу з метою виключення ефекту морозного здимання дорожнього полотна автомобільних доріг нежорсткого типу.

Ніздрюватий бетон є універсальним і ефективним теплоізоляційним матеріалом, який широко і давно використовується в цивільному і промисловому будівництві України та закордоном. Влаштування теплоізоляційного прошарку з неавтоклавного ніздрюватого бетону дає змогу повністю або частково запобігти промерзанню або перегріву основи дорожнього одягу, знизити вплив періодичних температурних коливань навколишнього середовища, що забезпечує підвищення довговічності конструкції дорожнього полотна.

Методики розрахунку параметрів влаштування ефективного теплоізоляційного прошарку дорожнього одягу, які б враховувала фактичні показники теплопровідності усіх шарів дорожнього одягу та виключали ефект морозного здимання дорожнього полотна, в практиці проектування та будівництва автодоріг на території України на даний момент відсутні. У зв'язку з цим, проблема розроблення ніздрюватих бетонів з підвищеними експлуатаційними властивостями як ефективного теплоізоляційного прошарку для проектування довговічних багатошарових конструкцій дорожнього одягу є практично значимою та актуальною.

Дослідження та застосування різних теплоізоляційних матеріалів для використання у дорожньому будівництві було розпочате ще у середині ХХ ст., оскільки проблема зниження величини

промерзання земляного полотна дорожнього одягу була важливою для експлуатації автомобільних доріг в цілому світі.

Вітчизняний та закордонний досвід будівництва автомобільних доріг свідчить про високу ефективність застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів у конструкції дорожнього одягу. В останні роки в Україні з'явився підвищений інтерес до використання неавтоклавного ніздрюватого бетону не лише у будівництві житлових та громадських споруд, але і для застосування в дорожньому будівництві як новітнього та високоефективного теплоізоляційного матеріалу дорожнього одягу. У конструкціях дорожнього одягу безавтоклавний пінобетон може виконувати одразу дві функції: теплоізоляційного прошарку та елемента, що створює умови для розподілення навантажень в масиві дорожнього одягу автомобільної дороги.

У ВНТУ на протязі останніх 20<sup>тих</sup> років проводяться дослідження щодо розробки енергоефективних ніздрюватих бетонів. Автори в своїх роботах [5-8] підтвердили можливість отримання ніздрюватого безавтоклавного бетону з заданими характеристиками використовуючи техногенні промислові відходи. Розроблена технологія виготовлення ніздрюватого бетону з використанням нового безвипалювального в'язучого. Міцність зразків на стиск становить 2,5-2,8 МПа, при щільності 850-1000 кг/м<sup>3</sup>.

### Висновки

Аналізуючи стан та перспективи розвитку транспортної інфраструктури України встановлено незадовільний транспортно- експлуатаційний стан автомобільних доріг, низьку безпеку руху по них. Одним із методів підвищення якості та довговічності автодоріг нежорсткого типу, що становлять значну частку шляхів в Україні, подовження міжремонтних експлуатаційних термінів їх служби, а також спорудження сучасних автодоріг є усунення ефекту морозного здимання за рахунок використання теплоізоляційного шару з використанням інноваційних матеріалів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
2. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
3. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsiannykova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
4. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
5. Сердюк, В. Р., О. В. Христин, М. С. Лемешев. "Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
6. Лемешев М. С. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Том 13. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 111-114.
7. Сердюк, В. Р., М. С. Лемешев, О. В. Христин. "Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів." (2011).
8. Лемешев М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христин, О. В. Березюк // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58

*Сивак Роман Васильович, аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: sivak10052@gmail.com*

*Лемешев Михайло Степанович, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: mlemeshev@i.ua.*

*Sivak Roman - graduate student of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, email: sivak10052@gmail.com*

*Lemeshev Mikhail - Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: mlemeshev@i.ua*

## ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізувавши світовий та вітчизняний досвід будівництва та експлуатаційного утримання цементобетонних дорожніх покриттів, можна зробити висновок про те, що цементобетон може бути тим ефективним матеріалом, який дозволить вирішити проблеми сьогодення в дорожній галузі України. Його успішно можна використовувати для будівництва бетонних покриттів на дорогах із напруженим рухом і високою інтенсивністю руху з метою забезпечення пропуску сучасних транспортних засобів без обмежень в теплу пору року, а також високої якості та довговічності доріг.*

**Ключові слова:** автомобільні дороги, цементобетонне покриття, будівельні матеріали.

### Abstract

*After analyzing the world and domestic experience in the construction and maintenance of cement-concrete pavements, we can conclude that cement concrete can be an effective material that will solve the problems of today in the road industry of Ukraine. It can be successfully used for the construction of concrete pavements on roads with heavy traffic and high traffic to ensure the passage of modern vehicles without restrictions in the warm season, as well as high quality and durability of roads.*

**Keywords:** highways, cement-concrete covering, building materials.

### Вступ

Мережа автомобільних доріг – одна із основних складових транспортної системи України, що в значній мірі задовольняє потреби суспільства в пасажирських та вантажних перевезеннях автомобільним транспортом. Поетапна інтеграція України у Європейську та світову економіку, розширення торговельно-економічних зв'язків з країнами близького та дальнього зарубіжжя, подальший розвиток галузей економіки, підвищення рівня життя населення на фоні незадовільного транспортно-експлуатаційного стану більшості автомобільних доріг спонукає до необхідності розвитку вітчизняної дорожньо-транспортної мережі.

### Основна частина

За забезпеченістю автомобільними дорогами з розрахунку на 1000 км<sup>2</sup> території та на кожних 1000 мешканців, Україна посідає одне з останніх місць серед європейських країн. Існуюча мережа автомобільних доріг загального користування протяжністю 169,4 тис. км на сьогоднішній день задовольняє лише базові національні потреби економіки та потреби населення у перевезеннях. При цьому існуючий низький рівень забезпеченості автомобільних доріг України загального користування практично не змінюється вже достатньо тривалий час, у зв'язку з дуже малими обсягами будівництва нових доріг. Так, за останні десять років було побудовано лише 1460 км автомобільних доріг загального користування [1-2]. Для забезпечення економічного та соціального розвитку України на найближчі роки необхідно забезпечити та привести транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг України у відповідність до європейських стандартів та вимог

Недостатня експлуатаційна якість покриття автомобільних доріг зумовлює зниження експлуатаційних швидкостей транспортних засобів, підвищення витрат паливо-мастильних матеріалів та збільшення частки транспортної складової у собівартості продукції. У тому, що собівартість перевезень у 1,5 рази, а витрати пального на 30 % перевищують аналогічні показники у розвинутих європейських країнах, існує значний вплив також і саме дорожньої складової [3-4]. Все це разом з недостатнім розвитком інфраструктури не приваблює іноземних перевізників, стримує ріст вітчизняних транспортних перевезень та призводить до того, що транзитні перевезення автомобільними дорогами України збільшуються дуже повільно. Автодороги нежорсткого типу в достатній степені не витримують навіть знижених міжремонтних експлуатаційних термінів служби. Відповідно до аналізу Державного агентства автомобільних доріг України, станом на сьогодні термінового ремонту потребують близько 80% загальної мережі автошляхів, а капітального ремонту

та перебудови – понад 60% автодорожніх мостів, рівень зношеності штучних споруд на дорогах складає 43,7% [5-6]. На сьогодні в Україні потребують капітального ремонту до 40 тис. км. доріг. Україна щорічно втрачає від незадовільного техніко-економічного стану доріг близько 20 млрд. грн, що є логічним результатом відсутності новітніх технологій, оптимальних методів розрахунку і впровадження сучасних дорожніх будівельних матеріалів, що з'являються на будівельному ринку України при влаштуванні дорожніх одягів автодоріг у XXI столітті.

Значна територія України розташована на ґрунтах з низькою несучою здатністю. Ґрунти, переважно глинистої природи. За дорожньою класифікацією їх відносять до здимальних та дуже здимальних [7-8]. Це ґрунти, які взимку, в зволоженому стані здимаються, а весною просідають під дією сонячної радіації. Здиманню також сприяють: високий рівень ґрунтових вод, затяжні осінні та весняні дощі, м'яка зима з повільним промерзанням ґрунту та частими відлигами, які чергуються з морозами, різке коливання температур весною, випадання опадів в період відтавання конструктиву дорожнього одягу автомагістралей та міських доріг і вулиць. Такі несприятливі кліматичні умови не сприяють нормативному стану автомобільних доріг на довготривалий період. В умовах міських магістралей проблема несприятливих ґрунтів ускладнюється наявністю широкої мережі інженерних комунікацій, які спричиняють негативний вплив на водно-теплові процеси в ґрунтах основи дорожніх одягах автомобільних доріг [9-10].

Будівництво сучасних автомобільних доріг потребує використання дороговартісних матеріалів. Оскільки вимоги до довговічності та безпеки автомагістралей зростають, то спеціалісти дорожньої галузі в цілому світі вивчають і впроваджують нові технології, котрі закладають умови для поліпшення якісних характеристик та процесу економії коштів і матеріальних ресурсів.

Протягом останніх років в Україні, так і в усьому світі спостерігається динамічне зростання інтенсивності руху та навантаження грузових автомобілів. Сучасні зерновози можуть перевозити від 60 т до 100 т вантажу. Конструкції існуючих доріг та мостів не розраховані на таке навантаження, крім того, клімат України в останні роки характеризується наявністю влітку тривалого періоду, коли температура повітря перевищує +30 - 35 °С. При такій температурі повітря, навіть у північній зоні України асфальтобетон нагрівається до температури вище +60°С, при тому, що розрахункова температура асфальтобетонних шарів згідно з нормами на проектування дорожніх одягів не повинна перевищувати +40 °С. При такій температурі міцність асфальтобетону становить менше 1,0 МПа. У результаті асфальтобетонні покриття автомобільних доріг, які становлять більше 95 % покриттів в Україні, працюють в екстремальних умовах експлуатації. Для збереження автомобільних доріг вводиться обмеження руху в денний період доби, що є вимушеним заходом і не вирішує проблему.

Автори в своїй роботі [11-12] навели основні переваги цементобетонних покриттів порівняно з асфальтобетонними: більша міцність і довговічність; відсутність явища колійності; забезпечення більшої безпеки руху; менше нагрівання поверхні; можливість забезпечити більш низький рівень шуму при влаштуванні дорожнього покриття.

Важливими є економічні аспекти будівництва бетонних покриттів. До теперішнього часу фахівці-дорожники рахують, що конструкції із цементобетонним покриттям дорожчі за асфальтобетонні. Але сьогоднішні реалії спростовують цю тезу. Вартість бітуму за останнє десятиліття зросла у 10 разів і продовжує зростати швидкими темпами. Вартість цементу зросла у 4,7 рази та за останні три роки практично не змінювалася. Вартість асфальтобетону зросла у 6 – 8 разів, а литого асфальту у 11 раз. Вартість цементобетону за десятиліття зросла лише у 3,5 рази.

Необхідно відмітити, що останні роки в Україні спостерігається нестача власної сировини та недостатня кількість виробництва дорожнього бітуму, щоб забезпечити потреби будівництва, тому виникає необхідність в імпорті. Випуск цементу в Україні практично необмежений з точки зору сировини і ресурсів

В роботах [12-13] автори встановили, що конструкція із цементобетонним покриттям дешевша у 1,6-1,7 разів при порівнянні з асфальтобетоном. Строк служби до капітального ремонту для дороги II-ої категорії з асфальтобетонним покриттям не перевищує 11 – 12 років, а із цементобетонним 25 і більше років. Тобто, строк служби цементобетонного покриття більший у 2,27 разів від асфальтобетонного. Крім того, асфальтобетонні покриття потребують більших щорічних витрат на поточний та аварійний ремонт. Загальні щорічні витрати на утримання для асфальтобетонного дорожнього одягу становлять – 36,45 грн/м<sup>2</sup>, для цементобетонного – 15,14 грн/м<sup>2</sup> [13].

Більшість цементобетонних покриттів в Україні побудовані у 50-х – 70-х роках минулого століття. Майже всі вони потребують ремонту або вже відремонтовані з використанням

асфальтобетонних шарів покриття. Із близько 170 тис. км доріг загального користування тільки 2,4 тис. км мають цементобетонне покриття, що становить всього 1,4 %. В європейських країнах постійно зростає частка цементобетонних доріг. Наприклад, в Німеччині, Австрії і Великобританії частка бетонних доріг становить більше 62 %.

### **Висновки**

З вищевикладеного можна зробити висновок, що будівництво автомобільних доріг з покриттям із цементобетону враховуючи всі його явні переваги над асфальтобетоном в світі буде тільки зростати.

Основними перевагами доріг із цементобетонним покриттям є:

- велика міцність, мале зношування поверхні, великий строк служби. невелика вартість утримання;
- достатня шорсткість поверхні покриття, що дозволяє розвивати високу швидкість руху автомобілів;
- цементобетонні покриття не змінюють несучу здатність при різких сезонних коливаннях температури і вологості. Більш того, з часом їх міцність зростає. Коефіцієнт опору руху у цементобетонних покриттів менший ніж у покриттів інших типів, завдяки чому зменшується витрата пального і зношуваність шин.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
2. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
3. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsianynkova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
4. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
5. Hladyshv, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
6. Онищенко, А. М., Н. П. Чиженко. "Оцінка довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг." Дороги і мости (2020): 138-148.
7. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
8. Hladyshv, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
9. Kornylo, I., O. Gnyp, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
10. Нагайчук, В. М., Б. С. Радовський. "Світовий досвід та сучасні підходи до використання цементобетонного покриття " Дороги і мости (2020): 188-200.
11. Hladyshv, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
12. Гамеляк І. П. Про ефективність використання високоміцного цементобетону для будівництва жорстких покриттів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2011. Вип. 81. С. 30-39.
13. Тимошук, О. Ю. "Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту конструкцій дорожнього одягу."

***Сівак Катерина Костянтинівна** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lemishko.katya@gmail.com*

***Sivak Katerina** – PhD student of the Department of Life, Municipality and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: lemishko.katya@gmail.com*

**Б.І. Проданець**  
**В.В. Галіброта**  
**В.В. Швець**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАГАЛЬНОМІСЬКОГО ЦЕНТРУ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Досліджено планувальну структуру загальноміського центру, особливості його формування. Розглянуто основні ризики при формуванні просторового середовища загальноміського центру. На основі проведеного дослідження запропоновано напрямки вдосконалення архітектурно-планувальної організації загальноміського центру.*

**Ключові слова:** загальноміський центр, архітектурно-планувальна організація, функції, напрямки вдосконалення.

### **Abstract**

*The planning structure of the city-wide center, the peculiarities of its formation have been studied. The main risks in the formation of the spatial environment of the city center are considered. On the basis of the conducted research, directions for improving the architectural and planning organization of the city center are proposed.*

**Keywords:** city-wide center, architectural and planning organization, functions, areas of improvement..

### **Вступ**

Зростання рівня соціально-економічних стандартів створює нові передумови ефективної функціонально-планувальної структури загальноміських центрів. Відкритий громадський простір, як місце реалізації різноманіття міських функцій, потребує безперервної адаптації до мінливих зовнішніх факторів впливу. Цей процес є результатом якісного розвитку громадських функцій, ускладнення форм їх просторової реалізації і, як наслідок, вимагає відповідності матеріально-просторового середовища певним функціональним завданням [1].

### **Результати дослідження**

Загальноміський центр – це просторова система, яка містить такі структурні елементи як центральне ядро, прилеглі до нього центральні зони, центри планувальних районів та структурно-планувальних елементів міста. Це найбільш розвинена частина міста з найскладнішим функціональними зв'язками. Найбільш важливим є втілення цих функціональних зв'язків у його архітектурно-планувальній організації

Рівень розвитку населеного пункту, його профіль та географічне розташування визначають ступінь розвитку системи загальноміських центрів, а природні та соціальні фактори визначають вектор їх архітектурно-планувальній організації [1,2].

Сучасний рівень структурної організації міських центрів, порівняно з попередніми етапами розвитку, характеризується поліфункціональною організацією громадського простору, яка наділена мобільністю та динамічністю.

Наразі міські простори, які не мають закріплених функцій, характеризуються новими формами їх існування та ефективного використання. Вони мають можливість швидкої адаптації до нових функціональних змін у планувальній структурі. При цьому сучасний образ загальноміського центру повинен відображати національну ідентичність та сприяти саморозвитку громадян [3].

Загальноміський центр у своїй планувальній структурі повинен поєднувати стаціонарні, періодичні та тимчасові функції. Таким чином, виникає потреба в існуванні нових форм організації загальноміського центру.

Поєднання стаціонарних, періодичних та тимчасових функцій спричиняє конфлікти композиційнопросторового характеру, порушує цілісність структури громадського простору та викликає деформацію історично сформованих особливостей матеріально-просторового середовища.

### Висновки

Отже, виділено такі напрямки вдосконалення архітектурно-планувальної організації загальноміського центру:

- втілення стаціонарні, періодичні та тимчасові функції у планувальній організації загальноміського центру;
- збереження та відображення національної ідентичності в архітектурному середовищі міського центру;
- забезпечення міської мобільності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Потапов О.Є., Сало Г.Г. Особливості реалізації громадських функцій у просторовій структурі загальноміських центрів. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2015, № 6 (207) С. 68-75. URL: [http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbu/cgiirbis\\_64.exe?](http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?)

2. . Шліпченко С, Тищенко І. (Не)Задоволення публічними просторами. Урбаністичні Студії III. (Представництво Фонду ім. Гайнріха Бьоля в Україні. Центр Урбаністичних Студій НаУКМА). Київ: Всесвіт, 2016. с 340.

3. Громадський простір – для людей: досвід Польщі. URL: <https://rubryka.com/article/gromadskyj-prostir-dlya-lyudej-polshha/>

**Проданець Богдан Іванович** – студент групи БМ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет

**Prodanets Bohdan** – student of the BM-22m group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University

**Галіброда Вікторія Василівна** – асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vvgalibroda@vntu.edu.ua](mailto:vvgalibroda@vntu.edu.ua)

**Galibroda Victoria** - assistant of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [vvgalibroda@vntu.edu.ua](mailto:vvgalibroda@vntu.edu.ua)

**Шевець Віталій Вікторович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [v.shvets@vntu.edu.ua](mailto:v.shvets@vntu.edu.ua)

**Shvets Vitalii** - Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [v.shvets@vntu.edu.ua](mailto:v.shvets@vntu.edu.ua)



## ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ У ПЛАНУВАННІ МІСЬКИХ НАБЕРЕЖНИХ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Досліджено закордонний досвід проектування міських набережних. На основі проведеного дослідження сформульовано сучасні тенденції та підходи проектування міських набережних. Запропоновано класифікацію підходів у плануванні міських набережних*

**Ключові слова:** набережна, закордонний досвід, проектні пропозиції, планувальні підходи.

### *Abstract*

*The foreign experience of designing city embankments was studied. On the basis of the conducted research, modern trends and approaches to the design of city embankments were formulated. A classification of approaches in the planning of city embankments is proposed.*

**Keywords:** embankment, foreign experience, project proposals, construction approaches.

### **Вступ**

В розрізі комплексного розвитку сучасного міського розвитку є важливим стан водних об'єктів, який оцінюють природними, екологічними характеристиками та якістю містобудівних заходів.

Тривалий час прибережні райони та прилеглі до них території вважалися не придатними для забудови та виконували утилітарні функції. На початку ХХІ століття ця тенденція змінюється. Тому, постає питання про інтегрування прибережної зони та водних об'єктів в існуюче міське полотно.

### **Результати дослідження**

Вирішення цього завдання демонструє ціла низка проектних рішень реалізованих у різних містах світу. До їх числа належать: гавань «Кальвебод» (Копенгаген, Данія), набережна «Хорсберг» (Стокгольм, Швейцарія), набережна річки Чзянцзяганг (м. Чзянсу, Китай), «Роу Плаза» (м.Альберта, Канада), парк «Доміно» (м.Нью Йорк, США), бульвар Вісли (м. Варшава, Польща) [1,2].

Аналіз сучасного закордонного досвіду в проектуванні набережних дозволи визначити основні тенденції:

- забезпечення вільного доступу населення міста до природних водних об'єктів;
- інтегрування прибережної зони в публічний простір міста;
- забезпечення екологічної безпеки водойми і відновлення біорізноманіття прирічкових ландшафтів;
- системність і комплексність у формуванні системи набережних, як елементу громадського простору міста;
- формування панорами набережних за допомогою унікальних архітектурних форм громадських будівель, інтегрованих в природне середовище;
- забезпечення пішохідної доступності до набережних;
- створення інтерактивних просторів в прибережній зоні;
- монофункціональність прибережної зони;
- збереження візуальних зв'язків навколишньої забудови з водними пейзажами;
- використання сучасних міських меблів для забезпечення відпочинку, прийняття сонячних ванн і купання;

- використання поверхні водойми для влаштування малих архітектурних форм і майданчиків [3].

### Висновки

Отже, на снові проведеного дослідження закордонного досвіду та аналізу результатів дослідження було запропоновано класифікацію підходів проектування міських набережних: екологічний підхід, системний підхід, підхід міської мобільності та естетичний підхід. Екологічний підхід полягає у використанні сучасних технологій та проектних рішень, що сприяють поліпшення екологічного стану прибережної зони та природної водойми. Суть системного підходу у використанні планувальних прийомів, що забезпечують цілісність прибережної зони та планувальної структури міста, а також їхню монофункціональність. Підхід міської мобільності у плануванні набережних забезпечує транспортну та пішохідну доступність, а також інтерактивність цих об'єктів. Естетичний підхід передбачає використання архітектурних та дизайнерських прийомів для гармонійності поєднання міського та природного середовища.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко Л.С., Янко А.Ю. Практичний досвід формування архітектурно-ландшафтного середовища біля води. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Садово-паркове господарство. 2022. Вип. 26. С. 282-289. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.34>
2. Waterfront Partnership of Baltimore & Greater Baltimore Committee, Baltimore Inner Harbor 2.0 // Waterfront Partnership of Baltimore URL:<https://ayerssaintgross.com/work/project/waterfront-partnership-inner-harbor-2-0/>
3. Рубан Л.І. Методологічні основи архітектурно-ландшафтної організації прибережних та водних територій: автореф. дис. д-ра архітектури : 18.00.04. Київ, 2020. 44 с.

**Юрченко Олександр Володимирович** – студент групи БМ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет

**Yurchenko Oleksandr** – student of the BM-22m group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University

**Галіброда Вікторія Василівна** –асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vygalibroda@vntu.edu.ua](mailto:vygalibroda@vntu.edu.ua)

**Galibroda Victoria** - assistant of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [vygalibroda@vntu.edu.ua](mailto:vygalibroda@vntu.edu.ua)

**Швець Віталій Вікторович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [v.shvets@vntu.edu.ua](mailto:v.shvets@vntu.edu.ua)

**Shvets Vitalii** - Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [v.shvets@vntu.edu.ua](mailto:v.shvets@vntu.edu.ua)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЖИТЛА**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*В роботі розглянуто адаптивну житлову архітектуру, її становлення в світовій архітектурній теорії і практиці, стан проблеми в Україні, досвід проектування адаптивного житла.*

*Визначено передумови та особливості формування архітектури адаптованого житла. Встановлено, що соціально-економічні, соціально-демографічні, кліматичні та екологічні зміни, розширення чи переміщення поселень, зміна функціональної направленості діяльності мешканців у поєднанні із технічним та технологічним розвитком призвели до змін у життєдіяльності індивіда, його потреб у комфортному, здоровому, функціональному житлі;*

*Виявлено, що в основі формування архітектури адаптованого житла лежить його здатність змінюватись в процесі функціонування та експлуатації будівлі, пристосовуватись до різних потреб мешканця, бути гнучким у часі до впровадження ефективних та раціональних архітектурних прийомів, технічних засобів тощо. В основі адаптивного житла – рух, трансформація, динамічність.*

**Ключові слова:** адаптивна архітектура, адаптивне житло, трансформація житлового простору, мобільна архітектура, динамічна архітектура, інтерактивна архітектура, еволюційно-адаптивна архітектура.

### **Abstract**

*The work examines adaptive housing architecture, its development in world architectural theory and practice, the state of the problem in Ukraine, and the experience of designing adaptive housing.*

*The prerequisites and peculiarities of the formation of the architecture of adapted housing are defined. It has been established that socio-economic, socio-demographic, climatic and ecological changes, expansion or relocation of settlements, changes in the functional orientation of residents' activities in combination with technical and technological development have led to changes in the life of an individual, his needs for comfortable, healthy, functional housing;*

*It was revealed that the basis of the formation of the architecture of adapted housing is its ability to change during the functioning and operation of the building, to adapt to the various needs of the resident, to be flexible in time to the introduction of effective and rational architectural methods, technical means, etc. Adaptive housing is based on movement, transformation, dynamism.*

**Key words:** adaptive architecture, adaptive housing, transformation of living space, mobile architecture, dynamic architecture, interactive architecture, evolutionary and adaptive architecture.

### **Вступ та актуальність досліджень**

Світовий досвід виникнення, становлення, розвитку і поширення адаптивної архітектури та адаптивного житла свідчать про актуальність теми дослідження. В Україні досить обмежений досвід проектування адаптивних архітектурних об'єктів. Однак стрімкі сучасні соціально-економічні, демографічні, політичні, культурні зміни в країні і світі призвели до зміни життєдіяльності, економічної стабільності і безпеки, естетичних уподобань, вимог до середовища проживання і роботи як окремого індивіда, так і сім'ї вцілому.

Актуальним є переймання закордонного досвіду реалізації проектів адаптивної архітектури, впровадження її в практику створення сучасного житла. Цьому сприятиме використання гнучких просторових конструкцій та вільних об'ємно-планувальних рішень житла, які дозволять трансформувати житло з часом для зручності та комфорту його мешканців. Також необхідно враховувати питання доступності житла для молодих сімей та сімей, які змушені були мігрувати в інші регіони країни, для людей похилого віку, змінність побутових потреб з часом. Розвиток науки, техніки, технологій, зміни екології, культури, моди, економіки роблять актуальним питання морального зносу і застарівання житла на певному етапі життєвого циклу будинків, коли їх термін служби ще не

вичерпаний [1]. Це може призвести до незадоволення функціонально-технічними чи функціонально-естетичними якістьми житлового середовища.

Тому необхідно досліджувати варіанти і методи створення гнучких житлових одиниць, здатних до подальшої трансформації без традиційної реконструкції.

**Метою** є дослідження принципів трансформації просторової структури житла, для його адаптації відносно зміни способу життя і потреб мешканців з часом.

### Досвід проектування адаптивного житла

Виділяють три основних періоди в розвитку ідей адаптивності [1, 2]:

I – інтуїтивний – від IV – III ст. до н.е. – до 1900 р. (поява перших прототипів адаптивної архітектури у вигляді кочового житла, народного житла, динамічних елементів стабільних будівель);

II – еспериментальний – від 1900 р. до 2000 р. (поява перших авторських розробок, концепцій і доктрин адаптивної архітектури);

III – новітній – від 2000 р. (використання сучасних складних технологій, конструктивних механізмів, енергоефективних рішень, інтерактивних технологій та систем інтелектуального керування в адаптивній архітектурі).

Адаптивна архітектура ХХІ ст. – це область наукових пошуків, розробок та архітектурної практики, які включають в себе дослідження і аналіз стану навколишнього середовища, що стає вирішальним фактором при проектуванні, розвитку і реалізації в життя таких архітектурних об'єктів, які здатні адаптувати свої форму, конструкцію, колір, функціональну приналежність відповідно вимогам і змінам умов експлуатації. Важливим є те, що адаптивність відразу закладається у проектах будівель, що збільшує їх вартість. Однак надалі такі будівлі не потребують реконструкції і всі зміни відбуваються з меншими економічними затратами [3, 4].

На початку ХХ ст. з'являються проекти зарубіжних і вітчизняних архітекторів, які втілюють в собі перші підходи і спроби створення адаптивного житла. Найзнаковіші з них належать французьким архітекторам О. Перре, Ле Корбюзьє (рис. 1), які заснували гнучке планування будинків і квартир при використанні залізобетону в масовому будівництві [5-12].



Рисунок 1 – Житлові адаптивні будинки із залізобетону, Франція

Американський архітектор Ф. Л. Райт, базуючись на прикладах традиційного японського житла, започаткував «органічну архітектуру» (рис. 2) і створив концепцію присадибного будинку з гнучким вільним плануванням внутрішнього простору: максимальне уникнення перегородок і дверей, весь простір – єдина кімната, де відокремнені лише кухня і спальні.



Рисунок 2 – Проекти будинків американської «органічної архітектури»

Німецько-американських архітектор Л. Міс ван дер Рое доримувався концепції «універсального простору» у проєктах, як індивідуальних (рис. 3), так і багатоповерхових житлових будинків (рис. 4): створюється єдиний ефективний житловий простір, що дозволяє вільно вносити зміни на будь-якому етапі проживання без потреби в модернізації чи реконструкції самої будівлі. Таким чином архітектор закладав можливість зміни функціоналу будівлі та проживання в ній кількох поколінь.



Рисунок 3 – Фарнсворт-хаус (скляний будинок), м. Плейно, Іллінойс (1950)



Рисунок 4 – Житлові будинки на Лейк-Шор-Драйв, Чикаго (1951)

Таким чином виникла базова концепція вільного (відкритого) планування, що в 20-60-х рр. ХХ ст. стала базовою для створення проєктів адаптивного житла.

В країнах, де у населення виникала потреба у міграції та частій зміні місця роботи і проживання, в

традицію адаптивного житла входить також мобільне (США, 30-і рр. ХХ ст.; повоєнні часи у Європі).

Одночасно у 60-80-і рр ХХ ст. виникають ідеї мобільної, трансформованої, динамічної архітектури (групи архітекторів «Archigam», «Coop Himmelbau», японські метаболісти). Так у європейській архітектурі це тягнє до деконструктивізму і знаходить відображення переважно в громадських будівлях, а в азіатській до створення проектів капсульної (модульної) житлової архітектури (рис. 5). В основі всіх ідей – відхід від монументальності і статичності в архітектурі і перехід до рухомості форми, простору, можливості змінюваності з часом.



Рисунок 5 – Nakagin Capsule Tower, Токіо, архітектор К. Курокава (1972)

У 70-ті рр. з розвитком нових технологій і конструктивних рішень стає можливим втілення в життя ідей кінетичної архітектури і починається реальне будівництво змінюваних, рухомих будівель та будівель-трансформерів, яка досить поширена до сьогодні.

Одновні концепції адаптивного житла, сформовані в середині ХХ ст., наведені в таблиці 1, а основні напрямки на рис. 6.

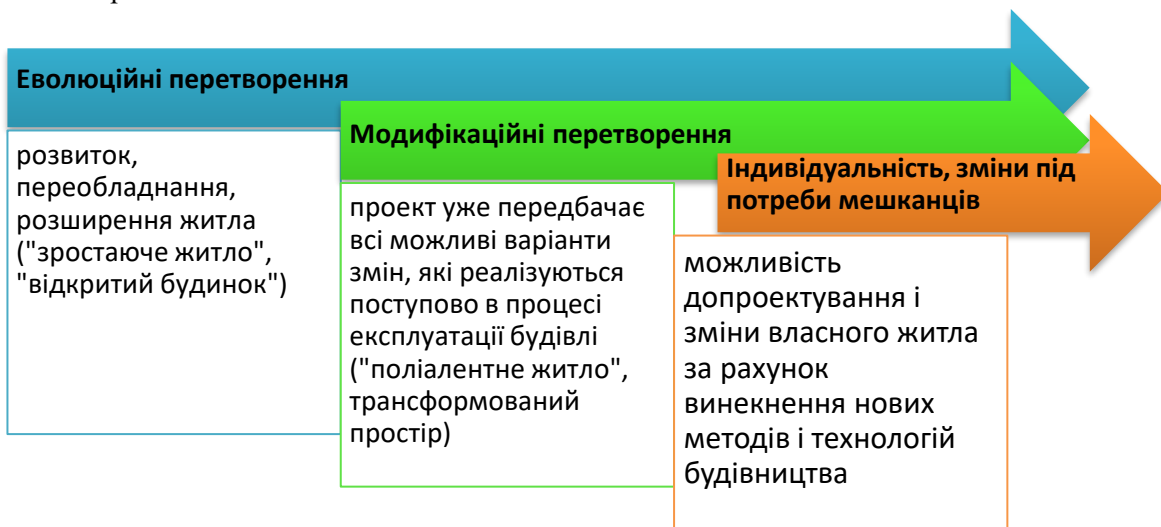


Рисунок 6 – Напрямки в розвитку адаптивного житла

Таблиця 1 – Концепції кінетичної адаптивної архітектури житла

Назва, засновник, представник	Суть концепції	Приклад
«Зростаючий дім» або «ядрове житло», Ф.-Л. Райт, Г. Херцбергер, Р. Цепезед, арх. бюро Elemental	Основою (ядром) будівлі є та частина, де розміщуються несучі конструкції, інженерні мережі, сходи, що є вирішальним для організації структури і порядку зведення будівлі.	«Зростаючий дім» у м. Алмере, Г. Херцбергер; Житлова одиниця «HEIWO», Р. Цепезед, 1980 р.; квартал соціального житла «Quinta Monroy», арх. бюро Elemental, Чилі, 2004 р.
«Опори і заповнення» або «відкрите будівництво», Н. Дж. Хабракен	Поділ житлової структури на два компоненти: стабільна в часі конструктивно-інженерна основа і незалежного від неї, вільно замінюваного заповнення у вигляді житлових одиниць.	Житловий комплекс «Next 21», арх. Yositika Utida, Японія, 1996 р.
«Вільні планування і напрямні»	Мешканці мають можливість самостійно визначати просторову структуру будинку за рахунок використання рухових елементів стін та дерев'яних напрямних.	Житло у м. Галгебакен та м. Греве (Данія), арх. Х. Маркусен і Дж. Р. Сторгаард
«Каско», С. Хексма, Р. Піано	Малповерхові будинки у вигляді ізольованих модулів з обмеженим, але гнучким для планування внутрішнім простором: коконів, купе, тунелів. Гнучкість планування досягається за рахунок використання модульних конструкцій і матеріалів.	Модульне будівництво
«Полівалентні простори», Г. Херцбергер	Створення у будівлі поліфункціональних просторів чи тих, які здатні змінювати функції з часом; взаємозамінність просторів.	Житлова група «Diagoon», арх. Г. Херцбергер, м. Делфт, Голландія, 1967-1971 рр.
«Лофт»	Нерозділений простір для житла і роботи, який організовується з колонно-балочної структури. Блок для інженерних комунікацій вноситься за межі житлового простору.	Житловий комплекс «Австралія-Бостон», арх. DKV Architecten, м. Амстердам, 2002 р.

Динамічна архітектура адаптивного житла кінця ХХ – початку ХХІ ст. все більше опирається на поняття мобільності, трансформації, розвитку, руху.

Сучасна архітектура трансформації та інтерактивна архітектура реалізована в великій кількості проєктів по всьому світу таких архітекторів, як Х. Рашид, Р. Колхас, П. Кук, Т. Мейн, Ж. Фреско, Д. Фішер, Т. Стерк, Т. Іто, З. Хадід та ін.

В Україні реалізація проєктів адаптивної архітектури обмежується окремими прикладами, виконаними на приватне замовлення, архітектурними бюро «Зотов і Ко», «2b group», «balbek bureau» та ін. (рис. 7-9) [13-15]. Адаптація виконана за концепцією архітектурно-планувальної та об'ємно-просторових змін у будівлях різного призначення з метою надання багато- чи змінної функціональності, створення комфортного середовища, підвищення рівня життя людей. Тому тема адаптивного житла та її розвиток залишається актуальною для України.

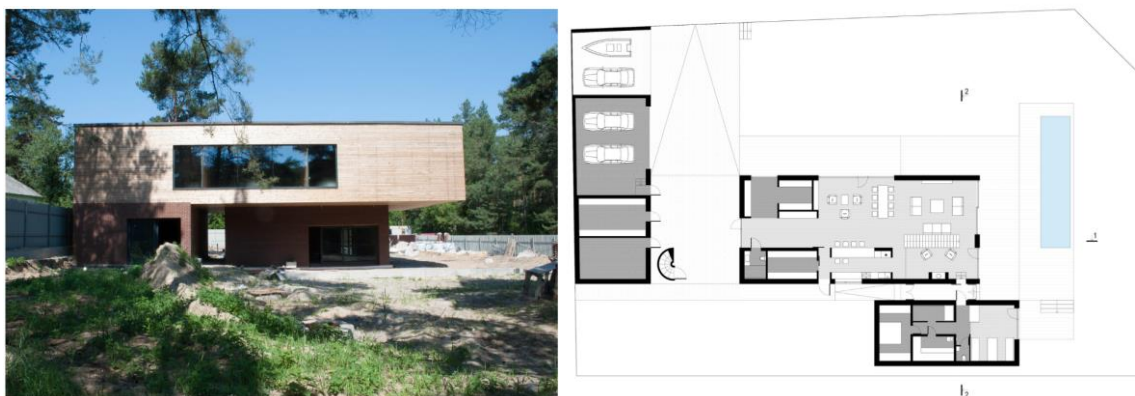


Рисунок 7 – Приватний житловий будинок, Україна, ZOTOV&CO (2013)



Рисунок 8 – "Urban village", Крайстчорч, Нова Зеландія, ZOTOV&CO (2013)



Рисунок 9 – Приватний житловий будинок, Україна, balbek bureau (2017)

### Висновки

1. Розглянуто теоретичні і практичні передумови формування адаптивної архітектури житлових будівель. Проведено аналіз зарубіжного і вітчизняного досвіду проектування адаптивного житла.

2. Результатом процесу дослідження стану питання є:

- визначення основних періодів розвитку теорій адаптивної архітектури;
- формулювання поняття «адаптивна архітектура» і «адаптивне житло» з врахуванням сучасних змін життєдіяльності людини;
- виділення основних напрямів адаптивного житла, які знайшли відображення у реальному проектуванні;
- узагальнення наукових теорій і практик у вигляді основних концепцій та напрямів змінювального адаптивного житла.

3. Проаналізовано наукові теорії, історичну та сучасну практику проектування та експлуатації адаптованих житлових будівель, виявлено такі основні напрямки у розвитку архітектури адаптованого житла:

- архітектура трансформації;
- мобільна архітектура;
- еволюційно-адаптивна архітектура;
- архітектура тотального руху (архітектура динамічного формоутворення, інтелектуальна архітектура, інтерактивна архітектура, «зникаюча архітектура»).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Нонік О. Л., Бондар А. В. Особливості формування адаптивного житла з можливістю трансформації. *Інноваційні технології в будівництві-2022*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листопада 2022 р. Вінниця, 2022. URL:



<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16719/13949> (дата звернення: 30.11.2022).

[2] Шаталюк Ю. В. Историчний досвід проектування адаптивних архітектурних об'єктів в ХХ столітті. SCIENTIFIC WORKS. BAKI, 2017. № 1. С. 86–93.

[3] Шаталюк Ю. В. Принципи формування адаптивної архітектури в контексті сталого розвитку міського середовища : дис. ... канд. арх. 18.00.02. Харків, 2018. 246 с.

[4] Шаталюк Ю. В. Адаптивність в архітектурі. Термінологічний аспект. Науковий вісник будівництва. Х.: ХНУБА, 2016. № 84. С. 105–109.

[5] Flexible architecture for the dynamic societies. Reflection on a Journey from the 20th Century into the Future. Master's thesis in Art History Faculty of Humanities, Social Sciences and Education University of Tromsø, 2013. 94 p. URL: <https://munin.uit.no/bitstream/handle/10037/5462/thesis.pdf>

[6] Codrescu A., Siegal J. Mobile : the Art of Portable Architecture. Princeton Architectural Press, 2002. 126 p.

[7] Friedman A. The Adaptable House : Designing Homes For Change. New York : McGraw-Hill Professional, 2002. 271 p.

[8] Friedman Yo. Pro Domo. 2006. p. 14. URL: <https://issuu.com/actar/docs/prodomo/6>

[9] Habraken N. J. Design For Flexibility. Building Research & Information. 2008. №36 (3), pp. 290—296. <https://nuevasalternativasparaelhabitatcontemporaneo.files.wordpress.com/2014/03/design-for-flexibility.pdf>

[10] Inani S., Kumar A. Flexibility concept in design and construction for domestic transformation. URL: [https://www.academia.edu/71005104/Flexibility\\_Concept\\_in\\_Design\\_and\\_Construction\\_for\\_Domestic\\_Transformation](https://www.academia.edu/71005104/Flexibility_Concept_in_Design_and_Construction_for_Domestic_Transformation)

[11] Kronenburg R. Flexible : Architecture that Responds to Change. Publisher : Laurence King, 2007. 240 p.

[12] Gorgorova Yu.V., Sarkisyants M.G. Dynamic architecture as reflection of a modern information society. Materials Science Forum. Materials and Technologies in Construction and Architecture 2018. Vol. 931, pp. 699–704.

[13] Архітектурне бюро ZOTOV&CO. URL: <http://zotov.com.ua/projects> (дата звернення: 30.11.2022).

[14] balbek bureau – майстерня архітектурного дизайну інтер'єру. URL: <https://www.balbek.com/residential> (дата звернення: 30.11.2022).

[15] Шаталюк Ю. В. Особливості формування адаптивної архітектури та перспективи її розвитку в Україні. Професійна традиція й новітні технології в архітектурі ХХІ століття : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2016. С. 55–56.

**Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Максименко Марина Аркадійівна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Коваль Аліна Іванівна** – студентка, група 2Б-22б, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Bondar Alena V.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Maksimenko Maryna A.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, senior lecturer of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Koval Alina I.** – student, group 2B-22b, Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

## ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК МЕТОД ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглядається перспективність та переваги використання енергоефективних технологій, зокрема вертикального озеленення в містах. Наведено вплив цих технологій на зменшення локального перегріву споруд та підвищення рівня озеленення у мегаполісах та показано, що екологічні технології не лише поліпшують стійкість міст до зовнішніх викликів, але й сприяють створенню здорового та привабливого міського середовища.*

**Ключові слова:** енергоефективність, вертикальне озеленення, зелені стіни, зелені фасади.

### *Abstract*

*Prospects and advantages of using energy-efficient technologies, in particular vertical greening in cities, are considered. The impact of these technologies on reducing local overheating of buildings and increasing the level of greening in megacities is shown, and it is shown that ecological technologies not only improve the resistance of cities to external challenges, but also contribute to the creation of a healthy and attractive urban environment.*

**Key words:** energy efficiency, vertical landscaping, green walls, green facades

### **Вступ**

Енергоефективні технології у будівництві мають комплексний характер і включають в себе різноманітні заходи, такі як утеплення стін, застосування енергозберігаючих покрівель, використання енергозберігаючих фарб, монтаж склопакетів, впровадження економічних систем опалення та охолодження поверхонь. Проблеми енергоефективності вирішуються різними методами, включаючи застосування альтернативних джерел енергії, таких як вітроустановки та біогазові підприємства для опалення, а також використання "зелених" архітектурних рішень, таких як сонячні батареї та вертикальне озеленення південних фасадів будівель.

Завдання з енергозбереження будівель залежать від кліматичного потенціалу довкілля. У країнах із холодним кліматом основним завданням є зменшення енерговитрат на опалення та освітлення приміщень, тоді як в регіонах з помірним кліматом, крім освітлення та теплоізоляції взимку, важливим є охолодження будівель влітку.

### **Результати дослідження**

Сьогодні для підвищення енергоефективності будівель активно використовують ландшафтні рішення для вертикального озеленення фасадів, спрямовані на затінення та охолодження стін за допомогою рослинності. Відомо, що рослини виробляють кисень, очищують повітря від шкідливих домішок та пилу, сприяючи покращенню температурно-вологісного режиму. Наукові дослідження свідчать, що вертикальне озеленення має важливе санітарно-гігієнічне значення. Листя дерев і кущів влітку захищають стіни від перегріву, зменшуючи теплове випромінювання на 50-70%.

Ліани, утворюючи зелену поверхню з листя та пагонів, створюють благоприятний мікроклімат, регулюють тепловий режим приміщення та зменшують нагрівання стін, особливо з південної та південно-західної сторони, що призводить до зниження температури повітря на озелених балконах на 3° С. Ліани з властивостями поглинання та відбивання звуку зменшують проникнення пилу та шкідливих речовин, а також рівень шуму (ефективність залежить від густоти листя та методу розташування рослин) [1].

У ландшафтному дизайні відрізняють дві основні категорії зелених стін: "живі стіни" та "зелені фасади". "Зелені фасади" складаються з в'юнких рослин, розташованих на стіні або спеціальних опорах. Рослини виростають вгору, з кореневою системою, яка знаходиться в землі біля основи стіни. Для "живих стін" використовують модульні панелі з нержавіючої сталі, геотекстилю, іригаційної системи та поживного середовища. Приклади "живих стін" та "зелених фасадів" можна побачити на рис. 1.



а) жива стіна

б) зелений фасад

Рис. 1 Приклади вертикального озеленення

Зелені стіни створюють естетику виду, здійснюють захист поверхні стін від прямих сонячних променів, що спрямоване на зниження витрат на кондиціонування, зниження рівня шуму та збільшення змісту кисню у повітрі.

Вертикальне озеленення грає і декоративно-естетичну роль оскільки використовуються рослини різних конфігурацій, забарвлень, текстур та квітів. Основним аспектом, який слід враховувати при використанні вертикального озеленення як системи енергозбереження, є вибір рослин. Кожна конструкційна система використовує різні типи рослин. Таким чином, для зелених фасадів зазвичай використовуються виткі рослини, тоді як в зелених стінах частіше використовуються чагарники та трав'янисті рослини. Рослини, які використовуються для зелених фасадів, можуть бути листяними або хвойними, листопадними або вічнозеленими, але для зелених стін частіше вибирають вічнозелені види. Цей вибір може значно вплинути на теплові характеристики фасаду. Використання хвойних та листяних вічнозелених рослин може впливати на теплові показники через покриття площі рослинами. У випадку листяних листопадних рослин впливатиме тільки період охолодження, оскільки сонячне випромінювання пройде протягом опалювального періоду, коли рослини втрачають листя [2, 3].

Вертикальне озеленення набуває особливого значення при масовій забудові типовими будинками, допомагаючи подолати монотонність у вигляді забудови, особливо у районах реконструкції, де обмежені території для зелених насаджень. Важливо відзначити, що вертикальне озеленення не потребує великих територій для розміщення та може бути успішно використане в умовах щільної забудови.

У міських середовищах вертикальне озеленення має особливе значення, оскільки ліани стають ключовим елементом в декорі вертикальних поверхонь будівель та інших споруд. Міста стикаються з важливою проблемою обмеженості доступної площі для зелених насаджень. Використання ліан дозволяє ефективно вирішити цю проблему, забезпечуючи максимальний обсяг зеленої рослинності при мінімальному використанні корисної площі в місті.

Вигода для навколишнього середовища від використання рослин у будівництві стала очевидною для багатьох країн. Залучаючи процес озеленення будівель у найбільших містах світу та реалізуючи ініціативи з вертикального озеленення, ринок зелених технологій стає перспективним. Міста, такі як Лондон, Копенгаген, Сінгапур, Чикаго та інші, видали мандати щодо вертикального озеленення будинків і дахів, спрямовані на зменшення обсягу зливових стоків, очищення повітря від забруднюючих речовин, зменшення теплового впливу на міське середовище та викидів діоксиду вуглецю.

Важливим аспектом використання вертикального озеленення в висотних будівлях є практичний підхід, який визначено Європейським агентством з питань довкілля. Згідно з планом агентства, зелені елементи на стінах, балконах та дахах висотних будинків будуть використовуватися для вирощування овочів та фруктів для міських мешканців. Це інноваційне рішення спрямоване на вирішення проблем, таких як зміна клімату, і може мати значення для сталого розвитку міського середовища. Проект "хмарочосних ферм" відображає ідею використання вертикального озеленення для розвитку сільськогосподарських площ у великих міських просторах.

Цитуючи директора агентства, Жаклін Макглейд: "Ідея живих стін та вертикальних насаджень дуже стара, вона сходить доисячих садів Вавилону. Дивно, що ми не зробили цього раніше, але тепер через зміну клімату нам доведеться змінити звички" [4]. Ця цитата відзначає, що використання живих стін та вертикальних насаджень має давню історію, віддавна здійснюючи інноваційний підхід до вирішення екологічних викликів. Зазначення про необхідність зміни звичок на фоні зміни клімату свідчить про те, що сучасне суспільство усвідомлює важливість прийняття новаторських рішень у відповідь на зростаючі екологічні проблеми. Такі технології, як вертикальне озеленення, стають необхідним елементом стратегій сталого розвитку та адаптації до нових умов.

## Висновки

В екологічних технологіях, спрямованих на зменшення локального перегріву будівель та підвищення рівня озеленення у мегаполісах, можна бачити перспективу майбутнього розвитку. Застосування вертикального озеленення відкриває можливості для зниження тепловіддачі міської інфраструктури та стає необхідним інструментом для створення здорового та екологічно стійкого міського середовища.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Можливості застосування вертикального озеленення в містах України. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolnauk\\_2020\\_7\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolnauk_2020_7_11)
2. Вертикальне озеленення виткими рослинами та його роль у формуванні екологічного каркасу міста. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/54.pdf>
3. Green facades. URL: <https://urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades>
4. Наукові поради урядам. URL: <http://www.stroymart.com.ua/ru/news/20496/>

*Підлісний Дмитро Костянтинович* — студент групи БМ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [dimapk80@gmail.com](mailto:dimapk80@gmail.com)

*Рундюк Світлана Володимирівна* — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

*Dmytro Pidlisnyi* — student of BM-21b group, faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [dimapk80@gmail.com](mailto:dimapk80@gmail.com)

*Svitlana Ryndiuk* — PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com)

## Захист підвальної частини будівлі при високому рівні ґрунтових вод

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Гідроізоляція підвалів від ґрунтових вод та причини появи вогкості в підвалі. Проблема затоплення підвалу і заходи її усунення. Зовнішня гідроізоляція при високому рівні підземних вод. Способи зовнішньої та внутрішньої гідроізоляції.*

**Ключові слова:** гідроізоляція, зовнішня та внутрішня гідроізоляція.

### Abstract

*Waterproofing of basements from groundwater and reasons for dampness in the basement. The problem of basement flooding and measures to eliminate it. External waterproofing at a high level of underground water. Methods of external and internal waterproofing.*

**Keywords:** waterproofing, external and internal waterproofing.

### Вступ

Під час будівництва будинку люди віддають перевагу облаштувати підвал, який дозволяє отримати додаткове місце для зберігання різних речей і просто служить в якості зручного підсобного приміщення. Якщо в процесі будівництва були допущені помилки або технологія не була дотримана належним чином, при високому рівні ґрунтових вод, господарям будинку доводиться стикатися з такою проблемою, як затоплення підвалу.

### Результати дослідження

Для вирішення цієї проблеми спочатку необхідно виявити причини її виникнення. У більшості випадків, вода в підвалі приватного будинку з'являється з трьох причин: попадання через тріщини; попадання через стелю, стіни і підлогу; конденсація з повітря в результаті поганої вентиляції.

Гідроізоляція підвалів від ґрунтових вод ділиться на два типи: внутрішня і зовнішня. Зовнішня гідроізоляція. Виконується на початкових етапах будівництва будинку. Якщо будинок вже побудований необхідно відкопати фундамент, нанести кілька шарів гідроізоляції, далі навколо зовнішніх стін виконати укладку товстого шару утрамбованого ґрунту, засипаного піском, щебенем і залитого цементним розчином.

Гідроізоляційні матеріали за способом влаштування їх на поверхню ізолюваних споруд і конструкцій в діляться на: жорстку листову, обклеювальну, глиняну, штукатурну, обмазувальну, фарбувальну, проникну та інші види. Зовнішню гідроізоляцію можна виконати двома способами: обклеювальна і обмазувальна. При обклеювальній гідроізоляції застосовуються рулонні матеріали, а при обмазувальній - матеріали, що складаються з синтетичних полімерів і бітумні мастики. Технологія гідроізоляції визначається в залежності від того, на якому рівні знаходяться ґрунтові води. Якщо рівень ґрунтових вод дуже високий, то виконується наступна технологія гідроізоляції. (Рис.1) [1].

На Рис.1. Зображено технологія гідроізоляції при рівні ґрунтових вод 0,5м від рівня підлоги. Шар гідроізоляції додатково захищається за допомогою цегляної стінки та бетонної плити. Завдяки захисній конструкції контакт між гідроізоляційним шаром і ґрунтовими водами стає неможливий. Щоб був забезпечений надійний захист підвалу, гідроізоляцію слід виводити приблизно на 30 см вище поверхні землі. [1].

## Гідроізоляція підвалу



Рис.1. Гідроізоляція підвалу при високому рівні ґрунтових вод

Внутрішня гідроізоляція. Гідроізоляція починається з висушення стін та підлоги підвалу, далі вирівнюється шар ґрунту. Якщо ґрунт являє собою глину, то глина сама по собі стане гідроізоляцією і зайвого не потрібно. Її потрібно подрібнити, утрамбувати і зволожити. Так, прийнято ізолювати підлоги, призначені для зберігання врожаю та консервації — потрібно холод. Якщо підвал розрахований під котельню, в цьому випадку, на підлогу вистилають руберойд так, щоб краї заходили на стіни. Після рулонної гідроізоляції, поверхню промащують розплавленим бітумом у два шари і конструюють опалубку під бетонування, товщина цементу, з якого виготовляється майданчик – не менше 5см.

### Висновок

У висновку хочеться сказати, що гідроізоляцію підвалів можна і потрібно робити і зсередини, і зовні. Під час будівництва будівлі подібні роботи виконати значно легше і дешевше, ніж в процесі його експлуатації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акімов Н. А. Традиційні варіанти влаштування гідроізоляції для несучо-огороджувальних конструкцій малоповерхових будівель [Електронний ресурс] / Н. А. Акімов, Н. В. Блащук // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві–2022", Вінниця, 25 листопада 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16761>.

**Ковбасюк Дарія Олександрівна** – студентка групи БМ-22б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.

Email: [kovbasukdasa3@gmail.com](mailto:kovbasukdasa3@gmail.com)

Науковий керівник : **Ковальський Віктор Павлович** — к.т.н., доцент кафедри доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

Email: [kovalskiy@vntu.edu.ua](mailto:kovalskiy@vntu.edu.ua)

**Kovbasiuk D.O.** – student of group BM-22b, faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. Email: [kovbasukdasa3@gmail.com](mailto:kovbasukdasa3@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy V. P.** — Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University. Email: [kovalskiy@vntu.edu.ua](mailto:kovalskiy@vntu.edu.ua)

## ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВИТОК ІСТОРИЧНИХ ТРАДИЦІЙ В СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У статті проаналізовано проблеми збереження та розвитку історичних традицій в сучасній архітектурі.*

**Ключові слова:** збереження, розвиток, історичні традиції, архітектура.

### *Abstract*

*The article analyzes the problems of preservation and development of historical traditions in modern architecture.*

**Keywords:** preservation, development, historical traditions, architecture.

### Вступ

Тема дослідження історичної забудови міст України є надзвичайно актуальною, враховуючи агресивний неконтрольований наступ сучасної забудови на історичне середовище і аварійний стан більшості пам'яток архітектури.

Якщо в минулі десятиліття переважували методи активної перебудови історичних містобудівних об'єктів, то сьогодні відбувається пошук методик їх збереження, регенерації та відтворення втраченої автентичності.

Сучасні міста є сукупністю різночасових історичних морфосистем. Головною проблемою міст є деформація історичних композиційних систем унаслідок знищення окремих елементів композиційних систем, зокрема, композиційного районування, що призвело до втрати містами композиційної цілісності.

### Результат дослідження

Пам'ятки архітектури є важливою частиною духовних надбань людства, які становлять значний пласт історико-культурної спадщини, є символами національної гідності, своєрідним літописом життя народів, свідченням їхнього самобутнього розвитку. Збройні конфлікти, війни руйнують не лише долі людей, значних руйнувань зазнають і архітектурні пам'ятки.

Актуальною є проблема розробки науково обґрунтованих підходів щодо архітектурно-композиційної трансформації фасадів та необхідності збереження цілісності їхнього архітектурно-художнього вигляду.

На сьогодні нормативні документи, які стосуються трансформації фасадного вирішення мають узагальнений характер і ускладнюють прийняття рішень про ступінь можливої трансформації фасадів. Чинні нормативи, які використовуються під час реконструкції районів із історично сформованою забудовою, розраховані в основному на нормування розпланувальних параметрів будинків, не враховують специфічних історико-культурних та естетичних властивостей забудови різних міст України.

Будь-які заходи, пов'язані із зміною зовнішнього архітектурного вигляду будівлі, належать до робіт з реконструкції, тому вимагають узгодження. Реконструкція має передбачати максимальне збереження первісного зовнішнього вигляду будівлі. Фасад, який виходить на бік вулиці або декількох вулиць, повинен зберегти пропорції й архітектурні форми будівлі, а для відтворення утрачених елементів доцільно розглядати аналогічні приклади, які використані у декоруванні будівель того ж періоду.

Використання наявних засобів у конкретних умовах сформованої забудови повинен передувати

спеціальний аналіз ситуації, а іноді і додаткові дослідження. Під час трансформації фасаду будівлі слід дотримуватися основних вимог: не перешкоджати “прочитанню” структури фасаду, всі нові пластичні форми об’єктів не повинні змінювати існуючої пластики фасаду (заборонити зміну огороження балконів, захиття балконів нехарактерними оздоблювальними матеріалами, замурування його відкритих частин). Неприпустимою є прибудова тамбурів і вітрин, додавання архітектурних деталей (колон, пілонів тощо) неприбутанних будівлям, а також використання художніх та скульптурних засобів, які підсилюють візуальну дисгармонію об’єктів. Акцентні пластичні форми на фасаді, які можуть з’явитися у результаті реконструкції будівлі повинні бути узгоджені з масштабом і характерними обрисами існуючої структурної пластики фасаду, а додаткові – з дрібною пластикою фасаду. Всі основні пластичні форми, які розмістили у площині реконструйованого фасаду, слід узгоджувати між собою.

Дворовим фасадам архітектори приділяли набагато менше уваги, ніж головним, хоча втручання у їх структуру є неприпустимим. Сьогодні роботи, які проводяться під час трансформації дворових фасадів є менш прогресивними, ніж за кордоном. В основному вони є проявом зміни об’ємно-розпланувальної структури будівель. Дворові фасади переважно позбавлені стилістичних ознак. Оскільки архітектори завжди усю майстерність проявляли у вирішенні головних фасадів, тому дворові фасади виражають суто утилітарні властивості. Відповідно до ДБНУ В.3.2-2-2009 під час реконструкції будинків заборонено: утеплювати і склити існуючі балкони та лоджії, влаштувати нові віконні прорізи та розширювати ті, що є, влаштувати нові та розширювати існуючі балкони і лоджій, а також їх склити. Дані заходи є актуальними при проведенні реконструкції головних фасадів будівель, але вони обмежують архітекторів у методах вирішення дворового об’єму будівлі, які орієнтовані у внутрішнє подвір’я будинку.

У результаті аналізу наукової літератури та архівних проектних матеріалів визначено два основних підходи – це збереження та зміна зовнішнього вигляду будівель. Можна виділити три основні методи робіт, які використовують архітектори та будівничі різних періодів для відновлення, збереження та покращення зовнішнього вигляду будівель цього періоду, для реалізації цих підходів.

Першим методом є реставрація, у результаті якої відбувається повне відновлення до первісного вигляду будівлі або до найвиразнішого її вигляду. Вона поширена для об’єктів, які є пам’ятками архітектури чи культури, а також під час відновлення зовнішнього вигляду об’єктів, які втратили свою привабливість у результаті пошкодження та деформації стін. Для будівель пошкодження стін є результатом систематичної дії вологи, посезонного замороження та відтавання, вивітрювання поверхневого шару. Також негативно впливають на фасади будівельні роботи, які проводяться під час будівництва будівель-вставок у сформованій забудові. У деяких будівлях деформації стін можуть бути викликані нерівномірним просіданням фундаментів, яке спричинили проблеми каналізаційної мережі міста. Дефекти фасадів бувають часто пов’язані з забрудненням атмосфери, яке спричиняє втрату первісного вигляду будівлі, а також із неякісно проведеними ремонтами фасадів. Під відновлення фасаду будівлі можна здійснювати підсилення стін будівлі за рахунок поясів жорсткості. Отже, проведені заходи: підсилення стін, відновлення або заміни пошкоджених частин кладки, архітектурних деталей, не повинні спричиняти зміни початкового образу будівлі. Процес реставрації полягає у повному відновленні фасаду будівлі (відновлення оздоблення, ліпних елементів, огороження тощо). Він проводиться на основі дослідження та аналізу архівних проектних матеріалів, які відображають фасадні вирішення від виникнення об’єкта до останньої його трансформації під час експлуатації (особливості змін та нашарувань).

Другий метод – часткова реконструкція, під час якої відбуваються зміни окремих елементів будівлі, деталей оздоблення тощо. Такий метод використовується під час надбудови та прибудови будівлі, адаптації нижніх поверхів під громадську функцію, під час влаштування мансарди тощо. Процес адаптації перших, цокольних, горішніх, а інколи других поверхів будівель відбувається індивідуально у кожному окремо взятому об’єкті.

Процес зміни функціонального призначення приміщень перших поверхів будівель помітний протягом усього періоду їхньої експлуатації. Реконструкції, які передбачали переобладнання приміщень об’єкта, під об’єкти громадського обслуговування, вплинули на композицію фасадів будівель. Це пов’язано з влаштуванням вітрин, заміною отворів, організацією додаткових входів та влаштуванням навісів або козирків над ними, розміщенням вивісок та рекламних носіїв на фасаді будівлі. Поширеним прийомом



під час трансформації фасаду є фарбування його змінених фрагментів контрастним кольором, відносно кольору самої будівлі. У результаті цього виникла проблема поєднання різних стилістичних вирішень. Також вбудовані приміщення громадського призначення, які займають частину першого поверху або цілий поверх, можуть мати одне або декілька функціональних призначень. Сьогодні, якщо у будівлі є декілька таких закладів, то вони, переважно, належать різним власникам і розроблені за проектами, які виконані різними архітекторами у різний час. Кожен архітектор під час розробки проекту має своє бачення у вирішенні фасаду. Часто воно враховує лише вимоги будівлі, у якій проводять реконструкцію, незважаючи на архітектурно-художні особливості ансамблю квартальної забудови міста. Отже, основним завданням для архітектора є зберегти цінні, історично сформовані особливості й окремих будівель й історичного середовища загалом.

Визначено, що є два основних напрями часткової реконструкції будівель.

.....

## Висновки

Отже, після розгляду деяких рішень для збереження та розвитку історичних традицій в сучасній архітектурі можна виділити такі:

1. Для збереження та зміни зовнішнього вигляду будівель архітектори використовують три основні методи робіт: реставрацію, часткову та повну реконструкції.

2. Реставрація фасадів супроводжується заходами з підсилення стін, відновлення або заміни частин кладки, які повинні відбуватись без зміни початкового образу будівлі, а також передбачати відновлення оздоблення, огороження тощо.

3. Для проведення часткової реконструкції визначено два основних напрямки: нюансний та контрастний.

4. Здійснене під час повної реконструкції перетворення фасаду будівлі призводить до появи її нового образу.

5. Доцільно доповнити та внести зміни до чинних норм, які використовуються під час реконструкції забудови, які б передбачали можливість трансформації дворових фасадів будівель.

Підсумовуючи, важливо пам'ятати, що дотримання традиції — це традиційність, яка є загальним принципом реалізації спадкоємності в архітектурі. Традиційність означає використання та/або інтерпретацію в архітектурній творчості принципів, прийомів і форм, що склалися у попередні історичні епохи. Тому традиційність нерідко називають ретроспективізмом, але відрізняють від стилізаторства.

Із традицією пов'язаний традиціоналізм як суттєва риса, властива постмодернізму та водночас — один із напрямів у архітектурі сучасності, який звертається до архітектурної спадщини і народних традицій..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.3.2-2-2009 "Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт". [Чинний від 2009-07-22]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 137 с.
2. С.М. Лінда, О. Пекарчук. Проблеми збереження та зміни зовнішнього вигляду багатоквартирної забудови рубежу XIX-XX століть Львова : Національний університет «Львівська політехніка», 2014. - 6 с.

**Райчук Анастасія Олегівна** — студентка групи БМ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [andanil1728@gmail.com](mailto:andanil1728@gmail.com)

**Кучеренко Лілія Василівна** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

**Anastasia Raichuk** – student of BM-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering,

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [andanil1728@gmail.com](mailto:andanil1728@gmail.com)

**Kucherenko Liliya** — Ph. D. Of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National

## ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З ЕНЕРГОРЕСУРСАМИ НА ПРИКЛАДІ ДРУЖБІВСЬКОГО КАР'ЄРУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі розглянуто вирішення проблеми енергозабезпечення (електрична енергія) Дружбівського кар'єру шляхом встановлення гібридної сонячної електричної станції. Зазначено переваги автономної сонячної електричної станції та перспективи його розвитку в будівельній галузі.

**Ключові слова:** кар'єр, об'єкт відпочинку, інфраструктура, енергозабезпечення, сонячна електрична станція.

### Abstract

The paper considers the solution to the problem of energy supply (electricity) of the Druzhbiv quarry by installing a hybrid solar power station. The advantages of an autonomous solar power plant and the prospects for its development in the construction industry are indicated.

**Key words:** quarry, recreation facility, infrastructure, energy supply, solar power station.

### Вступ

Кар'єри часто залишаються непристосованими для використання після того, як видобуток завершено. Використання їх для створення зон відпочинку може сприяти відновленню ландшафту та створенню естетично привабливих місць.

Щодо використання кар'єру після виконання гірничих робіт розглянемо на прикладі Дружбівського кар'єру у селищі Дружба в Олевській громаді [1]. На даний час це є справжній туристичний об'єкт та місце відпочинку. Влітку в буденний день його відвідує близько сотні відпочивальників, на вихідні це 500 людей.

Дружбівський кар'єр, що в селищі Дружба в Олевській громаді – туристичний об'єкт та місце відпочинку. Популярним Дружбівський кар'єр став два роки тому, вода у кар'єрі чиста та прозора, максимальна глибина озера – 30 метрів [2]. Це все природна вода: опади, талі води, підземні джерела. І воно вже понад 20 – 30 років не розробляється, воно поступово стало заповнюватися водою – величезний об'єм води. Результати дослідження води відповідають технічним нормам, вода чиста, достатня для технічного використання, для купання. В ній живе риба, раки – тобто індикатори чистоти води присутні.

Отже, кар'єр після використання може стати туристичним об'єктом. Для того, щоб цьому сприяти потрібно залучити малий бізнес для створення туристичної інфраструктури – а саме, встановлення торгівельних точок (мафів), розважальних майданчиків.

### Основна частина

В даній роботі основною метою було довести доцільність, переваги застосування нової технології встановлення гібридної сонячної електричної станції на території кар'єру, віддаленого від існуючих електромереж.

Використання занедбаних кар'єрів у якості зон відпочинку має кілька важливих аспектів актуальності:

1. **Підвищення естетики та відновлення природних ресурсів:** Кар'єри часто залишаються непристосованими для використання після того, як видобуток завершено. Використання їх для створення зон відпочинку може сприяти відновленню ландшафту та створенню естетично привабливих місць.

2. **Стимулювання туризму та розвиток інфраструктури:** Перетворення кар'єрів у туристичні об'єкти може привертати як місцевих мешканців, так і туристів. Це може стати джерелом нових робочих місць та сприяти розвитку інфраструктури у регіоні.
3. **Сприяння екологічному збалансу та розвитку екотуризму:** Використання заброшених кар'єрів для створення зон відпочинку може підвищити усвідомлення про природні ресурси та заохочувати їх охорону через розвиток екотуризму.
4. **Можливості для рекреації та спорту:** Кар'єри можуть бути перетворені у місця для проведення різноманітних видів активного відпочинку, таких як альпінізм, велосипедні маршрути, водні види спорту тощо.
5. **Підвищення соціального та культурного розвитку:** Створення зон відпочинку у заброшених кар'єрах може сприяти формуванню нових соціальних просторів для спілкування, проведення культурних заходів та освітніх ініціатив.

Реалії сьогодення такі, що діяльність не існує без електричної енергії. На конкретному прикладі – створення базової інфраструктури на березі Дружбівського кар'єру тягне за собою наявність джерела живлення сумарною потужністю 5 кВт. В представленій локації реалізувати це можливо трьома шляхами: перший – взяти Технічні умови на тимчасове приєднання у місцевого Оператора системи розподілу ЕЕ, виконати ТУ – побудувати ПЛ-0,4кВ L-2,5кВ від джерела живлення (ТП-10/0,4кВ), встановити обладнання, прилад обліку, та користуватися ЕЕ згідно Договору на постачання. Це самий надійний, але дуже дорогий спосіб, за приблизними розрахунками, вартість даного проекту складатиме 3 млн грн. Другий спосіб – це встановлення бензинового або дизельного генератора та живлення від нього споживачів. Ціна суттєво менша, але цей спосіб має суттєві недоліки, а саме – вартість кіловат-години даної ЕЕ – 20 грн/кВт, постійний догляд за генератором, шум (все це у місці відпочинку). Третій спосіб - самим сучасним, екологічно чистим, дієвим, котрий відповідає усім місцевим умовам – це встановлення електричних панелей, інвертора та акумуляторів для забезпечення маневрової потужності.

Автономна сонячна електрична станція має кілька переваг[3]:

1. **Екологічно чиста:** Вона використовує відновлювальну енергію сонця, що не спричиняє забруднення атмосфери та допомагає зменшити викиди парникових газів.

2. **Низькі експлуатаційні витрати:** Після встановлення сонячних панелей і обладнання, витрати на сонячну електричну станцію в порівнянні з традиційними джерелами енергії можуть бути значно меншими.

3. **Незалежність від зовнішніх ресурсів:** Автономність станцій дозволяє їм працювати навіть у віддалених місцях, де відсутні підключення до електромережі. Це особливо корисно для віддалених регіонів або місць з обмеженим доступом до інших джерел енергії.

4. **Довговічність і мінімальне обслуговування:** Сонячні панелі мають тривалий термін служби та потребують мінімального обслуговування, що робить їх досить ефективними для використання у віддалених або важкодоступних місцях.

5. **Гнучкість у розміщенні:** Сонячні панелі можна встановлювати на різних місцях: на дахах будівель, на землі, на плавучих платформах тощо, що робить їх досить гнучкими для різних умов та потреб.

6. **Зменшення витрат на енергію:** У деяких випадках, якщо система є достатньо потужною та ефективною, вона може значно зменшити витрати на електроенергію для власника в порівнянні з традиційними джерелами енергії.

*Для прикладу розглянемо.*

Комплект «Під Ключ» — Автономна сонячна електростанція 5 кВт підібраний для автономного електропостачання практично кожного будинку з однофазною мережею[4]. У комплект включені Сонячні панелі, виготовлені у Східній Азії, потужністю 380 Вт. З максимальною гарантією у своєму класі, 12 років повна гарантія та 25 років гарантія на зменшення потужності. Площа необхідна для монтажу панелей – 26 квадратних метрів. Ця автономна сонячна електростанція призначена для автономного забезпечення приватного домоволодіння або іншого споживача. Ці переваги роблять автономні сонячні електричні станції привабливими варіантами для багатьох споживачів енергії.

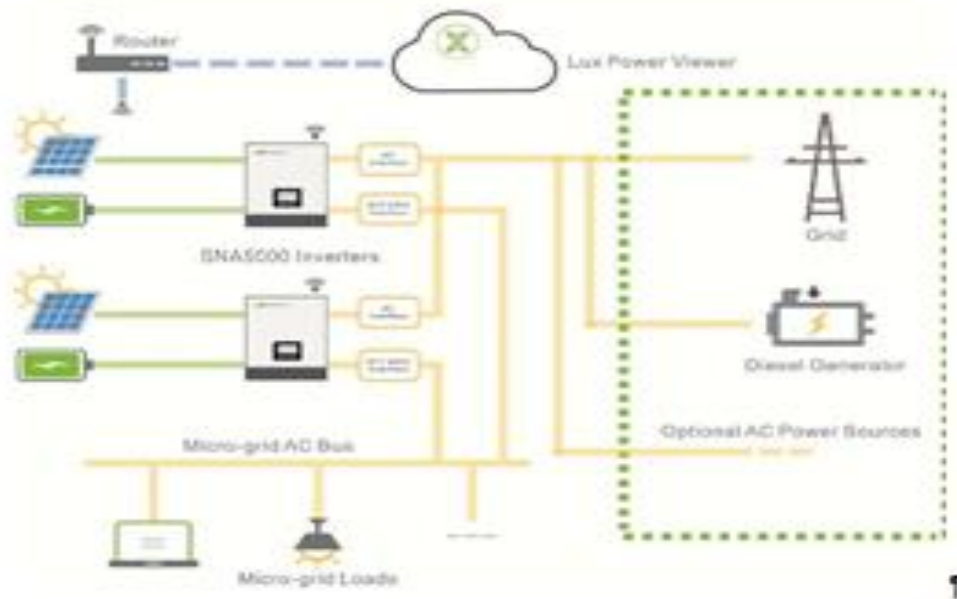


Рисунок 1- Монтажна схема

Автономний інвертор LuxPower SNA5000 може об'єднувати всі компоненти сонячної системи. До нього можна підключити сонячні панелі, акумулятори, споживачі, генератор, а також центральну електромережу. У разі потреби (страхування) до даної системи може бути підключений дизель генератор або загальна мережа для заряджання акумулятора у разі тривалої відсутності сонця або розряду в нічний час. Гібридна сонячна електростанція 5 кВт.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що для забезпечення надійного та сучасного живлення споживачів електричної енергії на території зони відпочинку Дружбівського кар'єру у селищі Дружба, котрий затоплений та є на даний час зоною відпочинку є встановлення гібридної сонячної електричної станції 5 кВт

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дружбівський кар'єр. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B1%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BA%D0%B0%D1%80%27%D1%94%D1%80](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B1%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D1%80%27%D1%94%D1%80). (дата звернення.08.09.23).
2. <https://susplne.media/521665-zitomirskie-pamukkale-istoria-druzbiivskogo-kareru-ak-novogo-turisticnogo-misca/> "Житомирське Памуккале": історія Дружбівського кар'єру як нового туристичного місця
3. Вплив сонячних батарей на людину. <https://solarsystem.com.ua/vplyv-sonyachnoyi-elektrostantsiyi-navkolishnye-seredovyshhe-atmosferu-ta-ekologiyu-mif-chy-realist/>. (дата звернення.08.09.23).
4. Автономна сонячна електрична станція Режим доступу: <http://store.altenergo.com.ua/product/avtonomnaya-ses-5-kvt/> (дата звернення.08.09.23).

**Черних Ярослав Миколайович** – студент 2-го курсу магістратури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, atafal83@gmasl.com

**Лялюк Олена Георгіївна** – к. т. н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, науковий керівник. e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

**Chernykh Yaroslav** - 2nd year master's student, group 2B-21m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, atafal83@gmasl.com

**Lyalyuk Elena** - Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

## ПЕРЕРОБКА, УТИЛІЗАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ

*Вінницький національний технічний університет*

### **Анотація**

Виявлена проблема переробки та використання твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні, де лише обмежена частина підлягає переробці, водночас інші країни, зокрема країни ЄС, активно використовують компостування для управління ТПВ. Особливу увагу приділяється питанням поводження з радіоактивними відходами, зокрема на територіях атомних електростанцій, та висвітлюється необхідність безпечної переробки та зберігання таких відходів. Розглянуто перспективи використання промислових та побутових відходів у виробництві будівельних матеріалів, спрямовані на зменшення впливу на навколишнє середовище та зменшення вартості матеріалів.

**Ключові слова:** утилізація, переробка

### **Abstracts.**

The problem of processing and utilization of municipal solid waste (MSW) in Ukraine is identified, where only a limited part is recycled, while other countries, including the EU, actively use composting for MSW management. Particular attention is paid to the management of radioactive waste, in particular on the territories of nuclear power plants, and the need for safe processing and storage of such waste is highlighted. Finally, the text points to the prospects for the use of industrial and household waste in the production of construction materials, aimed at reducing environmental impact and utilizing waste for economic purposes.

**Keywords:** utilization, recycling

### **Вступ**

Раціональна утилізація та переробка відходів є одним із найважливіших завдань сучасного цивілізованого світу, яке потрібно розв'язувати для збереження екології довкілля та з урахування економічної складової. Зокрема з кожним роком зростає актуальність цього питання в нашій країні. Певні види відходів можуть бути небезпечними та забруднювати навколишнє середовище, спричиняти захворювання через потрапляння у воду чи ґрунт. Тому правильна утилізація чи переробка відходів має вирішальне значення.

### **Результати дослідження**

Тверді побутові відходи (ТПВ) в Україні переважно захоронюються на полігонах та звалищах, забруднюючи навколишнє середовище, і лише незначна їх частина підлягає переробці та повторному використанню. У високорозвинених країнах ЄС, таких як Данія та Нідерланди, поширеність компостування сягає третини від загальної кількості методів поводження з твердими побутовими відходами. Компостування - це технологія переробки твердих побутових відходів, яка базується на їх природному біологічному розкладанні, кінцевим продуктом якого є компост, що використовується в міському та сільськогосподарському використанні. Компостні ями часто використовуються в українських приватних будинках та на присадибних ділянках [1-4].

В умовах міської агломерації під час господарсько-побутової та виробничої діяльності людини утворюються відходи у вигляді стічних вод, які скидаються в каналізацію. Пройшовши етапи очищення, каналізаційні стоки надходять на очисні споруди. Очищена вода скидається у водойму, але в процесі очищення неминуче утворюються відходи - мулові опади. Такі відходи, що утворюються в результаті очищення стічних вод у вигляді мулового осаду, є екологічною проблемою, що зумовлена відсутністю надійних технологій, які дають змогу повністю знешкодити відходи, що знову надходять і зберігаються, і переробити їх [5-7].

Зазначено, що середнє питоме утворення твердих і рідких радіоактивних відходів становить відповідно 27 і 35,1 м<sup>3</sup> на 1 млрд кВт-год виробленої електроенергії. За підсумками статистичних даних, на територіях АЕС спостерігається високий ступінь заповнення сховищ твердими та рідкими радіоактивними відходами. Серед наявних технологій поводження з РАВ на майданчиках чинних АЕС передбачено збирання, сортування та первинне перероблення відходів до стану, прийнятного для транспортування і тимчасового зберігання [8-10]. Головними вимогами до технологій переробки шкідливих продуктів є: доступність і економічно обґрунтована вартість способів іммобілізації;

створення належних умов виконання робіт відповідно до вимог радіаційної безпеки виконавців і технологічного обладнання; забезпечення отримання нормованих характеристик кінцевого продукту з кондиційованими радіоактивними матеріалами для подальшого транспортування та захоронення. [11-14].

Одним із перспективних напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу є використання промислових та твердих побутових відходів в технології виробництва будівельних матеріалів. Переробка і використання таких відходів вигідна з екологічної точки зору, адже одночасно відбувається звільнення значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих хімічних відходів і зниження витрат на їх формування та утримання [15-18].

У зв'язку із загальним економічним становищем в країні виникає необхідність використання промислових та твердих побутових відходів в технології виробництва будівельних матеріалів. При згоранні вугілля на теплових електростанціях в Україні щорічно утворюється 7-9 млн тонн золи-винос та шлаків. Основні складові золи-винос -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  перебувають переважно у вигляді скловидних фаз, тому їх можна вважати інертними компонентами. Кількість  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  суттєво впливає на основні фізико-хімічні властивості золи виносу. Виявлено, що основним шляхом утилізації червоного шламу при виробництві будівельних матеріалів є його використання у якості модифікуючої добавки до золоцементного в'язучого.

Мінерально-фазовий склад золошлакового в'язучого досліджено за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Було виявлено, що введення бокситового шламу істотно впливає на зміну новоутворень золоцементного каменю.

### Висновки

Отже, розглянуто основні напрямки зменшення кількості відходів за рахунок переробки, утилізації та використання. Найбільш перспективним та економічно доцільним напрямком є використання відходів, що дозволяє отримати матеріали та вироби, а також зменшити вплив на навколишнє середовище.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березюк О. В. Системи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Промислова гідравліка і пневматика. – 2017. – № 3 (57). – С. 65-72.
2. Lyubarsky V. Use of fly ash in production wall materials [Електронний ресурс] / V. Lyubarsky, V. Kovalskiy // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/16112>.
3. Березюк О. В. Визначення регресійної залежності необхідної площі під обладнання для компостування твердих побутових відходів від його продуктивності / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Інноваційний розвиток територій: Матеріали 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (25-27 лютого 2014 р.) /// Відв. за вип. О.В. Белановська. - Череповець : ЧДУ, 2014. - С. 55-58.
4. Bereziuk O. V. Drive systems of working bodies of machines for the collection and primary processing of solid household waste / O. V. Bereziuk // Industrial Hydraulics and Pneumatics. - 2017. - No. 3 (57). - P. 65-72.
5. Забруднення питної води промисловими відходами [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, Го Мінцзюнь, М. Д. Бондар // Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 17–18 листопада 2022 р. – Одеса : ОНАХТ, 2022. – С. 46-48.
6. Bereziuk O.V. Determination of the regression dependence of the required area for equipment for composting solid household waste on its productivity / O.V. Bereziuk, M.S. Lemeshev // Innovative development of territories: Proceedings of the 2nd Intern. scientific-practical conf. (February 25-27, 2014) // Edited by O.V. Belanovskaya. - Cherepovets: BSU, 2014. - С. 55-58.
7. Bereziuk, O. V., Lemeshev, M. S. (2011). Safety of life activity. Vinnytsia: VNTU, 204.
8. Березюк, О. В., Лемешев, М. С. (2011). Безпека життєдіяльності. Вінниця: ВНТУ, 204.
9. Підвищення активності золи-виносу [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, В. П. Бурлаков, О. С. Сідлак // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", 3-5 квітня 2018 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – С. 150..
10. Бурлаков, В. П., and В. П. Ковальський. *Джерела радіоактивності*. Diss. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2019.
11. Ковальський В. П. Перспективні технології, сучасні реагенти і матеріали для очищення стічних вод [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. О. Постолатій // Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-

- практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 21 – 22 березня 2019 р. – Одеса : ОНАХТ, 2019. – С. 54-56.
12. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193
  13. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей [Текст] / А. В. Бондар, В. П. Ковальський, В. П. Бурлаков, Є. Р. Матвійчук // Екологічні науки : науково-практичний журнал. – Київ ДЕА, 2018. – № 3(22). – С. 21-24.
  14. Ковальський В. П. Композиційні в'язучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Т. Г. Шулік, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128>
  15. Ковальський, В. П. Використання відходів промисловості для виробництва легких бетонів [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, І. М. Вознюк, Д. О. Войтюк // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2019/paper/view/7576>.
  16. Підвищення активності золи-винесення [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, В. П. Бурлаков, О. С. Сідлак // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", 3-5 квітня 2018 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – С. 150.
  17. Ковальський В. П. Перспективні технології, сучасні реагенти і матеріали для очищення стічних вод [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. О. Постолатій // Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 21 – 22 березня 2019 р. – Одеса : ОНАХТ, 2019. – С. 54-56.
  18. Kovalsky V.P Substantiation of the feasibility of using ash and slag binder for the preparation of dry building mixtures / VP Kovalsky, VP Ocheretniy, MS Lemeshev, AV Bondar // Resource-saving materials, structures, buildings and structures - Rivne: NUVEHiP Publishing House, 2013 - Issue 26. - P. 186-193.

**Гончарук Наталя Олександрівна** — студентка групи БМ-23мс, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ngon8753@gmail.com](mailto:ngon8753@gmail.com)

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

**Goncharuk Natalia O.** - student of BM-23ms group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ngon8753@gmail.com](mailto:ngon8753@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗОН В УМОВАХ МІСТОБУДУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі розглянуто питання збереження природно-заповідних зон в умовах містобудування. Автори аналізують основні загрози, що стоять перед природно-заповідними зонами в містах, зокрема зростання антропогенного навантаження, знищення природних ландшафтів та порушення режиму охорони природно-заповідних зон. Запропоновані перспективні шляхи їхнього подолання (вдосконалення нормативно-правової бази, удосконалення системи моніторингу стану природно-заповідних зон, залучення громадськості до охорони природно-заповідних зон тощо).

**Ключові слова:** природоохоронні зони, природний ландшафт, екологія, містобудування, урбанізація.

### Abstract

The paper considers the issue of conservation of nature reserves in urban planning. The authors analyze the main threats facing protected areas in cities, in particular, the increase in anthropogenic load, the destruction of natural landscapes and violation of the protection regime of protected areas. Promising ways to overcome them are proposed (improvement of the regulatory framework, improvement of the system for monitoring the state of nature-protected areas, involvement of the public in the protection of nature-protected areas, etc.).

**Keywords:** nature conservation areas, natural landscape, ecology, town planning, urbanization.

### Вступ

Згідно з чинним законодавством України, території регіональних ландшафтних об'єктів, національних природних ороелів, біосферних заповідників повинні мати чітке зонування, яке б враховувало історико-культурні, рекреаційні, природоохоронні та інші фактори. Таке зонування передбачає створення певних функціональних зон, таких як заповідна, регульована рекреація, стаціонарна рекреація та господарська. Однак наразі у чинних нормативно-законодавчих актах, зокрема в Законах України «Про регулювання містобудівної діяльності» [7], «Про курорти» [5], «Про туризм» [8] тощо не визначено регламентацію формування національних природних зон з містобудівної перспективи.

### Основна частина

Проте, Земельний кодекс України [2] визначає порядок відведення земельних ділянок під майбутню природно-заповідну територію. Цей кодекс також встановлює компетенцію місцевих рад у регулюванні земельних відносин, порядок надання земель у користування та узгодження питань, пов'язаних із вилученням земельних ділянок. При підготовці планувальних документів на проєкт створення обов'язково враховуються вимоги закону України «Про основи містобудування» [6], а також вимоги містобудівних норм і правил. До уваги також беруться Кодекси України (Лісовий, Водний) та інші закони України («Про туризм», «Про охорону культурної спадщини», «Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону» тощо) і відповідні міжнародні конвенції (Про біорізноманіття, Рамсарська, Бернська, Про всесвітню спадщину) [4, 107].

Чітке виконання державної політики в сфері природоохоронного та містобудівного законодавства є ключовою умовою для будівництва в містах. Ця політика націлена на досягнення національних пріоритетів, дотримання положень Конституції України, використання прийнятних директив ЄС та впровадження багатосторонніх екологічних угод, таких як конвенції, протоколи та інші, в яких Україна та інші країни є сторонами.

Земельні ділянки, що призначені для природно-заповідних та інших природоохоронних цілей, а також ті, що мають історико-культурне призначення, вважаються особливо цінними, і на них застосовуються різноманітні обмеження. Згідно із статтею 110 Земельного кодексу України (ЗКУ), власник може бути обмежений у використанні земельної ділянки або її частини. Право власності на



земельну ділянку може бути обтяжене іншими правами осіб. При передачі права власності на земельну ділянку, поділі чи об'єднанні земельних ділянок обмеження та обтяження залишаються чинними, за винятком ситуацій, коли вони стосувалися лише частини земельної ділянки, яка внаслідок поділу не увійшла до новоутвореної ділянки. Згідно із статтею 111 ЗКУ, обтяження прав на земельну ділянку може бути встановлене законом, актом уповноваженого органу державної влади, посадової особи або договором.

Щодо земель природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення, будь-яка діяльність, яка може завдати шкоди природним та історико-культурним комплексам чи перешкоджати їхньому призначенню, є забороненою. На землях територій та об'єктів природно-заповідного фонду, створених в зоні відчуження та обов'язкового відселення через радіоактивне забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, заборонена будь-яка діяльність, яка не враховує радіаційну безпеку.

В умовах екологічних проблем українських міст та тенденцій дослідження природного каркасу виникає необхідність аналізу ролі природоохоронних територій у структурі міста та визначення умов та засобів їх збереження та використання. Проблема збереження природних ландшафтів в урбанізованому середовищі обумовлена кризою цілей та принципів містобудівного планування, роллю генерального плану та дотриманням стратегічних цілей розвитку міста. Наочним прикладом є домінування економічних пріоритетів у забудові міста, що може становити загрозу для екології та природозбереження місцевих територій і спричинити деградацію зелених зон міста. У зв'язку з цим важливо встановлювати обмеження для різних типів ландшафтів та регулювати рівень допустимого навантаження, особливо на об'єкти природно-заповідного фонду. Згадане законодавство в цьому плані не є узгодженим, що ускладнює охорону та планування цих територій та залишає місце для різних трактувань норм при розробці документації з охорони та використання природоохоронних об'єктів. Тому обґрунтування оцінки екологічних умов у містобудівному проектуванні та принципів охорони таких територій через засоби містобудівного регулювання є актуальним завданням [1].

При зведенні будь-яких об'єктів у містах важливу роль відіграє висадження зелених територій. Міські зелені насадження стають засобом індивідуалізації районів та мікрорайонів міста. Це допомагає подолати монотонність міської забудови, яка виникає через індустріальні методи будівництва та застосування типових проектів. Зелені насадження сприяють адаптації міського середовища до масштабу людини, що порушується при багатопверховій забудові, та роблять місто більш затишним. Планувальні функції зелених насаджень полягають в організації міських територій. Навіть невеликі ділянки зелених насаджень відіграють важливу роль у плануванні, організуючи рух та виділяючи ключові архітектурні елементи. Зелені насадження, розміщені біля житлових будинків, стають основою для функціонального поділу житлових територій, ізолюючи їх від проїздів та транспортних магістралей, визначаючи межі дитячих та відпочинкових майданчиків від господарських зон та інших. Зелені насадження грають ключову роль у розв'язанні проблеми організації відпочинку населення. Завдяки різноманіттю листя, зниженій температурі в спекотні дні, наявності фітонцидів та інших речовин, виділених рослинами, повітря стає менш запиленим, а кисень більш доступним, що сприяє позитивному впливу на фізіологію людини. Це допомагає знімати напругу, що виникає від ритму міського життя, зміцнює здоров'я та підвищує працездатність. Зелені насадження загального користування стають ключовим показником ступеня озеленення міста. Місто вважається добре озелененим, якщо припадає 20-30 м<sup>2</sup> зелених насаджень загального користування на одного мешканця. Розвиток та трансформація мережі зелених територій, як місць масового відпочинку, базуються на аналізі потреб у таких територіях, оцінці ландшафтних та планувальних умов міста. Основні напрямки вирішення питань розвитку та збереження зелених насаджень загального користування включають створення нових парків, скверів, бульварів у зонах нового житлового будівництва, обрізку та догляд за деревами та кущами, заміну старих насаджень на нові для досягнення ландшафтно-індивідуальності, активне квіткове оформлення паркових територій, покращення стану та розширення асортименту рослин під час реконструкцій та ремонтів, систематичне проведення агротехнічних заходів з утримання та захисту зелених насаджень, а також залучення громадських та партійних організацій до участі в програмах озеленення міських територій [3, 42].

## Висновки

Таким чином, основним завданням природоохоронних зон є забезпечення цілісного існування видів флори і фауни, відновлення потенційних можливостей територій їх існування, захист важливих ландшафтних форм, а також екологостабілізуюча функція, особливо в містах. Питання взаємодії урбанізованої тканини міста і природних ландшафтів є одним з ключових завдань при стратегічному

розвитку міст. У європейській містобудівній практиці обов'язковим є декларування в програмі розвитку населених пунктів положень щодо охорони природних об'єктів. Правильний підхід до забудови міст з дотриманням усіх вимог та норм, а також врахуванням сучасних реалій забезпечить збереження природоохоронних територій.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дідик В. В., Тупісь, С. П. Ландшафтно – просторова організація ботанічного саду Прикарпатського університету ім. В. Стефаника у м. Івано – Франківську. *Вісник Національного університету «Львівська Політехніка»: Архітектура*, 199. С.142-145.
2. Земельний кодекс України. Редакція від 17.09.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
3. Кухар Д.В., Колога Т.Б. Екологія та охорона навколишнього середовища. *Науково-технічний журнал*. 2021. №1(23). С.42.
4. Попович С.Ю. Природно-заповідна справа: підручник. Тернопіль: Навчальна книга, Богдан, 2023. 302 с.
5. Про курорти. Закон України №2026-III. В редакції від 01.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2026-14#Text>
6. Про основи містобудування. Закон України № 2780-XII. В редакції від 31.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12#Text>
7. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України №3038-VI. В редакції від 01.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>
8. Про туризм. Закон України № 324/95-ВР. В редакції від 01.04.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/324/95-%D0%B2%D1%80#Text>

**Білоус Дмитро Анатолійович** – студент групи БМ-21б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [bilousd1524@gmail.com](mailto:bilousd1524@gmail.com)

**Дембіцька Софія Віталіївна** – доктор пед.наук, професор, професор каф.безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки. [sofiyadem13@gmail.com](mailto:sofiyadem13@gmail.com)

**Bilous Dmytro** – third-year student of BM-21b group, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bilousd1524@gmail.com](mailto:bilousd1524@gmail.com)

**Dembitskaya Sofia** - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of Life Safety and Safety Pedagogy. [sofiyadem13@gmail.com](mailto:sofiyadem13@gmail.com)

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКО-ІНТЕР'ЄРУ В ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

<sup>2</sup> Державний професійно-технічний навчальний заклад «Хмельницький аграрний центр професійно-технічної освіти»

### **Анотація.**

*Використання екологічного підходу в закладах професійно-технічної освіти на сьогоднішній день є одним з найбільш затребуваних. Він приваблює натуральними матеріалами, відчуттям свіжості і єднання з природою. За рахунок своєї позитивної енергетики, сприяє релаксації, приділяє увагу здоров'ю та здоровому способу життя.*

**Ключові слова:** еко-інтер'єр, еко-дизайн, заклади професійно-технічної освіти, приміщення.

### **Abstract.**

*The usage of an ecological approach in vocational training schools is one of the most important today. It attracts with natural materials, a feeling of freshness and unity with nature. Due to its positive energy, it promotes relaxation, attention to health and a healthy lifestyle.*

**Keywords:** eco- interior, eco- design, vocational training schools, a building

### **Вступ**

З кожним роком техногенний вплив людини на довкілля загострює глобальну екологічну кризу. В умовах кардинального перегляду змін ціннісних орієнтирів та стратегій, де визначальним фактором є створення принципово нового дизайнерського підходу, відбувається розвиток сучасного еко-дизайну. Таким чином, на зміну технократичного мислення приходить екологічний світогляд.

### **Результати дослідження**

Нині стрімко зростає популярність удосконалення та модернізації закладів професійно-технічної освіти задля створення комфортного, безпечного та екологічного середовища перебування здобувачів освіти, де є актуальним використання еко-дизайну в інтер'єрах приміщень.

Відокремимо два основних погляди на екологізацію професійно-технічних навчальних заклади, що побудовані на технологічній парадигмі. Перший полягає в тому, що в його основу закладається концепція замкнутості, енерго- і ресурсозбереження. Подальший комфорт забезпечується за умови збереження енергетичних ресурсів. Цей підхід у першому наближенні можна розглядати як екологічний і, принаймні, такий, що сповідує зниження тиску на довкілля.

Другий підхід найчастіше пов'язують з екологічним дизайном в інтер'єрі. Цей підхід реалізується скоріше як екостиль, тобто сукупність властивостей предметного наповнення, які вкупі відповідали б візуально нашим уявленням стосовно екологічного приміщення. Якщо обмежитися пошуком стилістики «еко» в інтер'єрі, то в ньому екодизайн проявляється переважно за рахунок своєї ідеї, природного початку, екологічності матеріалів, м'яких кольорів, відповідності форм і т. ін. [1-3]. Він розглядається як спроба відтворення природного середовища в місцях діяльності людини. Його критерієм є гармонійність і наближеність до природи в усьому. В «екологічному» приміщенні здобувачі освіти відчуватимуть усі переваги натуральних матеріалів, наближаючись до природи емоційно. Тут і безпека, і розумні засоби комфорту, й дистанційне керування побутовою технікою і т. ін., але цікавою в екологічному сенсі це здатність будівлі оптимізувати енергоспоживання через надзвичайний рівень економії.

Однією з важливих проблем особливостей формування кольорового рішення в дизайні інтер'єру навчальних закладів є створення гармонійної кольорової гами. Єдності кольорового

сприйняття допомагає розподілення кольору залежно від розмірів пофарбованих частин, тобто великі поверхні (підлога, стіни, стеля) пофарбовані в м'які тони, а менші площини (деталі інтер'єру, меблі) - у яскраві. Особливо велике значення має вплив кольору на психологічне та фізичне самопочуття дитини. Крім того діти різного віку мають різні кольорові переваги, які необхідно враховувати під час розробки дизайну інтер'єру і екстер'єру [4].

### Висновки

Таким чином, сучасний екологічний стиль в інтер'єрі на сьогоднішній день є одним з найбільш затребуваних. Він приваблює натуральними матеріалами, відчуттям свіжості і єднання з природою. За рахунок своєї позитивної енергетики, сприяє релаксації, приділяє увагу здоров'ю та здоровому способу життя; він швидко розширює коло шанувальників, становлячись вельми популярним.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ворошук В.В., Особливості формування екологічного дизайну в інтер'єрі / Ворошук В.В., Бжезовська Н.В.,// Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції «Архітектура та екологія», 2022 р. - Ел. ресурс.
2. Дизайнерська діяльність: екологічне проектування : науково-методичне видання / В. О. Свірко, О. В. Бойчук, В. М. Голобородько, А. Л. Рубцов, О. В. Кардаш, О. В. Чемакіна. Київ : УкрНДІ ДЕ, 2016. 196 с.
3. Словник з дизайну і ергономіки / В. О. Свірко, А. Т. Ашерев, О. В. Бойчук, В. М. Голобородько, та ін.; під загальною редакцією Свірка В. О. Харків : видавництво НТМТ, 2009. 130 с.
4. Ковальський В. П. Особливості впливу екстєрєру і інтерєру дошкільних навчальних закладів на психологічний стан дитини [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Г. І. Лисій // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дані. - 2017. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2869>.

**Попович Людмила Григорівна** – методист, Державний професійно-технічний навчальний заклад «Хмельницький аграрний центр ПТО»

**Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

**Popovych Liudmyla G.** — Methodist (supervisor) of the educational institution, State vocational Institution "Khmilnytsyi Agrarian Center of vocational education" [lyuda.popovych86@gmail.com](mailto:lyuda.popovych86@gmail.com)

**Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## МЕТОДИ ЗАХИСТУ БЕТОНУ ВІД КОРОЗІЇ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Вивчено властивості, які додають стійкість бетону до корозії, впливу вологості та інших агресивних середовищ. Розглянуто методи, які допоможуть забезпечити довговічність і надійність бетонних конструкцій, при впливі агресивних середовищ.*

**Ключові слова:** бетон, корозія, середовища, нестійкість, дифузія, матеріал, щільність, структура, добавки, стійкість.

### *Abstract*

*The properties that increase the resistance of concrete to corrosion, exposure to moisture and other aggressive environments have been studied. Methods are proposed that will help ensure the durability and reliability of concrete structures, even if they will be in aggressive environments.*

**Keywords:** concrete, corrosion, environment, instability, diffusion, material, density, structure, additives, stability.

### Вступ

Бетон є одним з найпоширеніших будівельних матеріалів у світі. Він має високу міцність, довговічність та доступну вартість. Однак бетон має і ряд недоліків, одним з яких є низька стійкість до корозії, впливу вологості та інших агресивних середовищ. Удосконалення захисних властивостей бетону є важливою задачею, оскільки це дозволить збільшити тривалість експлуатації споруд та знизити витрати на їх ремонт і заміну.

### Результати дослідження

Корозія бетону - це процес, при якому руйнується його структури під впливом хімічних або фізичних факторів. Найпоширенішим видом корозії бетону є корозія арматури. Арматура в бетоні захищена від корозії шаром бетону, який має достатню товщину і водонепроникність. Однак під впливом вологи та агресивних середовищ цей шар може руйнуватися, що призводить до корозії арматури [1-4].

Волога є одним з основних чинників, що впливають на стійкість бетону. Волога може проникати в бетон через капілярні пори і тріщини, що призводить до його руйнування. Волога також може викликати кристалізацію солей, що також може привести до руйнування бетону.

Агресивні середовища, такі як кислоти, луги, розчини солей та інші, можуть руйнувати бетон. Вони можуть проникати в бетон через капілярні пори і тріщини, а також можуть вступати в хімічну реакцію з бетоном. Агресивні середовища можуть викликати корозію арматури, що є основною причиною руйнування бетонних конструкцій. Крім того, агресивні середовища можуть призвести до розтріскування та руйнування бетону[5-7].

Основними властивостями, які додають стійкість бетону до корозії, є: адгезія між цементним каменем і арматурою (чим краще адгезія, тим менше ймовірність того, що корозія арматури призведе до руйнування бетону), щільність (чим щільніший бетон, тим менше вологи та агресивних середовищ може проникнути в нього), та міцність (чим міцніший бетон, тим важче його пошкодити корозією).

Крім перерахованих вище способів, існує ряд додаткових способів поліпшення захисних властивостей бетону. До цих способів відносяться: застосування антикорозійних покриттів для арматури (ці покриття захищають арматуру від корозії), застосування поверхневих покриттів для бетону (такі покриття захищають бетон від впливу вологи та агресивних середовищ), застосування ін'єкційних матеріалів для ремонту бетону (матеріали заповнюють тріщини і капілярні пори в бетоні, що підвищує його водонепроникність і стійкість до корозії).

Таблиця. В даній таблиці описані властивості, які впливають на корозійну стійкість бетону.

Властивість	Методи захисту
Водонепроникність	Використання водонепроникних добавок, таких як цементи з низьким вмістом водопотреби, гідрофобні добавки та інші.
Щільність	Збільшення вмісту цементу в бетоні, використання мінеральних добавок, таких як шлаки, пемза та інші.
Міцність на розрив	Використання високоміцних цементів, мінеральних добавок, таких як сталевий дріт та інші.
Антикорозійний захист арматури	Застосування антикорозійних покриттів для арматури.
Поверхневий захист бетону	Застосування поверхневих покриттів для бетону.
Ремонт бетону	Застосування ін'єкційних матеріалів для ремонту бетону.

З аналізу даних наведених в таблиці можна робити висновок, що стійкість бетону до корозії залежить від багатьох факторів. Бетони з високою середньою щільністю, низьким водоцементним співвідношенням та добавками мають найкращу стійкість до корозії.

Крім перерахованих вище способів, існує ряд додаткових способів поліпшення захисних властивостей бетону. До цих способів відносяться: застосування антикорозійних покриттів для арматури, застосування поверхневих покриттів для бетону, застосування ін'єкційних матеріалів для ремонту бетону.

Структура бетону є одним з основних факторів, які впливають на його стійкість до корозії. Щільна структура бетону з низьким вмістом пор і капілярів має підвищену стійкість до корозії. Це пояснюється тим, що агресивне середовище має менше можливостей проникнути в бетон і викликати його руйнування.

Швидкість дифузії агресивного середовища в бетоні визначається за формулою:

$$D = K * \sqrt{(2RT/M)}$$

де:

D - коефіцієнт дифузії (м/с)

K - коефіцієнт дифузії, який залежить від природи агресивного середовища (м/с)

R - газова стала (8,31 Дж/моль\*К)

T - температура (К)

M - молярна маса агресивного середовища (г/моль)

З цієї формули видно, що швидкість дифузії агресивного середовища в бетоні прямо пропорційна коефіцієнту дифузії K і кореню квадратному з температури T.

Для дослідження впливу структури бетону на його стійкість до корозії були виготовлені зразки бетону з різною щільністю. Зразки були піддані впливу кислоти, лугу та солі.

Результати досліджень показали, що зразки бетону з високою щільністю мали підвищену стійкість до корозії. Це пояснюється тим, що щільний бетон має меншу кількість пор і капілярів, через які може проникати агресивне середовище.

Для дослідження впливу добавок на стійкість бетону до корозії були виготовлені зразки бетону з різними типами добавок. Зразки були піддані впливу кислоти, лугу та солі.

Результати досліджень показали, що добавки, які утворюють на поверхні бетону водонепроникну плівку, можуть значно підвищити його стійкість до корозії. Це пояснюється тим, що водонепроникна плівка перешкоджає проникненню агресивного середовища в бетон.

## Висновки

В умовах постійного розвитку будівельної галузі, підвищення захисних властивостей бетону має вирішальне значення. Ця стратегія сприяє значному подовженню терміну експлуатації будівельних споруд, що зменшує витрати на їхнє обслуговування, ремонт та експлуатацію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко О.В. Рекомендації з технології конструкційного ремонту бетонних та залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу із застосуванням полімерцементних сухих будівельних сумішей / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк, А.О. Агеєв // ІВПіМ.-К.: видавництво «ДІА».- 2015.- 96 с.
2. Постолатій М. О. Гідротехнічний бетон для водотранспортних мереж [Текст] / М. О. Постолатій, В. П. Бурлаков, В. П. Ковальський // Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 20 – 21 березня 2020 р. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – С. 78-79.
3. Ковальський В. П. Методи підвищення довговічності конструкцій гідротехнічного бетону [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, М. О. Постолатій, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7458>.
4. Ковальський В. П. Композиційні в'язучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В.П. Ковальський, Т.Г. Шулік, В.П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128>.
5. Патент на корисну модель № 76451. Спосіб захисту та ремонту залізобетонних конструкцій / Коваленко О.В., Крученюк В.Д.- 2013.- Бюл. № 1.
6. Патент на корисну модель № 76452. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / Коваленко О.В., Крученюк В.Д.- 2013. Бюл. № 1.
7. Г.М. Бурак, О.М. Верста, В.В. Левінський, О.В. Струмінська., В.І. Конуп Присадки – модифікатори властивостей бетонних сумішей і бетону.

**Бабак Марія Павлівна** — студентка групи БМ-226, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [mariababak2005@gmail.com](mailto:mariababak2005@gmail.com)

**Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

**Babak Mariia P.** — faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [mariababak2005@gmail.com](mailto:mariababak2005@gmail.com)

**Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## ДИЗАЙН І ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ БІЗНЕС-ЦЕНТРІВ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У сучасних великих містах бізнес-центри відіграють важливу роль у формуванні корпоративної культури та створенні сприятливого середовища для роботи. Це дослідження розглядає тему "Дизайн і Функціональність Бізнес-Центрів у Великих Містах", аналізуючи світовий досвід та вітчизняні приклади. Воно охоплює інноваційні дизайнерські рішення, ергономіку робочих просторів і використання природних мотивів у внутрішньому оформленні. Результати включають огляд таких об'єктів, як "скляний" офіс компанії Macquarie Group у Лондоні, проект офісу BBC North та об'єднані офіси Pons і Huot у Парижі. Ми також розглядаємо вітчизняні приклади, зокрема бізнес-центри компаній Leonardo та 101 Tower в Києві. Наше дослідження підкреслює важливість поєднання комфорту та інновацій в дизайні бізнес-центрів для досягнення оптимального робочого середовища та стимулювання бізнесу. Перспективи майбутніх досліджень включають вплив дизайну на психологічний стан працівників та аспекти енергоефективності та інновацій у будівництві бізнес-центрів.

**Ключові слова:** дизайн, функціональність, бізнес-центри, офіси, великі міста, простір, архітектура.

### Abstract

In modern large cities, business centers play a crucial role in shaping corporate culture and creating a conducive working environment. This study explores the topic of "Design and Functionality of Business Centers in Large Cities," analyzing global experiences and domestic examples. It encompasses innovative design solutions, ergonomic workspaces, and the incorporation of natural motifs in interior design. The findings include a review of notable projects such as the "Glass" office of Macquarie Group in London, the BBC North office project, and the combined offices of Pons and Huot in Paris. We also examine domestic examples, including the business centers of Leonardo and 101 Tower in Kyiv. Our research underscores the importance of blending comfort and innovation in the design of business centers to achieve an optimal work environment and stimulate business growth. Prospects for future research involve exploring the impact of design on the psychological well-being of employees and aspects of energy efficiency and innovation in the construction of business centers.

**Keywords:** design, functionality, business centers, offices, large cities, space, architecture.

### Вступ

Розглядаючи світовий досвід розвитку бізнес-центрів, виділяється безліч прикладів ключової ролі дизайну та функціональності офісних просторів. Проектування та будівництво споруд з офісами тепер спрямовані на досягнення прибутку від інвестованих коштів, але це призводить до відсутності повного розуміння процесів, що відбуваються в офісних центрах [6-7]. Оригінальні та ефективні підходи до створення комфортного та стильного робочого середовища сприяють продуктивності та створюють враження для відвідувачів та працівників. Сучасні бізнес-центри у великих містах визначають структуру корпоративного життя, вражаючи не лише робочими приміщеннями, але й визначаючи візуальний образ бізнес-спільноти. Дизайн та функціональність цих центрів важливі для комфорту працівників та ефективності бізнес-процесів. У цьому дослідженні ми розглядаємо світовий досвід у розробці та ефективному використанні бізнес-центрів, а також проводимо аналіз вітчизняних прикладів.

### Результати дослідження

#### Світовий досвід розвитку бізнес-центрів

Проектування та будівництво споруд, що містять офісні приміщення, сьогодні – це процес, який спрямований на досягнення певного результату, а саме – прибутку від інвестованих в нього коштів



[1-2]. Види офісних приміщень позначають латинськими літерами: А, В, С, D, Е. При цьому А та В ще мають підгрупи, а в офісів із групи Е лише один загальний фактор — розташування поза межами спеціальної офісної будівлі [3].

У проектуванні офісних центрів закордонні фахівці надзвичайно багато використовують свій великий досвід. Цей досвід включає безліч прикладів нестандартного оформлення офісного простору. Застосування простих і вже відомих методів, таких як форма, а також використання кольору та фактури, дозволяє створювати унікальний дизайн. Ці ефективні прийоми служать джерелом натхнення для еволюції офісних просторів. Кожен проект відзначається своєю оригінальністю, спрямованою на створення комфортної будівлі для працівників і легко запам'ятовуваною для відвідувачів. Використання фірмового стилю у дизайні бізнес-центрів вважається необхідною складовою. Одним з таких проектів є "скляний" офіс компанії Masquarie Group в Лондоні (Рис. 1 - "Скляний" офіс компанії Masquarie Group, Лондон) [4-5].



Рис.1 – Офіс преміум класу: "Скляний" офіс компанії Masquarie Group, Лондон

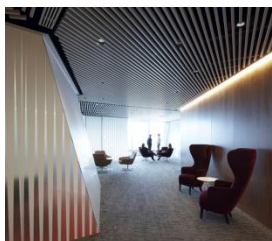


Рис.2 Хол "Скляного" офісу компанії Masquarie Group, Лондон



Рис.3 Внутрішній простір офісного центру компанії Masquarie Group, Лондон

Masquarie, світовий постачальник банківських і інвестиційних послуг, об'єднав різні комплекси в новому офісному центрі Cornmarket Place, займаючи 217 500 квадратних футів на шести поверхах з 20-ти (Рис.2). Його інтер'єр представлений відкритим простором, де використання яскравих кольорів і білої обробки створює відчуття легкості і порядку. Відзначається центральний атрий з червоними сходами, що візуально об'єднують поверхи в ефектну дорогу. Ці елегантні червоні сходи, які стали символом відкритості та з'єднання простору, є ключовим елементом дизайну. (Рис.3) [4-5].

### Бізнес-центр класу А: Офіс BBC North

Офіс BBC North в графстві Великий манчестер - один з самих амбітних проектів в історії корпорації. Дизайн приміщення загальною площею 31500 квадратних метрів розробила архітектурна студія ID : SR. Основна мета проекту - створення демократичної атмосфери і ергономічного інтер'єру на максимально відкритому просторі. Гнучкість стильових рішень і залучення новітніх технічних технологій дає велику функціональність приміщень при меншій площі [8]. Практично кожна зона штаб-квартири може використовуватися як індивідуальне робоче місце, переговорна кімната, приміщення для проведення брифів і семінарів або студія з можливістю вести пряму трансляцію (Рис.4).



Рис.4 Розміщення робочих зон офісу BBC North в графстві Великий манчестер

Частина концепції BBC - підтримка місцевих виробників, більше 70% матеріалів для обробки приміщення були виготовлені на території Великобританії. Декоративне оформлення включає використання матеріалів різних фактур і оздоблення з використанням яскравих сміливих кольорів.

Нова штаб-квартира розрахована для роботи великого числа персоналу. По планах компанії до квітня 2012 року в офісі працювали 2300 чоловік, а до 16 кінця 2017 року до них приєднаються ще близько 1000 чоловік. Тому кількість робочих місць дуже велика у різних формах.

### Бізнес-центр класу А: Поєднання двох фірм Pont і Huot

Офіси компаній Pons і Huot - приклад поєднання офісних приміщень в одній споруді, об'єднаних стилістичним оформленням [9]. Унікальність полягає у використанні природних мотивів в інтер'єрі. Робочі місця розташовані на першому поверсі середини будівлі, утворюючи велику конфігурацію столу із вбудованими робочими місцями. Керівництво компаній розташоване на другому поверсі по боках, зберігаючи колірну гаму та художньо-планувальні методи. Офіс для Pons і Huot в Парижі, розташований в історичній промисловій будівлі XIX століття, можливо, авторства Густава Ейфеля. Площа офісу - 540 кв. м. Його інтер'єр - унікальне поєднання різних стилів, зі збереженням історичного контексту та природного ландшафту (Рис.5).



Рис.5. Офіс класу А: для двох компаній Pons і Huot, Париж

У офісі, схожому на оранжерею, працює всього 15 чоловік, 7 з них - директори і мають окремі кабінети, розташовані уздовж стін по обох сторонах будівлі. Інші співробітники працюють у великому загальному приміщенні в центрі. При цьому кожне робоче місце відокремлене від довкілля власним прозорим куполом. Скло півсфера не лише справляє враження своїм новаторським видом, але захищає інші місця від зайвого шуму [10].

### Вітчизняний досвід розвитку бізнес-центрів



Рис.6 - Бізнес-центр класу А: Leonardo

Вивчення вітчизняного досвіду офісних центрів дозволяє оцінити поточну ситуацію у проектуванні, виявити основні переваги та недоліки. Варто відзначити успішне оформлення офісів корпорацій світового рівня та великих місцевих компаній, таких як проекти Leonardo та 101 Tower в Києві. Ці проекти підкреслюють важливість поєднання комфорту та сучасної інфраструктури для відповіді на потреби сучасних корпорацій.

Сучасний бізнес-центр у центрі Києва складається з двох будівель (7- та 17-поверхових) та 7-рівневого підземного паркінгу. Архітектурний дизайн об'єднує спокійний зовнішній фасад, ідеально вписаний у навколишню архітектуру, з майже цілком скляним та динамічним другим елементом бізнес-центру. Обладнаний сучасними технічними рішеннями та системами безпеки. Це ефективне поєднання підвищеного комфорту та розвиненої інфраструктури (Рис. 6) [11].

### Бізнес-центр класу А: 101 Tower



Рис.7 - Бізнес-центр класу А: 101 Tower

27-поверховий бізнес-центр класу А в Києві, що надає найвищий рівень обслуговування. Розвинена внутрішня інфраструктура: фітнес-центр, конференц-зал, фуд-корт, салон краси, банкомати, лобі-бар, міні маркет, копіювальний центр, 7-рівневий наземний паркінг, велосипедна стоянка, станція зарядки для електромобіля (Рис.7) [11].

## Висновок

Таким чином, дизайн та функціональність бізнес-центрів у великих містах мають велике значення для створення ефективних та комфортних робочих середовищ. Світовий досвід та вітчизняні приклади вказують на різноманітність можливих підходів та інновацій у розробці таких об'єктів. Дослідження в цьому напрямку може сприяти подальшому вдосконаленню дизайну та функціональності бізнес-центрів для забезпечення оптимальних умов для роботи та розвитку бізнесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальський В. П. Сучасні тенденції у зведенні монолітних і цегляних житлових будинків [Текст] / В. П. Ковальський, А. В. Бондар, Г. І. Лисій // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2015. - № 1. - С.106-110.
2. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
3. Вознюк І. М. , Бондар М.Д. , Гурман Я. В. , Ковальський В. П. , Voznyuk I.M. , Bondar M. D. , Hurman Y. V. , Kovalskiy V. P.. Класифікація бізнес-центрів . Вознюк І. М. Класифікація бізнес-центрів [Електронний ресурс] / І. М. Вознюк, М. Д. Бондар, Я. В. Гурман, В. П. Ковальський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)», Вінниця, 16-17 червня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14393>
4. Особливості дизайну інтер'єрів бізнес центрів | Савіна Наталія Олександрівна, канд. арх., доцент, Гнатюк Лілія Романівна // НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ. Київ 2020
5. Апостолок В.С. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: Навчальний посібник. / А.В. Джигирей В.С. Апостолок. - К.: Знання, 2006.
6. Ковальський В. П. Особливості формування бізнес-центрів [Текст] / В. П. Ковальський, О. П. Терещенко, О. О. Шамрасва // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2018. – № 2. – С. 122-128.
7. Ковальський В. П. Підвищення ефективності в житлово-комунальному господарстві [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Черетний, М. О. Постолатій // Матеріали науково-практичної конференції "Енергія. Бізнес. Комфорт", 26 грудня 2018 р. – Одеса : ОНАХТ, 2019. – С. 2-3.
8. Єжов В.І. Архітектура громадських будівель масового будівництва: Монографія. - М.: Будвидав, 1983
9. Єжов В. І. Архітектурно-конструктивні системи суспільних Сучасний стан, пошук, перспективи. - К., 1981.
10. Єфімов А.В. Архітектурно-дизайнерське проектування. Спеціальне устаткування інтер'єру. / А.В. Єфімов. - М.: Архитектура-С, 2008.
11. Чому робочий простір важливий для успіху працівника | Посилання на джерело: <https://a-office.com.ua/uk/blog/why-workspace-is-so-essential-to-employees-success/>

**Оленюк Анастасія Павлівна** — студентка групи БМ-206, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com)

**Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Науковий керівник: **Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

**Oleniuk Anastasia P.**, student of BM-20b group, Faculty of Heat and Power Engineering and Gas Supply Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com)

**Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Supervisor: **Kovalskiy Viktor P.** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*У сучасному світі технологічний прогрес та інновації в термомодернізації відіграють ключову роль у покращенні якості життя та зменшенні негативного впливу на довкілля. Це дослідження аналізує та вивчає сучасні технології та інновації у галузі термомодернізації для забезпечення ефективності, комфорту та енергоефективності в будівництві. Зростання свідомості щодо змін клімату та енергетичних витрат підкреслює актуальність використання передових технологій, особливо в контексті оптимізації систем опалення, вентиляції та кондиціонування забудови.*

### **Ключові слова**

*Технології, інновації, термомодернізація, енергоефективність, будівництво, енергозбереження, клімат, комфорт, енергетичні витрати.*

### **Abstract**

*In the modern world, technological progress and innovations play a crucial role in improving the quality of life and reducing the negative impact on the environment through thermal modernization. This research analyzes and explores contemporary technologies and innovations in the field of thermal modernization to ensure efficiency, comfort, and energy efficiency in construction. The growing awareness of climate change and energy consumption underscores the relevance of utilizing advanced technologies, especially in optimizing heating, ventilation, and air conditioning systems in buildings.*

### **Keywords**

*Technologies, innovations, thermal modernization, energy efficiency, construction, energy conservation, climate, comfort, energy consumption.*

### **Вступ**

У сучасному світі технологічний прогрес та інновації в термомодернізації відіграють вирішальну роль у покращенні якості життя та зменшенні негативного впливу на довкілля. Досягнення ефективності та комфорту в цьому контексті є важливим завданням, адже залежність від енергії та збільшення енергоефективності стають ключовими аспектами сучасного будівництва.

**Метою роботи:** Мета цього дослідження полягає в аналізі та вивченні сучасних технологій та інновацій у галузі термомодернізації з метою забезпечення ефективності, комфорту та енергоефективності в будівництві.

### **Актуальність дослідження**

Зростання свідомості щодо змін клімату та енергетичних витрат підкреслює актуальність використання передових технологій для оптимізації систем опалення, вентиляції та кондиціонування забудови. Законодавчі та нормативні зміни, спрямовані на підвищення енергоефективності будівель, вимагають досліджень та інноваційних рішень для впровадження.

### **Результати дослідження**

Результати дослідження показали, що за останні роки Україна зробила кілька важливих кроків у прийнятті законодавства і норм відповідно сучасних вимог до будівництва енергоефективних будівель, включаючи житлові будинки. Прийнято велику кількість державних стандартів за різними напрямками (енергозбереження, нормування витрат, енергетичного маркування, енергоаудиту, енергоменеджменту, вторинних енергоресурсів і тому подібне [1].

В сьогоденних умовах існуючий житловий фонд в Україні є одним з потенційних інвестиційно-

привабливих проектів з енергозбереження. Серед основних галузей економіки витрати енергоресурсів на житлово-комунальне господарство складають до 40 % у структурі загальнодержавних обсягів енергоспоживання. Зважаючи на те, що нормативна база по енергозбереженню будівель постійно змінюється і також збільшуються норми щодо термічного опору огорожувальних конструкцій будівель, потенціал енергозбереження в житловій сфері залишається величезним [2].

Для сучасних умов експлуатації об'єктів житлового фонду одночасно з підвищення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі актуальною є проблема зменшення рівнів електромагнітного забруднення приміщень. Бурхливий розвиток комп'ютерних і радіоелектронних технологій, як наслідок зростання технічного прогресу в економічно-розвинених країнах, породжує нові вид джерела генерування електромагнітних впливів на навколишнє середовище. Зокрема, потенційну небезпеку для людини можуть представляти радіотелефонні і телекомунікаційні системи зв'язку, які інтенсивно розвиваються [1].

Удосконалення форм і методів управління, модернізація організаційних структур – характерний процес сучасного розвитку економіки. Основними напрямками реструктуризації будівельного комплексу нашої держави є трансформація монополізованих організаційних форм управління, а також забезпечення інтеграції будівельної діяльності на основі інноваційних технологій, методів управління та залучення для співпраці сучасних галузей економіки. Проект енергозбереження – це система обумовлених його межами цілей з економії паливно-енергетичних ресурсів, створюваних або модернізованих для їхньої реалізації фізичних об'єктів, технологічних прийомів, організаційної та технологічної документації, трудових й матеріальних ресурсів, а також управлінських рішень та заходів щодо їхньої реалізації. Реалізація проекту енергозбереження здійснюється при взаємодії всіх учасників кожного його із етапів (життєвих циклів проекту) [3].

#### **Учасниками проекту є:**

- державні органи;
- замовник як майбутній власник;
- організація, що фінансує проект, та підрядчики (проектні, будівельні та інші організації).

Координація дій з реалізації кожної із фаз проекту здійснюється шляхом управління.

Запорука енергоефективності - термомодернізація будинків та підприємств. Це один з найкращих способів заощадити - застосувати інноваційні технології на етапі проектування будівель (комерційних та житлових комплексів, таунхаусів), а також вже існуючих об'єктів. Під час експлуатації можна зменшити витрати енерго- та теплоспоживання, а також у холодний сезон мінімізувати витік тепла з приміщення.

#### **Це досягається завдяки таким аспектам як:**

- На першому етапі - огляд та енергоаудит будівельної споруди з урахуванням її характеристик;
- Створюється проект, розраховуються всі деталі модернізації;
- Після цього здійснюється виконання будівельно-монтажних робіт, щоб досягти повну реалізацію згідно плану.

Середньостатистичні втрати тепла будівлі можемо проглянути на рис. 1.

Найпоширеніший і доступний спосіб - це утеплення стін, даху, перекриттів. Також важливою складовою, що запобігатиме втраті тепла зимою - заміна та монтаж вікон й балконів, встановлення склопакетів, налаштування гідроізоляції, утеплення трубопроводів, оздоблення опалювальних приладів. Вибір матеріалу, його типу та товщини, коректне проведення усіх розрахунків дозволить вам під час експлуатації приміщення заощаджувати, насолоджуючись теплом і затишком [4].

Цим поняттям позначають комплекс робіт з технічного переоснащення будівлі, мета якого полягає в зменшенні споживання енергії при забезпеченні достатнього комфорту. Термомодернізація дозволяє зменшити комунальні платежі (на 30-80%), суттєво осучаснити зовнішній вигляд будівлі та підвищити якість повсякденного перебування [5].

Сучасні теплоізоляційні матеріали високої якості дозволяють знижувати витрати опалювальних ресурсів взимку, а влітку – електричних на охолодження. Утеплення фасаду збільшує термін експлуатації будівлі, так як захищає його від перепаду температури і впливів атмосферних опадів. Після проведення модернізації, об'єкт набуває єдиний композиційно-естетний вигляд [6].

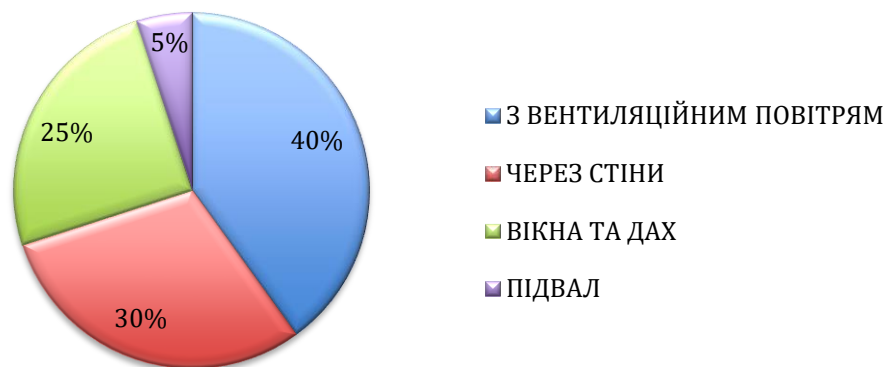


Рис. 1 Середньостатистичні втрати тепла будівлі

Один з якісних постачальників енергозберігаючих матеріалів є компанія «Хенкель Баутехнік (Україна)». Вона одна з перших компаній в Україні, яка підтримала курс теплової модернізації нашої країни. Продуктовий портфель налічує декілька систем утеплення для різних цілей і завдань. Кожна система має свою перевагу або унікальну технологію, наприклад преміальні системи Ceresit Aquastatic або Self Clean мають технологію Double Dry, яка дозволяє довше зберігати фасад чистим від бруду і, відповідно, подовжуючи термін експлуатації фасаду. Також, є система утеплення Ceresit Express, перевага якої, в більш швидкої інсталяції – термін інсталяції на 5 днів швидше, ніж звичайна система [7].

#### Перспективи подальших досліджень

- Інтеграція сонячних технологій:** Дослідження може бути розширене для вивчення можливостей інтеграції сонячних технологій у будівельний процес для додаткового зменшення енергоспоживання та вартості.
- Розвиток "розумних" систем:** Дослідження в галузі автоматизованих та "розумних" систем управління енергоефективністю будівель, які можуть адаптуватися до змін у погоді та використовувати дані для оптимізації витрат.
- Екологічні аспекти матеріалів:** Поглиблене вивчення екологічних характеристик будівельних матеріалів і їх впливу на сталість та енергоефективність будівель.
- Соціальні виміри комфорту:** Дослідження в області впливу енергоефективних технологій на комфорт та якість життя мешканців.
- Інновації в системах опалення та кондиціонування:** Розробка та впровадження нових технологій у системи опалення та кондиціонування для підвищення ефективності та зменшення впливу на довкілля.

#### Висновки

- Відзначаючи результати дослідження, можна визнати, що технології та інновації в термомодернізації будівель грають важливу роль у забезпеченні енергоефективності та комфорту.
- Заходи, прийняті в Україні для підвищення енергоефективності будівель, є кроком вперед, але є потреба в подальших дослідженнях та інноваціях для досягнення більш високих стандартів. Заходи з термомодернізації виявилися ефективними, особливо в умовах зростання свідомості про енергозбереження та зміни клімату.
- Результати показують, що такі заходи можуть значно зменшити витрати енергії та підвищити комфорт в будівлях. Загалом, важливо продовжувати дослідження у цій галузі для пошуку нових технологій та підходів, які сприятимуть сталому розвитку та забезпечать зменшення впливу на довкілля, збільшення енергоефективності та покращення якості життя.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Підпригора Д.А. / ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ [Текст] / Д. А. Підпригора // Вінницький національний технічний університет. Посилання на джерело: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/36153/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%20%D0%9F%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Сулима, П. В. Лемешев М. С / Композиційний радіозахисний матеріал на основі безклінкерного в'язучого. // Вінницький національний технічний університет, 2013 р.
3. Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ ПРОЕКТАМИ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк // Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009 р.
4. Valerij Urenev, Dmytro Vakhtin / ДОСВІД ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАСНОСТІ В УКРАЇНІ // Одеської державної академії будівництва архітектури, 2020 р.
5. Термомодернізація закладів освіти | Посилання на джерело: <https://osvita.ua/school/termo/>
6. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ / Посилання на джерело: <HTTPS://RIOLA.COM.UA/UK/DIYALNIST/TERMOMODERNIZATSIYA-BUDIVEL/> | RIOLA CONSTRUCTION GROUP
7. Інноваційні рішення Henkel у термомодернізації будівель та споруд. | Посилання на джерело: <https://wt.com.ua/biblioteka/stati/784-innovatsijni-rishennya-henkel-u-termomodernizatsiji-budivel-ta-sporud.html> 2009 р.

**Оленюк Анастасія Павлівна** — студентка групи БМ-20б, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com)

Науковий керівник: **Очеретний Володимир Петрович** — к.т.н, доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури" Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua)

**Oleniuk Anastasia Pavlivna**, student of BM-20b group, Faculty of Heat and Power Engineering and Gas Supply Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com)

Scientific adviser: **Ocheretny Volodymyr Petrovych** - Ph.D., associate professor of the department. "Urban Planning and Architecture" Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua)

# АЕРАЦІЙНИЙ РЕЖИМ В СИСТЕМІ МІСТОБУДІВНОГО ПЛАНУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*В сучасному міському середовищі все частіше погіршення здоров'я мешканців сигналізують про вплив небезпечних факторів, які або були погано вивчені, або не враховувались зовсім в містобудівному проектуванні. Наявність цих факторів вказує про несприятливі умови для життя і здоров'я населення. Одним з важливих факторів є фактор врахування аераційного режиму міста.*

**Ключові слова:** містобудівне планування, територія, аерація.

## Abstract

*In the modern urban environment, the deterioration of the health of residents increasingly signals the influence of dangerous factors that were either poorly studied or were not taken into account at all in urban planning. The presence of these factors indicates unfavorable conditions for the life and health of the population. One of the important factors is the factor of taking into account the aeration regime of the city.*

**Keywords:** urban planning, territory, aeration.

## Вступ

Очевидним є неминучість процесу трансформації повітряного потоку при впливі його з природним, антропогенним і техногенним ландшафтом. Всі ці фактори і їх зміни характеризують аераційний режим міста.

## Результати дослідження

Для ефективного прогнозування аераційного режиму на території населеного пункту, що реконструюється або проектується, необхідно вирішити задачу ретельного вивчення процесів аерації території.

В сучасних умовах склалась чітка система стадій і позастадійних робіт з проектування населених пунктів. Необхідно виділити стадії, на яких необхідно врахувати аераційний режим. Ці стадії умовно можна поділити на чотири групи: стадії, що передують розробці генплану міста; розробка генерального плану міста; прийняття правил землекористування і забудови, проект планування території; складання містобудівного плану земельної ділянки.

На стадії схеми територіального планування муніципального району виконується перший етап розрахунків аераційного режиму місцевості та складання карт аераційного режиму:

- генералізацію рельєфу місцевості;
- розбивку території на ділянки по висоті;
- побудова аераційних карт місцевості і локальних роз вітрів.

Мета першого етапу розрахунків аераційного режиму виявити ділянки найбільш сприятливі з точки зору вітрового режиму для розміщення населених пунктів.

На другому етапі розрахунку аераційного режиму території виконується розробка генерального плану. Даний етап виконується з метою уточнення функціонального зонування території і розробка положень генплану на основі врахування аераційного режиму.

Третій групі містобудівних проектів відповідає відповідно третій етап розрахунку аерації населених пунктів. Його задача полягає в тому, щоб виконати розрахунки аераційного режиму на



території забудови в зоні перебування людини в залежності від геометричних параметрів та взаємодію розташування будівель.

До четвертої стадії проектування відноситься четвертий етап розрахунку аераційного режиму, в якому враховується вплив на нього благоустрою. Мета розрахунку на цьому етапі заключається в корекції цього режиму засобами благоустрою.

### Висновки

Отже, розглянута методика дозволяє більш повно враховувати вітрові характеристики для вирішення ряду задач містобудівного проектування. А застосування цієї методики суттєво підвищує екологічне обґрунтування містобудівних рішень, що в свою чергу впливає на створення сприятливих умов для життя населення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546) [URL:http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12)
2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [URL:http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12)
3. Планування і благоустрій міст : навч. посібник. для студентів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0921 (6.060101) – «Будівництво» / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черноносова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. : ХНАМГ, 2011. 191 с.

**Якименко Євгеній Павлович** — аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. email: [HimYakim@i.ua](mailto:HimYakim@i.ua)

**Кучеренко Лілія Василівна** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

**Eugene Yakimenko** — postgraduate professor of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [HimYakim@i.ua](mailto:HimYakim@i.ua)

**Kucherenko Liliya** — PhD, Associate professor of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com).

## ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО СКЛАЛОСЬ

Вінницький національний технічний університет<sup>1</sup>  
Одеська державна академія будівництва та архітектури<sup>2</sup>

### *Анотація*

Досліджуються питання стійкого розвитку функціонування і розвитку міста, як великої системи. Розглядаються фактори та умови забезпечення стійкого функціонування міста в сучасних умовах. Виявлені проблеми, що обмежують стійкий розвиток.

*Ключові слова:* система управління, стійкий розвиток, місто.

### *Abstract*

*The issues of sustainable development of the functioning and development of the city as a large system are studied. Factors and conditions for ensuring sustainable functioning of the city in modern conditions are considered. Problems limiting sustainable development have been identified.*

*Keywords:* management system, sustainable development, city.

### **Вступ**

Для того, щоб міста безперервно розвивались необхідно покращення якісних та зміна кількісних характеристик міського середовища у відповідності з цільовими потребами. Функціонування міста слід зоглядати як подвійний процес. По-перше, це використання корисних властивостей елементів міського середовища, а по-друге, це підтримка на необхідному рівні експлуатаційних параметрів цих елементів. Звідси сталий розвиток міста є безперервним у часі та просторі процесом удосконалення усіх елементів життєдіяльності міста, зокрема його інфраструктури.

### **Результат дослідження**

Якісне покращення сформованої міської інфраструктури відображає одночасно напрямки розвитку та покращення функціонування міської системи. Сучасне місто відіграє важливу роль у розвитку національної економіки. Міста вимагають управління їх розвитком, включаючи планування просторової структури. На додаток до просторових проблем розвитку міст та міських поселень виникають та вимагають вирішення проблем, пов'язаних з ринковими факторами, що впливають на розвиток міста, моделями міського землекористування. Бюджетною політикою міст та їх екологічної безпеки. Розвиток міста не може характеризуватись якимось одним показником. при цьому пошук системи показників, що адекватно описують функціонування та розвиток міста, є складним завданням. Також показники економічної ефективності не можуть бути єдиними критеріями розвитку міста. Беручи до уваги існуючі проблеми, що обмежують управління розвитком міст, можна запропонувати систему, що включає такі елементи, що визначають управління стійким розвитком міст:

- принципи, які слід розглядати як важливий аспект сталого розвитку та управління міським господарством, необхідний для перетворення міста на зручне та приємне місце для роботи, проживання та відвідування;
- процеси переговорів та формування різних концепцій у галузі управління та контролю за здійсненням діяльності з перетворення міських міст на гармонійно розвинене довкілля;
- політика задоволення міських потреб з урахуванням місцевих традицій у світлі правових аспектів національного та європейського законодавства;

- плани, що визначають роль та інтеграцію просторового та міського планування;
- програми для досягнення узгоджених цілей залучення до міст інвестицій.

Крім того, для аналізу факторів функціонування та розвитку необхідною умовою є наявність інформаційно - нормативної бази та інформативного моніторингу.

### Висновки

Можна зробити висновок, що проблеми управління стійким функціонуванням та розвитком міст є нині актуальними і водночас недостатньо дослідженими. На наш погляд, міська політика повинна включати систему принципів сталого розвитку міста та контроль за їх виконанням, політику, програми та плани розвитку міст, так само методи та механізми ефективного їх функціонування та розвитку

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дідик В.В. Планування міст / В.В. Дідик, А.П. Павлів. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 412 с.
2. Гавриляк А.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: навчальний посібник / А.І. Гавриляк, І.Б. Базарник, Р.І. Кінаш. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2006. - 540 с

**Денисенко Владислав Олександрович** — аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. email: [Vladden94@gmail.com](mailto:Vladden94@gmail.com)

**Кучеренко Лілія Василівна** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com)

**Бабій Ігор Миколайович** — к.т.н., доцент кафедри технології будівельного виробництва. Одеської державної академію будівництва і архітектури. email: [igor7617@gmail.com](mailto:igor7617@gmail.com)

**Vladislav Denisenko** — postgraduate professor of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [Vladden94@gmail.com](mailto:Vladden94@gmail.com)

**Kucherenko Liliya** — PhD, Associate professor of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: [liliya13liliya13@gmail.com](mailto:liliya13liliya13@gmail.com).

**Ihor Babii** – PhD, Associate professor of the Department of Technology of Building Production of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

**В. В. Смоляк– к. арх., Видмиш А.О.**

## **ОСОБЛИВОСТІ НАРОДНОГО ЖИТЛА ПІВДЕННО-СХІДНОГО ПОДІЛЛЯ**

*Духовне відродження України неможливе без збереження пам'яток народної архітектури. Сільське житло є частиною матеріальної та духовної культури, яке втілює в собі побут та культуру українського народу. Досліджено особливості сільського житла сіл південно-східних районів Вінницької області. Виявлено характер планування, об'ємно-просторова структура сільського житла, оздоблення, єдність з оточуючим середовищем старих та сучасних домівок цього регіону.*

Важливим завданням духовного відродження нашої держави є проблема збереження національної історико-культурної спадщини України. Сюди слід віднести реставрацію пам'яток традиційної народної архітектури, що втілює в собі багатовіковий досвід, побут та матеріальну культуру українського народу. Недооцінка ролі архітектурних надбань народу, обмеження досліджень, наукових та популярних праць з питань охорони та реставрації традиційних споруд села негативно позначилися на збереженні пам'яток народного зодчества і, відповідно, на якості сучасної забудови. Існуючі публікації, свідчать, що найменш дослідженими є питання архітектурно - мистецького вирішення народного житла [1, 2]. Як результат відсутнє досить повне уявлення про багатство та різноманітність народних мистецьких засобів та архітектурних прийомів.

Народна архітектура створювалась на протязі віків шляхом постійного вдосконалення прийомів та форм, що відповідали умовам життя, побуту, та усталеним мистецьким уподобанням народу. Досвід будівництва передавався з покоління в покоління. За цей час покращувалась мистецька майстерність, покращувалися професійні прийоми та навички народних зодчих, відшліфовувались архітектурно-будівельні та декоративно-мистецькі традиції [3].

Народна архітектурна творчість найбільш яскраво проявляється в сільському житлі, особливістю якого є органічна єдність та взаємообумовленість функціональних та технічних вимог та мистецької форми. Ці фактори знаходять своє відображення в мистецькому змісті сільського житла, в його плануванні та конструктивному вирішенні [4]. Поняття «народне зодчество» охоплює житлові, господарські, виробничі, культові споруди, створені руками і талантом невідомих нам майстрів, що застосовували в своїй творчості народні архітектурно-будівельні традиції.

На відміну від професійної, народна архітектура відрізняється колективним досвідом, який з часом набуває значень традиції. Відчуття народними зодчими виразних та конструктивних властивостей дерева, каменю, глини та інших місцевих матеріалів дозволило їм простими засобами творити довершені зразки архітектури [5].

Для вивчення народного зодчества східного Поділля в XIX та XX ст. були залучені численні публікації та дослідження, зокрема вивчалися праці В. Самойловича, Т. Космини, П. Юрченка, М. Холостенка, Л. Прибєги, М. Топоркова, О. Пламеницької, та інших вчених-етнографів, архітекторів та мистецтвознавців. Нашими зусиллями також були проведені численні дослідження в південній частині Вінницької області.

Відповідно до класифікації, розробленої В.Самойловичем, Вінницька область відноситься до східно-подільського архітектурно-етнографічного регіону. При цьому були підкреслені такі ознаки, як особливості планування, характер декору житла, поліхромність його розписів, пластичну обробку солом'яних дахів, застосування будівельних матеріалів та конструкцій.

Такі південні райони Вінницької області як Мог.-Подільський, Піщанський, Томашпільський, Ямпільський та Муровано-Куриловецький межують з Молдавією та Чернівецькою областями. Природно-географічні умови цього регіону вирізняються нормальними умовами для ведення сільського господарства. Рельєф території району сприятливий для

землеробства, має рівнинний характер, що межує місцями з пересіченим рельєфом.



Рис. 1 Характерний ландшафт та забудова сіл південних районів Вінницької області

Сільське житло завжди було не лише одним з основних компонентів матеріальної культури, але й органічно входило в сферу духовної культури, по праву являючись одним з найважливіших її елементів. Через житло, його організацію, символіку селянин не тільки перетворював, але й пізнавав світ, віддзеркалюючи його реалії та закономірності у композиційній взаємодії архітектурних форм та декоративних деталей. В багатьох селах півдня східного поділля знаходимо на фасадах житла стилізовані зображення тваринного та рослинного змісту (рис. 2).





Рис. 2 Символіка тваринного та рослинного характеру на фасадах будівель.

Мистецьке трактування житлових будівель свідчить про яскраве художнє обдарування та великі духовні надбання народних будівничих в осмисленні й вирішенні просторового середовища. Адже загальне мистецьке упорядкування садиби впливає і на духовний стан її господарів. На рис. 3 бачимо сучасне народне житло цього регіону, мистецьке трактування фасаду якого, благоустрій та малі архітектурні форми витримано в одному естетичному ключі.

Дуже важливим елементом народних звичаїв був вибір місця для нової хати. Повинні були дотримуватися вимоги, що в майбутньому створили б оптимальні умови для функціонування хати та господарських споруд. При вирішенні цього питання брали до уваги багато чинників: віддаленість житла від вулиці, рельєф садиби, розташування хати щодо сторін світу тощо. Для нового житла намагались знайти таке місце, яке мало задовольнити низку вимог, зокрема: щоб це місце було, по можливості, на цілині, де земля «спокійна»; на горбку, де немає вологи; де не ростуть дерева; там, де ранком не буває роси; де є зручний під'їзд; вхід до хати повинен бути із південного боку тощо. Потрібно зауважити, що заборон при цьому було значно більше. Так, не можна було будувати нову хату за розмірами меншу від старої; на місці, де часто хворіли; де були сварки та розлучення; де раніше була церква або інше святе місце; на стежках, дорогах та корчах тощо. За нашими дослідженнями встановлено, що цих вимог в селі дотримуються і по цей час.



Рис. 3 Мистецьке трактування сучасної садиби в одному з сіл Мог.- Подільського р-ну.

При усьому розмаїтті сільських населених місць, варіантів організації забудови та типів житлових будинків основним та визначальним був принцип гармонійного єднання житла з довкіллям. Селянські хати органічно вписувались в природне оточення, композиційно доповнюючи природне середовище. Старі подільські села завжди були мальовничим доповненням до живописних краєвидів східного Поділля (рис.4).

Слід відзначити будівництво житла в селах з крутим та неспокійним рельєфом. В регіоні є такі місця. Збудовані на крутому рельєфі сільські хати вирізняються своєрідними прийомами використання території за рахунок створення цокольного поверху, в якому розміщується частина господарських приміщень і вивільняється дворова частина садиби, а також наявністю площадок та терас .





Рис. 4 Єдність сільського житла та довкілля.



Рис. 5 Поєднання житла з неспокійним рельєфом

В багатьох селах півдня Вінницької обл. – до цих пір збереглися деяка кількість старих хат, що мають солом'яну стріху, каркасно-вальковану конструкцію стін, будівництво яких віднесено до перших років колективізації. Одна з таких будівель зображена на рис. 6. Ця хата має характерне для східного Поділля планувальне вирішення – трикамерну

структуру. Архітектурний образ такого житла цілком відповідає уявленню про подільську хату того періоду – раціональне планування, конструкції з дешевих, але практичних місцевих матеріалів, невеликі, без оздоблення вікна, традиційний для східного Поділля спосіб «пошиття» стріхи, зважені пропорції даху та стін та ін. Такі хати мають багато спільного, але існують і відмінності, що залежать від традицій, що панують в тій, чи іншій місцевості. Завдання етнографів, архітекторів – дослідити, зафіксувати і зберегти дані про планувальні, конструктивні та мистецькі особливості таких реліктових будівель, які були колискою наших пращурів.



Рис. 6. Характерна старовинна сільська хата в селі Яруга Мог.-Подільського району

Масовий розвиток сучасного житлового будівництва в селах південної частини Вінницької області характеризується новими підходами до об'ємно-планувальних вирішень, використанням сучасних будівельних матеріалів, якісним оздобленням та багатьма іншими ознаками.

Найголовнішою ознакою, що лежить в основі класифікації житла є його планувальна структура. Решта ознак, таких як будівельний матеріал, та конструкції, форма даху, оздоблення тощо є похідними або додатковими. Досліджено, що планувальна структура житла тісно пов'язана з багатьма

факторами, основними з яких є соціально-економічні, природно-кліматичні, побутові, демографічні та історичні.

Характерною рисою народного житла є раціональність та лаконічність об'ємно-планувального вирішення. Це обумовлюється перш за все простотою конфігурації будинку та широким використанням місцевих будівельних матеріалів, що вимагають найбільш простих конструктивних прийомів та архітектурних форм.

На рис. 7 зображено житловий будинок в селі Серебря, збудований порівняно недавно. В плануванні будівлі відмітимо раціональність, що закладена в багатьох сучасних будівлях села. Відмітимо наявність веранди, сіней, та тамбура, які є вхідною групою приміщень. Будівля має два зручних входи.



Рис.7 Сучасна житлова будівля в селі Серебря.

Селянське житло Поділля завжди втілювало в собі кращі надбання українського народу. В ньому органічно поєднувалися раціональне планування, досконале об'ємно-просторове вирішення, довершена мистецьке трактування. Ці складові стали довершеними лише завдячуючи збереженню народних традицій, що бережливо передавалися з покоління в покоління.

Простота, стриманість, лаконічність об'ємно-просторової композиції житлового будинку та мальовничість вирішення його фасадів, що визначає великою мірою архітектурно-мистецький вигляд народного житла, обумовлюється планувальними та конструктивними міркуваннями. В архітектурному вирішенні народного подільського житла виявляється лейтмотив, що впливає на створення довершеного мистецького образу житла.

### **Висновки**

Розвиток традиційного народного житла південно-східної частини Поділля є яскравим прикладом нерозривного зв'язку сільського зодчества цієї території з народною архітектурою України. Дослідження показали нерозривний зв'язок планувальних, конструктивних, мистецьких та інших характерних ознак притаманних Поділлю з народною архітектурою інших регіонів нашої держави. Разом з тим існують особливості подільської архітектури, що пов'язані з традиціями які склалися на нашій території.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Смоляк В.В. Єдність утилітарних, конструктивних і естетичних факторів у народному зодчестві Поділля (кінець XIX – перша половина XX ст.) // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Наук.-техн. зб. – вип. № 10. – Київ, КНУБА, 2002.
2. Самойлович В. П. Українське народне житло: Кінець XIX – початок XX ст. / В. П. Самойлович – К., 1972. – 24 іл., 32 с.
3. Самойлович В. П. Українське селянське житло та господарчі будівлі // Нариси історії архітектури Української РСР. – К.: Держбудвидав УРСР, 1957.
4. Космина Т.В. Локальні особливості народного житла південних районів Поділля // НТЕ. – 1973. - №4. – С. 24-31.
5. Космина Т.В. Сільське житло Поділля: Кінець XIX – XX ст.: Історико-етнографічне дослідження. – К., 1980. – 190 с.

*Смоляк Володимир Вікторович* – доц. кафедри архітектури та містобудування Хмельницького Національного Університету.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ У БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проведений аналітичний аналіз використання промислових відходів для виробництва будівельних виробів. Встановлено, що використання золи-винос у технології виробництва будівельних матеріалів покращує фізико-механічні властивості будівельних виробів.*

**Ключові слова:** відходи виробництва, будівельні матеріали, екологія.

### *Abstract*

*Conducted analytical analysis of the use of industrial waste for the production of construction products. It was established that the use of fly ash in the technology of building materials production improves the physical and technical properties of building products.*

**Keywords:** waste products, building materials, ecology.

### **Вступ**

Згідно з останніми даними екологів, Україна лідирує в Європі за кількістю відходів. Показники утворення й нагромадження відходів в Україні свідчать про загрозливу екологічну ситуацію в державі. За даними Міністерство екології та природних ресурсів України в нашій державі нагромаджено близько 35-36 млрд. тонн відходів, які займають 7% території, а це більш 50 тис. т/км<sup>2</sup> заваленні сміттям [1-2]. З цих 35 млрд. тонн близько 2,6 млрд. тонн є високотоксичними відходами. Варто відзначити, що площа звалищ в нашій країні перевищує площу природних заповідників (7% проти 4,5%). Щороку в країні створюється 12 тисяч незаконних сміттєзвалищ, оскільки полігонів для сміття недостатньо [3-4]. Більшість існуючих полігонів уже вичерпали свій ресурс, а сміттєві звалища стали фактором антропогенного навантаження на навколишнє середовище. На кожного Українця зараз приходиться більш як 750 тонн відходів. Щорічно утворюється від 670 до 770 млн. тонн, або 15-17 тонн відходів на душу населення

Одним із перспективних напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу є використання багатотоннажних твердих побутових (ТПВ) та промислових відходів в технології виробництва будівельних матеріалів. Переробка і застосування таких відходів вигідна як з економічної, так і екологічної точки зору, адже одночасно відбувається звільнення значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих техногенних відходів і зниження витрат на їх формування та утримання [5-6].

### **Основна частина**

Наукові дослідження, які проводяться у ВНТУ спрямовані на комплексну переробку фосфогіпсових відходів, золи-винос, металевих шлаків та твердих побутових відходів Метою даних досліджень є розробка нової безвідходної технології переробки промислових відходів з подальшим отриманням нового різновиду комплексного золоцементного, металофосватного та металозолофосфатного в'язучого. Паралельно проводяться дослідження з переробки твердих побутових відходів, з подальшим одержанням біопалива, органічних добрив та полімербетонів .

Вивчення та дослідження технологій переробки фосфогіпсових, залізовміщуючих дисперсних відходів та золи виносення відноситься до вирішення важливих народногосподарських завдань. Для України проблема переробки таких шкідливих відходів є

актуальною у зв'язку із загостренням екологічної ситуації для окремих її регіонів. У Вінницькій області на території колишнього ВО "Хімпром" накопичено близько 800 тис. тон шкідливих хімічних відходів - фосфогіпсів. Другим шкідливим продуктом виробничої діяльності регіону є накопичення зола-шлакових відходів на Ладизинській ТЕС і теперішня їх кількість дорівнює біля 20661 тис. тон. На підприємствах металообробних виробництв регіону накопичено близько 300 тис тон дисперсних металевих відходів – металеві шлами [7-8].

Перепорою для повномасштабного використання техногенних промислових відходів в галузі будівельних матеріалів є наявність у їх складі природних радіонуклідів. За результатами проведених аналітичних досліджень встановлено, що сумарна питома активність для фосфогіпсу складає 56,9 Бк/кг, золи-винос – 284 Бк/кг, червоного шламу – 450 Бк/кг [9]. Тому можна стверджувати, що використання таких відходів у виробництві будівельних виробів можливе без всяких обмежень.

Аналіз наукових досліджень і практичний досвід використання золи-винос, вказує на економічну доцільність використання відходів ТЕС при виробництві цементу та інших будівельних матеріалів [10]. Основні складові золи-винос -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  перебувають переважно у вигляді скловидних фаз, тому їх можна вважати інертними компонентами. Кількість  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  суттєво впливає на основні фізико-хімічні властивості золи виносу. В таблиці 1 приведено хімічний склад золи винос.

Таблиця 1

**Хімічний склад золи-винос**

Вміст оксидів	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$	П.П.
Золошлаки Ладизинської ТЕС	49,26	23,00	19,35	3,53	1,79	2,11	0,40	0,10	1,40
Золи-винос Ладизинської ТЕС	52,1	23,1	15,6	3,16	1,08	0,4	1,2	0,57	0,7
Золи-винос США	34-48	17-31	6-26	1-10	0,5-2	(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) в перерахунку на Na <sub>2</sub> O не має перевищувати 1,5 %		0,2-4	1,5-2

Однією з негативних характеристик зольних відходів з різних регіонів країни є широкий спектр коливання кількості її хімічних складових. На сьогодні це є також однією із практичних перешкод, які ускладнюють широке використання золи-виносу у виробництві будівельних матеріалів. Хоча варто відмітити, що інтервалам зміни складу більшості зол (як України, так і світі) характерна якісна схожість (див. табл. 1). Цей висновок дозволяє синтезувати і використовувати наукові здобутки інших вчених для розв'язання важливих наукових завдань.

В роботах [11-12] авторами встановлено, що активність золи зростає із збільшенням вмісту  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Руйнування скловидної оболонки відкриває доступ до реакційно здатних складових компонентів, проявляється найважливіша її властивість – здатність реагувати з гідроксидом кальцію  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який виділяється при гідратації цементу.

Авторами в роботах [13-14] встановлено, що заміщуючи частину цементу золою-винос, призводить до зниження водопотреби бетонної суміші. Використання золи, як активного мінерального компоненту, сприяє підвищенню хімічної стійкості цементних бетонів. Помірний вміст золи в суміші підвищує водонепроникність бетону, що обумовлено гідравлічними властивостями золи, поліпшенням гранулометричного складу бетонної суміші і зменшенням пористості бетону.

### Висновки

В результаті проведених аналітичних досліджень можна стверджувати, що використання золи-винос у технологіях виробництва будівельних матеріалів, сприяє покращенню фізико-

хімічних та реологічних властивостей бетонної суміші.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kornylo, I., O. Gnyr, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
2. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsiannykova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
3. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
4. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
5. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
6. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
7. Wujcik, Waldemar, and Maigorzata Pawiowska, eds. Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals. Routledge, 2021.
8. Сердюк, В. Р., et al. "Пути использования дисперсных металлических шламов." (2004).
9. Лемішко, К. К. Особливості використання техногенних відходів в промисловості будівельних матеріалів. Академія технічних наук України, 2019
10. Стаднійчук, М. Ю. "Использование промышленных отходов в строительной отрасли." International Science Group, 2021
11. Черпаха, Д. В. Використання промислових техногенних відходів Вінниччини для виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2019.
12. Лемешев М.С., Сівак К.К., Стаднійчук М.Ю. Особливості використання промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2020. № 2. С. 24-34.
13. Сердюк, В. Р. "Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
14. Лемешев, М. С., et al. "Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних в'яжучих." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 2: 36-45. (2022).

*Стаднійчук Максим Юрійович, аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [b15.stadnychuk@gmail.com](mailto:b15.stadnychuk@gmail.com)*

*Ковальчук Андрій Леонідович, магістр, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

*Науковий керівник: Лемешев Михайло Степанович, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [mlemeshev@i.ua](mailto:mlemeshev@i.ua)*

*Stadnychuk Maksym, graduate student of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [b15.stadnychuk@gmail.com](mailto:b15.stadnychuk@gmail.com).*

*Kovalchuk Andriy, magister, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

*Supervisor: Lemeshev Mikhail - Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [mlemeshev@i.ua](mailto:mlemeshev@i.ua)*

## ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ СИРОВИННИХ ПРОДУКТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У роботі наведені теоретичні та експериментальні дослідження застосування вторинних сировинних продуктів у технології сухих будівельних сумішей.*

*Обґрунтовано перспективи та можливості виробництва в Україні сухих будівельних сумішей із використанням промислових відходів так як відходи різання вапнякових порід та золи -винесення ТЕС, як заповнювачів і активних наповнювачів.*

*В роботі встановлено властивості контрольних складів полегшений сухих будівельних сумішей залежно від вмісту золи-винесення.*

**Ключові слова:** сухі будівельні суміші, будівництво, вапняк, відходи, зола-винесення, вторинні сировинні продукти, міцність, середня щільність.

### Abstract

*The paper presents theoretical and experimental studies of the use of secondary raw materials in the technology of dry construction mixtures.*

*The prospects and possibilities of production of dry construction mixtures in Ukraine using industrial waste, such as waste from cutting limestone and ash from thermal power plants, as aggregates and active fillers, are substantiated.*

*In the work, the properties of the control compositions of lightweight dry construction mixtures were determined depending on the fly ash content.*

**Key words:** dry construction mixtures, construction, limestone, waste, fly ash, secondary raw materials, strength, average density.

### Вступ та теоретичні передумови досліджень

Основу сучасного ринку сухих сумішей України складають цементні, гіпсові та суміші на основі дорогих полімерних матеріалів. Велика частка цих сумішей чи компонентів для їх виготовлення транспортується з країн ЄС, оскільки наявне виробництво в Україні вимагає використання надмірної кількості в'язучих та хімічних добавок, які виробляються за кордоном. Водночас сировинна база країни багата на природні мінеральні компоненти, що видобуваються відкритим способом, при якому часто утворюється велика кількість дрібнодисперсних побічних продуктів і промислових відходів, які при тривалому зберіганні у відвалах негативно впливають на стан навколишнього середовища на місцевому та національному рівнях. Використання цих матеріалів є економічно вигідним для виробництва сухих будівельних сумішей. Окремого дослідження потребує розробка складів СБС на основі побічних відходів виробництва будівельних матеріалів та матеріалів, які залишаються після демонтажу будівель і споруд.

Сухі будівельні суміші (СБС) – це комплекс компонентів (в'язучих, заповнювачів, наповнювачів і функціональних добавок), виготовлених в заводських умовах, оптимізованих за складом і точно дозованих за рецептурою, призначених для використання при виконанні конкретних видів будівельних і ремонтних робіт [1].

Сучасний ринок сухих будівельних сумішей представлений складами для більшості видів загальних і спеціальних будівельних робіт, таких як кладка, штукатурка, шпаклювання, влаштування підлог і покрівель, облицювання стін і підлоги плиткою, теплоізоляція і гідроізоляція. Сфера застосування цих матеріалів у будівництві з кожним роком розширюється, охоплюючи нові сфери та технологічні процеси [2, 3].

Використання вторинних матеріальних ресурсів, сировини, що втратила свої споживчі характеристики, промислових відходів та подібних матеріалів дозволяє знизити витрати на сухі будівельні суміші. Це зменшує потребу в природній сировині і може знизити витрати на виробництво будівельних матеріалів та виробів на 10-30% [4-6].



Сучасні дослідження і розробки в галузі проектування сухих будівельних сумішей в основному пов'язані з пошуком ресурсо- та енергозберігаючих технологій, що досягається за рахунок зменшення витрат в'язучих і хімічних добавок шляхом часткової їх заміни активними мінеральними добавками, використання промислових відходів як заповнювачів і активних наповнювачів, застосування методів математичного моделювання для підбору сумішей і прогнозування їх властивостей, механо-хімічної активації інертних мінеральних компонентів у складі суміші [2, 5].

### Результати досліджень

Використання відходів карбонатних вапняків для виробництва сухих будівельних сумішей обумовлено низкою об'єктивних факторів, основними з яких є широке розповсюдження природних вапняків, великі запаси некондиційних вапнякових відходів у відвалах, а також високі технічні, екологічні та економічні показники властивостей матеріалів і виробів з вапняків [5, 6].

Правильний вибір основного мінерального складу суміші шляхом додавання дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів і пластифікаторів дозволяє досягти зниження водо-твердого відношення (В/Т), тим самим підвищуючи водоутримуючу здатність розчину.

Використання золи-виносу теплових електростанцій для виробництва СБС дозволяє отримувати низьководомісткі розчини на основі золи-виносу без зміни їх фізико-механічних властивостей [5]. Зола-виносу ТЕС фактично являє собою склоподібні сферичні частинки розміром до 100 мкм [6] і її рухливість збільшується при низькій вологості. Тому розчини та бетони на основі золи-виносу ТЕС з необхідною рухливістю та пластичністю можуть бути отримані без додавання інших пластифікуючих добавок. Використання дрібнодисперсних компонентів, таких як зола-виношення ТЕС, сприяє рівномірному полідисперсному розподілу компонентів в'язучого, що сприяє посиленому процесу гідратації і, таким чином, підвищенню активності в'язучого [7].

Актуальним питанням дослідження є виготовлення штукатурних сухих сумішей для нанесення на стіни із ніздрюватих бетонів, а також складів для їх неавтоклавного виготовлення.

У роботах [4-5, 8-9] показано, що золу-виношення ТЕС доцільно використовувати як активний інгредієнт для розширення властивостей і асортименту відомих будівельних матеріалів та розробки нових, зокрема технології сухих будівельних сумішей. Таким чином, можна оптимізувати склад мінеральних цементних СБС для пористих будівельних розчинів шляхом введення золи-виносу.

Досліджено полегшену суміш з карбонатним вапняком та золою-виношення теплових електростанцій, що характеризується розміром зерен до 0,14 мм. В якості повітровтягуючої добавки вводився піноутворювач 0,6-2,6 % від маси цементу. Зміни властивостей суміші внаслідок використання золи-виносу наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Властивості СБС у залежності від вмісту золи-виношення

Склад суміші, %				В/Т	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск у віці 28 діб, МПа
ПЦ*	П*	ВП*	ЗВ*			
35	25	25	15	0,29	830	5,61
35	0,2	20	20	0,29	870	7,48
35	17,5	17,5	22,5	0,29	905	8,83
35	15	15	25	0,29	960	9,81
35	10	10	30	0,29	1000	11,77

\*ПЦ – портландцемент, М500; П – пісок кварцовий, ВП – відходи дроблення вапняків, фракція 1,25-2,5; В/Т – водотвердне відношення

### Висновки

Встановлено, що оптимальні властивості полегшена суха будівельна суміш буде мати при введенні 22,5-30% золи-виношення ТЕС. Середня густина отриманого із сухої суміші розчину становитиме 955 кг/м<sup>3</sup>, а марка за міцністю – М100.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 42 с.
- [2] В. П. Очеретний, та А. В. Бондар, «Перспективи виробництва і використання поризованих сухих будівельних сумішей», Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві», № 2, с. 36-39, 2011.
- [3] І. Салій, «Ринок будівельних матеріалів України: глобалізація і євроінтеграція». [Електронний ресурс]. Доступно: <https://gazobeton.org/uk/node/633>. Дата звернення: Травень 05, 2019.
- [4] В. П. Ковальський, М. С. Лемешев, В. П. Очеретний, та А. В. Бондар, «Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей», Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, Вип. 26, с. 186-193, 2013.
- [5] В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, та А. В. Бондар, «Використання відходів вапняку та промислових відходів у виробництві сухих будівельних сумішей», Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві», № 1, с. 36-40, 2009.
- [6] D. C. Montgomery, A Samarin, «Adhesion between concrete and treated or untreated flat metal surfaces», in *Bond. Cementious Compos.: Symp., Boston, Mass., Dec/ 2 – 4, 1987*, Pittsbyrgh, 1988, pp. 263–270.
- [7] Л. Й. Дворкін, В. В. Житковський, В. В. Марчук, Ю. О. Степасюк, та М. М. Скрипник, Ефективні технології бетонів із застосуванням техногенної сировини: монографія. Рівне, Україна: НУВГП, 2017.
- [8] Л. О. Кесова, та Г. В. Кравчук «Перспективні заходи утилізації золошламових відходів ТЕС», Науковий збірник «Проблеми загальної енергетики», № 1(52), с. 59-64, 2018.
- [9] В. П. Ковальський, та О. С. Сідлак, «Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах», Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, № 1, с. 35-40, 2014.

**Бондар Альона Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Бондар Олександр Васильович** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: [bondar.sashko@gmail.com](mailto:bondar.sashko@gmail.com)

**Христюк Олександр Володимирович** – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: [khriстыch@vntu.edu.ua](mailto:khriстыch@vntu.edu.ua)

**Bondar Alena V.** – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarav@vntu.edu.ua](mailto:bondarav@vntu.edu.ua)

**Bondar Oleksandr** – graduate student, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,

**Hristych Oleksandr** – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [khriстыch@vntu.edu.ua](mailto:khriстыch@vntu.edu.ua)

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАЛАГОДЖЕНА РОБОТА ТЕПЛОБМІННИКІВ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Теплообмінне обладнання посідає важливе місце в більшості промислових технологічних процесів, особливо в системах теплопостачання. Головними вимогами до вдосконалення теплообмінного обладнання для систем теплопостачання є енергозбереження, зменшення металоемності та габаритних розмірів теплообмінників, підвищення надійності та комфортності теплопостачання. За принципом дії пластинчасті теплообмінники відносять до поверхневих рекуперативних апаратів. В таких пристроях теплота передається від нагрівуючого потоку середовища до потоку середовища, що нагрівається, через тверду стінку, яка їх поділяє. При застосуванні пластинчастих теплообмінників в системах гарячого водопостачання нагрівуючим середовищем є мережна вода закритих систем теплопостачання, а середовищем, що нагрівається, є водопровідна вода. В системах теплопостачання пластинчасті теплообмінники також використовують при незалежному підключенні систем опалення.*

**Ключові слова:** теплопостачання, теплообмінник, енергоефективність

### **Abstract**

*A heat-exchange equipment occupies an important place in most industrial technological processes, especially in the systems heat supply. Main requirements to perfection of heat-exchange equipment for the systems of heat supply are energy-savings, reduction to metal capacity and overall sizes of heat-exchangers, increase of reliability and comfort warm supply. On principle of action plate heat-exchangers attribute to the superficial recuperation vehicles. In such devices a warmth is passed from the steam-disengaging stream of environment to the stream of environment that is heated, through a hard wall that divides them. At application of plate heat-exchangers in the hot water systems a steam-disengaging environment is network water of the closed systems of heat supply, and an environment that is heated is a tapwater. In the systems warm supply plate heat-exchangers also use during independent connection of the systems of heating.*

**Keywords:** heat supply, heat exchanger, energy efficiency

### **Вступ**

Одним з основних елементів будь-якої системи теплопостачання є теплообмінні апарати або просто теплообмінники. У сучасних системах теплопостачання на зміну традиційним кожухотрубним теплообмінникам прийшли, і практично витіснили їх, пластинчасті теплообмінники. Сталося це саме тому, що пластинчасті теплообмінники мають цілий ряд переваг [1, 2]. Незаперечною перевагою пластинчастих теплообмінників є їх значна поверхню нагріву при невеликих габаритах, у порівнянні з традиційними кожухотрубними. Іншими словами, при однаковій тепловій потужності, габарити трубчастого теплообмінника більше ніж пластинчастого. При цій беззастережній перевазі існують ще два непрямі позитивних чинники: мала металоемність, а значить і мала вага теплообмінника, і малі розміри приміщення, необхідного для його установки. Безумовно, більш компактний і легкий пристрій легше змонтувати в порівнянні з більш важким і громіздким. Крім того, вартісні показники так само виявляються на стороні компактного пластинчастого теплообмінника. Тому при термомодернізації існуючого будинку, в тому числі і житлового, питання заміни фізично зношеного та морально застарілого теплообмінного устаткування завжди вирішується за допомогою пластинчастих теплообмінників [3, 4].

Метою дослідження є енергоефективність та налагоджена робота теплообмінників систем теплопостачання.

## Основна частина

Для забезпечення енергоефективної та налагодженої роботи теплообмінників систем теплопостачання необхідно регулярно виконувати контроль та регулювання їх режимів роботи [3].

Для ведення оперативного контролю та регулювання режимів роботи підігрівачі мережевої води комплектуються контрольно-вимірювальними приладами та пристроями автоматичної сигналізації та захисту, які обираються та замовляються проектною організацією. У процесі експлуатації підігрівачів мережевої води обов'язковому контролю з реєстрацією підлягають такі параметри [3]:

- витрата конденсату пари, що гріє, та підігрівачів мережевої води;
- витрата мережевої води на стороні нагнітання мережевих насосів;
- витрата підживлювальної води;
- тиск мережевої води в лінії подачі;
- тиск мережевої води у зворотній лінії;
- тиск підживлювальної води;
- температура мережевої води в лінії подачі;
- температура мережевої води у зворотній лінії;
- температура підживлювальної води;
- витрата питної або технічної води на аварійне підживлення;
- вміст кисню у зворотному трубопроводі теплових мереж,
- кисне вміст конденсату до конденсатних насосів і солевміст в основних і сольових відсіках.

Оперативний контроль за вимірюваннями приладами, що показують передбачений для наступних параметрів [3]:

- тиск та температура мережевої води на вході в кожен мережевий підігрівач та на виході з нього;
- температура та тиск пари на вході в апарат (у трубопроводах підведення пари до підігрівача);
- тиск на сторонах всмоктування та нагнітання кожного насоса мережевої води;
- тиск мережевої води в кожній подавальній магістралі і зворотному трубопроводі;
- температура мережевої води в кожній зворотній магістралі, що підходить до зворотного колектора мережевої води;
- рівень конденсату пари в корпусі і збірнику конденсату;
- температура конденсату на виході з обігрівача мережевої води;
- температура пароповітряної суміші на виході з підігрівача;
- температура підшипників мережевих насосів;
- тиск води у трубопроводах питного або технічного водопроводу,
- рівень води у трубопроводах підведення та відведення мережевої води над закритою запірною арматурою.

Для запобігання виникнення аварійних ситуацій усі установки підігріву мережевої води обладнані сигналізацією: підвищення рівня конденсату; підвищення чи зниження тиску у зворотному колекторі мережевої води; підвищення тиску в колекторі, що подає холодну воду; зниження тиску пари в трубопроводі; підвищення солевмісту конденсату. Регулювання теплофікаційного навантаження може здійснюватися за допомогою механізму керування регулятором тиску в теплофікаційному відборі чи загальностанційному колекторі, або за допомогою арматури на лінії підведення пари до підігрівачів від регенеративних відборів турбін. Регулювання нагрівання мережевої води шляхом затоплення корпусу підігрівача конденсатом не допускається [3, 4].

Теплові випробування теплообмінників доцільно проводити при одному або двох значеннях витрати мережевої води – номінальному та зменшеному до 60-80% від номінального. При кожній витраті проводиться два-три досліди з різними тисками пари в тому числі і при номінальному тиску. Під час проведення випробувань коливання параметрів повинні перевищувати наступні значення: витрата мережевої води –  $\pm 5\%$ ; температура мережевої води –  $\pm 20\text{C}$ . Гідравлічні випробування теплообмінників можуть проводитися будь-якої пори року, а також можуть бути поєднані з тепловими випробуваннями. При гідравлічних випробуваннях теплообмінників достатньо проведення двох дослідів, у кожному з яких при встановленому значенні витрати мережевої води (номінальному та зменшеному до 70-80% від номінального), диференціальним манометром вимірюється втрата напору на ділянці від вхідного до вихідного патрубку теплообмінника [4]. У процесі обробки результатів випробувань проводиться усереднення вимірюваних у досліді значень параметрів за умови сталості режимних факторів. Для визначення дійсних значень вимірюваних параметрів до їх середніх значень

вводяться необхідні поправки на показання приладів, наприклад, на відхилення фактичної температури, від розрахункової або на висоту установки манометра [4].

Для контролю експлуатаційних параметрів теплообмінника необхідно знати температуру води на вході та виході, витрату води та тиск пари в теплообміннику. Контроль ефективності роботи теплообмінних апаратів рекомендується проводити за витратами води, зазначених на контрольних характеристиках. Для ведення оперативного контролю та регулювання режимів роботи пластинчасті теплообмінні апарати комплектуються контрольно-вимірювальними приладами та пристроями автоматичної сигналізації та захисту, розташованими в тепловому пункті [4].

Тепловий пункт є готовим до підключення та експлуатації блоком. До нього входить, крім теплообмінників, наступне основне обладнання: автоматична електронна система регулювання контурів опалення та гарячого водопостачання; циркуляційні насоси контурів опалення та гарячого водопостачання; термометри та манометри; запірні клапани; блок обліку тепла; грязьові фільтри. Блок управління арматурою теплового пункту забезпечує: керування насосами холодного та гарячого водопостачання; керування насосами циркуляції опалення; управління насосами та клапаном підживлення опалення; керування регулятором температури на гаряче водопостачання; керування регулятором відпуску тепла на опалення [4].

### Висновки

Теплообмінне обладнання посідає важливе місце в більшості промислових технологічних процесів, особливо в системах тепlopостачання. Головними вимогами до вдосконалення теплообмінного обладнання для систем тепlopостачання є енергозбереження, зменшення металоемності та габаритних розмірів теплообмінників, підвищення надійності та комфортності тепlopостачання. В багатоповерхових житлових будівлях доцільно проектувати енергоефективні системи тепlopостачання та опалення, щоб отримати максимальну ефективність нагрівання теплоносія при мінімальній витраті енергетичних ресурсів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пластинчасті теплообмінники. Сучасні тенденції застосування URL: <https://patriot-nrg.com/content/plastynchasti-teploobminnyky-suchasni-tendenciyi-zastosuvannya> (дата звернення 16.10.2023 р.).
2. Теплообмінники DANFOSS. URL: <https://ianv.com.ua/uk/category/category-danfoss/teplosnabzhenie/teploobmenniki> (дата звернення 17.10.2023 р.).
3. Конспект лекцій з дисципліни «Теплообмінні апарати» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» (освітня програма «Промислова і комунальна теплоенергетика») усіх форм навчання. / Укл.: Назаренко І.А., Кузьменко А.А., Каюков Ю.М. Запоріжжя : НУЗП, 2023. 68 с.
4. Єнін П.М., Швачко Н.А. Тепlopостачання (частина I «Теплові мережі та споруди»). Навчальний посібник. К.: Кондор, 2007, 244 с.

*Анохіна Катерина Володимирівна* – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, ORCID 0000-0003-2498-6356; e-mail: [anokhina@vntu.edu.ua](mailto:anokhina@vntu.edu.ua)

*Боднарук Юрій Михайлович* – студент групи БТ-20 факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету

*Панченко Артем Ярославович* – студент групи БТ-20 факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету

*Kateryna Anokhina* – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University, ORCID 0000-0003-2498-6356; e-mail: [anokhina@vntu.edu.ua](mailto:anokhina@vntu.edu.ua)

*Yuriy Bodnaruk* - student of the BT-20 group of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering of the Vinnitsia National Technical University

*Artem Panchenko* - student of the BT-20 group of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering of the Vinnitsia National Technical University

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*В даний час все більше уваги приділяється проблемі енергозбереження в системі централізованого та децентралізованого теплопостачання споживачів. Вирішення проблеми дозволить стабілізувати систему оплати за теплоносії за рахунок зниження прихованих втрат теплової енергії. Джерела втрат розташовуються: на теплової електроцентралі через неефективну роботу підігрівачів мережної води та мережних насосів; у тепломережах, у яких втрати досягають, а іноді і перевищують 20% від обсягу тепла, що передається, з ТЕЦ; на теплових пунктах через неефективну роботу теплообмінних апаратів. Одним із шляхів вирішення проблеми енергозбереження є забезпечення надійної та ефективної роботи теплообмінного обладнання як централізованої, так і децентралізованої системи теплозабезпечення за рахунок впровадження на ТЕЦ та теплових пунктах удосконалених методів проектування та дослідження ефективності теплообмінних апаратів системи теплопостачання. Закордонні та спільні проектні організації постачають вітчизняному споживачеві різноманіття пластинчастих теплообмінників, не надаючи повної інформації щодо технічних характеристик пластин і каналів. Замовнику надається специфікація пластинчастого теплообмінника, що містить результати теплотехнічних розрахунків теплоносіїв, кількість ходів, загальну кількість каналів. Перевірити достовірність проектних розрахунків та оцінити фактичну ефективність теплообмінних апаратів важко.*

*У зв'язку з цим безперечно актуальність теоретичних та експериментальних досліджень режимів роботи теплообмінних апаратів з метою отримання науково обґрунтованих результатів для вдосконалення методів проектування та дослідження теплообмінних апаратів, що експлуатуються.*

**Ключові слова:** теплообмінні апарати, теплопостачання, енергозбереження

### **Abstract**

*Presently all more attention is spared to the problem of energy-savings in the system of centralized and decentralizing heat supply of consumers. The decision of problem will allow to stabilize the system of payment for coolant-moderators due to the decline of the hidden losses of thermal energy. The sources of losses are situated : on thermal from uneffective work of heaters of network water and network pumps; in the heating systems in that losses arrive at, and sometimes and exceed 20% from the volume of heat that is passed, from TEЦ; on thermal points from uneffective work of heat-exchange vehicles. One of ways of decision of problem of energy-savings there is providing of reliable and effective work of heat-exchange equipment of the both centralized and decentralizing system of heat supply due to introduction on TEЦ and thermal points of the improved methods of planning and research of efficiency of heat-exchange vehicles of the system of heat supply. Foreign and general project organizations supply to the home consumer of variety of heat-exchangers, not giving complete information on technical descriptions of plastins and channels. A customer gets the specification of heat-exchanger, that contains the results of heating engineering calculations of coolant-moderators, amount of motions, common amount of channels. To check authenticity of project calculations and estimate actual efficiency of heat-exchange vehicles difficult.*

*In this connection indisputable actuality of theoretical and experimental researches of the modes of operations of heat-exchange vehicles is with the aim of receipt of scientifically reasonable results for perfection of methods of planning and research of heat-exchange vehicles that is exploited.*

**Keywords:** heat-exchange vehicles, heat supply, energy-savings

### **Вступ**

Пластинчасті теплообмінники є апаратами, поверхня теплообміну яких утворена з тонких штампованих пластин з гофрованою поверхнею. Робочі середовища у теплообміннику рухаються у щілинних каналах між сусідніми пластинами [1-3]. Канали для теплоносія, що гріє і нагрівається, чергуються між собою. Найпростіший теплообмінник складається з трьох пластин, які утворюють два канали: один для теплоносія, що гріє, другий – для того, що нагрівається. Гофрована поверхня пластин

посилює турбулізацію потоків робочих середовищ та підвищує коефіцієнт тепловіддачі. Розміри, форми та профілі поверхні пластин різноманітні [4-5].

Метою дослідження є аналітичний огляд теплообмінних апаратів для систем тепlopостачання.

### Основна частина

Теплообмінники випускаються трьох модифікацій – розбірні (пластини розділені гумовими прокладками); напіврозбірні (пластини зварені попарно та з'єднані двома пластинами розділені гумовими прокладками); нерозбірні (з'єднання всіх зварних пластин, прокладки відсутні).

У розбірних теплообмінниках пластини мають прокладки для ущільнення міжпластинних каналів при збиранні теплообмінника. У робочому положенні пластини щільно притиснуті один до одного, і простір каналу, що утворюється між пластинами, ущільнений гумовими прокладками [3].

Кожна пластина на лицьовій стороні має гумову контурну прокладку, що обмежує канал для потоку робочого середовища і охоплює два кутових отвори (по одній стороні пластини або по діагоналі), через які проходить потік робочого середовища і виходить з нього. Через два інших отвори, додатково ізольовані малими кільцевими прокладками, зустрічний теплоносій проходить транзитом.

Ущільнювальні прокладки розбірного пластинчатого теплообмінника кріплять на пластині таким чином, щоб після збирання і стиснення пластин в апараті утворилися дві системи герметичних міжпластинних каналів, ізольованих один від одного металевою стінкою і прокладками. Обидві системи міжпластинних каналів з'єднані зі своїми колекторами і далі – зі штуцерами для входу та виходу робочих середовищ, розташованими на опорних плитах. Середовище, що нагрівається, входить в апарат через штуцер, розташований на нерухомій опорній плиті і через верхній кутовий отвір потрапляє в поздовжній колектор, утворений кромками пластин з кутовими отворами після їх складання. Середовище, що нагрівається, по колектору доходить до пластини, розподіляється по міжпластинних каналах, які сполучені (через один) з кутовим колектором, завдяки відповідному розташуванню великих і малих гумових прокладок. Пластина не має верхніх кутових отворів. При русі по міжпластинному каналу середовище, що нагрівається, обтікає хвилясту поверхню пластин, що обігриваються зі зворотного боку теплоносієм. Середовище, що нагрівається, потім потрапляє в поздовжній колектор і виходить з апарата через штуцер. Теплоносій рухається в апараті назустріч теплоносію і надходить в штуцер, проходить через нижній колектор, розподіляється по каналах і рухається по них. Через верхній колектор і штуцер теплоносій виходить з теплообмінника. Основним вузлом теплообмінника є теплопередавальна пластина [3-5]. Пластини збирають у пакет таким чином, що кожна наступна пластина повернута на 180° щодо суміжних, що створює рівномірну сітку перетину та взаємних точок опор вершин гофр. Між кожною парою пластин утворюється щілинний канал складної форми, по якому і протікає робоче середовище. Такі канали отримали назву сітчасто-потоківих. Рідина при русі в них робить просторовий тривимірний звивистий рух, при якому відбувається турбулізація потоку. Особливістю каналів є те, що сумарна площа поперечного перерізу міжпластинного каналу, перпендикулярного основному напрямку руху потоку рідини, залишається постійною по всій довжині пластини, за винятком ділянок входу та виходу. Розташування колекторних отворів для входу та виходу робочого середовища на кутах пластини – одностороннє (ліве або праве). Пластини штампуються з листового металу. По контуру пластини розташований паз для гумової ущільнювальної прокладки. Кутові отвори для проходу робочого середовища мають форму, яка забезпечує зниження гідравлічних опорів на вході в канал і виході з нього, зменшення відкладень на цих ділянках і дозволяє раціональніше використовувати всю площу пластини для теплообміну [2, 3].

При складанні пластин у пакет необхідно, щоб на суміжних пластинах нахил гофр був обов'язково спрямований у протилежні сторони і узгоджувався перетин вершин, тобто права пластина підвищується на верхній штанзі рами апарата так, щоб вершини "ялинки" були спрямовані вгору, а ліва вершиною "ялинки" вниз. При порушенні цього правила складання можливі витіки та перетікання робочих середовищ. Рама апарату, на якій встановлюються пластини, утворюється опорною плитою, верхньою і нижньою штангами, закріпленими в опорній плиті і підтримуються передньою стійкою. Термін служби основних деталей із матеріалів, що застосовуються на нейтральних середовищах: пластин – не менше 10 років, прокладок – не менше 2 років.

У тих випадках, коли одне з робочих середовищ, які беруть участь у теплообміні, не залишає на поверхні забруднень (оброблена вода теплових мереж або пар, що конденсується, та ін) і при цьому

не потрібно розбирання апарату для механічного очищення - використовуються напіврозбірні пластинчасті теплообмінники. У них гума та інші еластичні матеріали використовуються для виготовлення прокладок у вузлах ущільнення, мають обмежену теплову та корозійну стійкість, і у зв'язку з цим прокладки є найменш зносостійкими елементами конструкції теплообмінника. Тому розбірні з'єднання пластин раціонально застосовувати лише тоді, коли обидва теплоносія мають суттєві забруднення. Теплообмінники працюють за розрахункового тиску 1-4 МПа [3, 5].

При заданій витраті робочих середовищ, що проходять через теплообмінник, залежно від схеми компоновки пластин і числа каналів можна змінювати швидкості руху середовищ у міжпластинних каналах. Отже, є можливість регулювати гідравлічний опір та коефіцієнт теплопередачі в апараті. Вказана обставина є важливою якістю пластинчастих теплообмінників, що дозволяє інтенсифікувати у них процес теплообміну без збільшення гідравлічного опору.

## Висновки

Джерела теплових втрат розташовуються: на тепловій електроцентралі через неефективну роботу підігрівачів мережної води та мережевих насосів; у тепломережах, в яких втрати досягають, а іноді і перевищують 20% від обсягу тепла, що передається, з теплової електроцентралі; на теплових пунктах через неефективну роботу теплообмінних апаратів. Тому спостерігається безперервне зростання фінансових витрат споживача на теплозабезпеченні та системі гарячого водопостачання через підвищення тарифів на теплову енергію та зростання ймовірності погіршення комфортельних умов (зимою) у житлових та виробничих приміщеннях.

Одним із шляхів вирішення проблеми енергозбереження є забезпечення надійної та ефективної роботи теплообмінного обладнання централізованої системи теплозабезпечення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розрахунок теплообмінника: Навчальне видання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізації «Тепло- і парогенеруючі установки» та спеціальності 143 «Атомна енергетика», спеціалізації «Атомні електричні станції» / Є.В. Шевель, М.В. Воробйов, О.О. Васечко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,49 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 27 с.

2. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська. Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. 68 с.

3. Мікульонюк, І. О. Конструктивне оформлення теплообмінників "труба в трубі" [Текст] / Енерготехнології та ресурсозбереження. 2020. № 4. С. 63-73.

4. Вплив рівномірності розподілу рідини по трубах на характер роботи кожухотрубчастого теплообмінника [Текст] / О. І. Ключев, К. Луняка, Г. Чумаков, В. Ардашев // Вісник Хмельницького національного університету. 2006. № 4. С. 46-48

5. Розробка ефективних теплообмінників нового покоління на основі труб з дискретними турбулізаторами [Текст] / А. А. Долінський, Л. М. Грабов, Д. М. Чалаєв [та ін.] // Енергетика та електрифікація. 2013. № 4. С. 28-33.

*Анохіна Катерина Володимирівна* – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: anokhina@vntu.edu.ua

*Лященко Владислав Анатолійович* – студент групи ТГ-22м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету

*Anokhina Kateryna* – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University

*Lyaschenko Vladislav* - student of the TG-22m group of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering of the Vinnitsya National Technical University



## АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

Численні проєктовані, нові та існуючі будівлі мають великий перелік недоліків, пов'язаних з перевитратою теплової енергії на опалення, охолодження та вентиляцію. Важливою причиною загальносвітової тенденції підвищення нормативної та реальної теплозахисної здатності огорож будівель є подорожчання енергоносіїв та стрімке виснаження запасів органічного палива, а також потепління клімату Землі через накопичення парникових газів в атмосфері. У багатьох країнах є великий потенціал як енергозбереження, так і підвищення рівня теплового мікроклімату в цивільних будівлях. Вирішення цієї проблеми має особливу актуальність для України у зв'язку з тим, що в країні є обмежені запаси нафти та природного газу, різко знизився видобуток вугілля, спостерігається значне підвищення вартості всіх видів енергоносіїв та слабо впроваджуються нові та прогресивні методи теплового захисту будівель. Потрібно забезпечити доцільний добовий, сезонний та цілорічний тепловий режим будівель шляхом гармонізації динамічних внутрішніх та зовнішніх теплових впливів, так і залучення природних ресурсів енергії. Необхідна оптимізація теплового ефекту Сонця та навколишнього середовища на будівлю шляхом покращення його геометричних, теплотехнічних та температурних показників. Узгоджене залучення та запобігання впливу енергії атмосферного повітря та теплоти сонячної радіації в залежності від часу доби та сезонів року є потужним резервом підвищення енергоефективності теплового режиму будівель.

**Ключові слова:** енергоефективність, тепловтрати, енергозбереження

### **Abstract**

The numerous new and existent building designed, have a large list of the defects, related to thermal energy on heating, cooling and ventilation. Important reason of world increase of normative and real heat cover ability of protections of building is rising in price of power mediums and swift exhaustion of organic block fuels, and also rise in temperature of climate of Earth through the accumulation of greenhouse gases in an atmosphere. In many countries there is large potential of both energy-savings and increase of level of thermal microclimate in civil building. The decision of this problem has the special actuality for Ukraine in connection with that the supplies of oil and natural gas limit in a country, mining went down sharply, there is a considerable appreciation of value of all types of power mediums and the new and progressive methods of thermal defence of building are poorly inculcated. Necessary optimization of thermal effect of a Sun and environment on building by the improvement of him geometrical, heating engineering and temperature indexes. The concerted bringing in and warning of influence of energy of atmospheric air and warmth of solar radiation depending on a daypart and seasons of year is powerful reserve of increase of energy efficiency of the thermal mode of building.

**Keywords** energy efficiency, warm losses, energy-savings

### **Вступ**

Будь-який тепловий ефект, що викликає зміну середньої температури будівлі або повітря в ньому, характеризує тепловий вплив на будівлю. Ці дії можуть бути представлені як зовнішні та внутрішні; природні та штучні; позитивні та негативні; постійні та уривчасті.

Якщо будівля не відчуває у собі теплових впливів, наприклад, штучних джерел енергії, покупців, безліч теплокровних тварин, воно має природний тепловий стан [1-4]. У цьому випадку будівля, як якась відкрита термодинамічна система, знаходиться під результуючим впливом тільки зовнішніх природних теплових впливів. Складові цих впливів динамічні і характеризуються, зрештою, тепловим ефектом Сонця та навколишнього середовища.

Метою дослідження є аналіз теплового режиму цивільних будівель з метою підвищення їх енергоефективності.

## Основна частина

Природний тепловий вплив відчуває на собі, наприклад, дачний будинок, що не опалюється і не населений взимку, коли він не має джерел виділень теплоти, пов'язаних з життєдіяльністю тварин, людини і роботою приладів та обладнання.

Природний тепловий стан будівлі формує відповідно природний тепловий мікроклімат, що активно не керується. В реальності природний тепловий стан будівлі часто виявляється порушеним через внутрішні теплові впливи.

Тепловий стан будівлі характеризується, з одного боку, тепловим ефектом Сонця та навколишнього середовища, з іншого – внутрішніми тепловими впливами, які випадкові та спеціально не спрямовані на підтримку необхідного мікроклімату [5-6].

Його пропонується розуміти як штучний тепловий стан будівлі як той випадок, при якому температура будівлі  $t_3$  або  $t_4$  контролюється за рахунок цілеспрямованого підведення або відведення теплоти за допомогою її штучного джерела. Воно забезпечується роботою штучних систем опалення, охолодження та вентиляції. В інтересах зниження енерговитрат доцільно максимально скорочувати тривалість штучного теплового стану будівлі.

Повітря в будівлі зазнає впливу наступних основних потоків явної теплоти:

– внутрішніх: приплив теплоти від людей, побутових та технологічних приладів, ламп освітлення та ін.,  $Q_b$  (зазначимо, що на практиці рідкісні та малі зміни теплоти будівлі, пов'язані, наприклад, з випаровуванням, конденсацією та іншими фазовими переходами стану рідин);

– зовнішніх: приплив теплоти сонячної радіації  $Q_c$ , що надходить через променепрозорі та масивні огороження; приплив або втрати теплоти шляхом теплопередачі через огороження  $\pm Q_o$ ; приплив або втрати теплоти при повітрообміні  $\pm Q_v$ ; подача (нагрівання) або знімання (охолодження) теплоти засобами активного регулювання мікроклімату (приладами опалення, кондиціонером та ін.)  $\pm Q_m$ .

Для створення заданих умов мікроклімату потрібне забезпечення приблизного погодинного балансу надходжень та втрат теплоти:

$$Q_b + Q_c + Q_o + Q_v + Q_m = 0 \quad (1.1)$$

Математичний запис балансу теплоти повітря в будівлі виявиться коректнішим, якщо розглянути реальний динамічний тепловий стан цього повітря. Його середньогодинна температура постійно змінюється. Показником такої зміни є наявність певної кількості теплоти  $\pm \Delta Q$ . За інших рівних умов величина  $\Delta Q$  пов'язана, по-перше, з процесами нагрівання та охолодження всіх тіл, що знаходяться в контакті з повітрям, по-друге, зі зміною інтенсивності повітрообміну в приміщенні та ін. за формулою (1.1) представляє рівняння виду

$$Q_b + Q_c + Q_o + Q_v + Q_m + \Delta Q = 0 \quad (1.2)$$

У річному розрізі для будь-якого приміщення (і будинки в цілому) існують періоди, коли спостерігаються умови з  $Q_m = 0$ . У періоди року, коли рівняння величина  $Q_m$  має негативний знак, потрібно опалення, коли позитивний – охолодження.

При високій інтенсивності сонячної радіації, коли температура на зовнішній поверхні огорожі, що опромінюється сонцем, перевищує температуру повітря в приміщенні, висока теплозахисна здатність цього огороження [4, 5] викликає наступний негативний ефект: по-перше, перешкоджає бажаному надходженню потоку теплоти сонячної радіації в приміщення; по-друге, викликає більше підвищення температури, наприклад, шару зовнішньої штукатурки стіни, збільшуючи цим втрати акумульованої теплоти сонячної радіації в навколишнє середовище через цю поверхню опромінення.

Звідси можна зробити практично важливий висновок, що за умовами «денного» теплового режиму огороження, що опромінюється сонцем, доцільно, щоб його маса мала мінімальну теплоємність і максимальну теплопровідність.

При охолодженні огорож нічним провітрюванням приміщень виникає інша, не менш важлива вимога до теплотехнічних властивостей всіх огорож цього приміщення: вони повинні мати високу теплопровідність і максимальну здатність, що акумулює тепло.

Вирішення проблеми підвищення енергоефективності теплового режиму будівлі має бути засноване на розгляді (нестационарних теплових процесів як у зовнішніх, так і у внутрішніх огороженнях. При цьому, в окремих випадках важливими умовами можуть виявитися особливості «денних» або «нічних» процесів теплопередачі через огороження або в холодний, або в теплий (перехідний) період року, ці висновки мають бути враховані при розробці як енергоефективних будівель, так і енергоефективних огорожувальних конструкцій.

## Висновки

Висунута теоретична ідея створення енергозберігаючих загороджень у огорож націлена на вирішення завдань як посилення, так і послаблення цього ефекту в залежності від часу доби та пори року з урахуванням допустимих коливань параметрів внутрішнього мікроклімату.

Запропоновані показники у вигляді сукупності «теплозахисних якостей будівлі» їхньої оптимізації, а також реалізація нового принципу саморегулювання теплового режиму приміщень дозволили визначити доцільні шляхи підвищення енергоефективності динамічного теплового режиму будівель з урахуванням нестационарних теплових впливів світлопрозорих та масивних огорожувальних конструкцій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Будівельна кліматологія: ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010. К.: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с.
2. ДБН В.2.5-31:2021: Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ. : К. Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
3. Ратушняк Г.С., Анохіна К.В. Багатошарові захисні конструкції від тепловтрат з герметичним повітряним прошарком [Текст] // Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки". 2009. № 1. С. 38-42.
4. Пат. 26811 UA, МПК E04B 7/00. Теплогідроізоляційна покрівля [Текст] / Г.С. Ратушняк, К. В. Анохіна, О. Г. Ратушняк (Україна). - № u200704953 ; заявл. 03.05.2007 ; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16. - 2 с. : іл.
5. Пат. 17230 UA, МПК E04B 2/02, E04B 2/14. Теплоізоляційна панель [Текст] / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна, О. Г. Чухряєва (Україна). - № u200603243 ; заявл. 27.03.2006 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. - 2 с. : іл.
6. Ратушняк Г.С., Анохіна К.В. Будівельна теплофізика. Практикум. Вінниця : ВНТУ, 2021. 51 с.

*Анохіна Катерина Володимирівна* – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: anokhina@vntu.edu.ua

*Тимчук Віталій Сергійович* – студент групи ТГ-22м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету

*Anokhina Kateryna* – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University

*Тимчук Віталій* - student of the TG-22m group of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering of the Vinnitsia National Technical University

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Виконано аналіз сукупності інформаційних ресурсів для моделювання динаміки чинників, що впливають на теплотехнічні параметри огороджувальних конструкцій будівель. Структуровано інформаційну базу знань для моделювання теплотехнічних параметрів огороджувальних конструкцій. Розглянуто можливість використання інформаційного забезпечення для моделювання теплотехнічних параметрів огороджувальних конструкцій математичним інструментарієм з використанням методів багатокритеріального аналізу.*

**Ключові слова:** багатокритеріальний аналіз, огороджувальні конструкції, моделювання, теплотехнічні параметри.

### *Abstract*

*An analysis of the set of information resources for modeling the dynamics of factors influencing the heat-technical parameters of the enclosing structures of buildings was performed. The informational knowledge base for modeling the thermotechnical parameters of enclosing structures has been structured. The possibility of using information support for modeling heat-technical parameters of enclosing structures with mathematical tools using methods of multi-criteria analysis is considered.*

**Keywords:** multi-criteria analysis, enclosing structures, modeling, heat engineering parameters.

### **Вступ**

Енергозбереження будівель визначається теплотехнічними параметрами огороджувальних конструкцій будівель та кількісними критеріями мікроклімату приміщень [1,2]. Проектування теплоізоляційної оболонки будівель та прогнозування зміни її параметрів в процесі експлуатації здійснюється з використанням результатів моделювання динаміки теплотехнічних параметрів на всіх етапах життєвого циклу будівлі [3,4].

Інформаційне забезпечення моделювання теплотехнічних параметрів огороджувальних конструкцій будівель передбачає отримання достовірних даних, що характеризують об'єкт моделювання, яким є теплоізоляційна оболонка. Сукупність отриманої інформації потребує її обробку, накопичення, збереження, систематизацію та узагальнення [5,6].

Метою дослідження є визначення чинників інформаційного забезпечення як сукупності інформаційних ресурсів і способів їх організації, необхідних та придатних для аналітичних процедур, які забезпечують моделювання теплотехнічних параметрів огороджувальних конструкцій з використанням сучасних методів багатокритеріальної оцінки визначальних факторів на цільову функцію.

### **Результати досліджень**

Аналіз вимог нормативних документів [1,2,3,4] та результатів наукових досліджень [7,8,9,10] стосовно шляхів підвищення енергоефективності будівель свідчить про необхідність розроблення та впровадження організаційно-технологічних заходів із вдосконалення теплоізоляційної оболонки будівель. Реалізація заходів із вдосконалення теплоізоляційної оболонки будівель потребує виконання моделювання її теплотехнічних параметрів з використанням сучасних методів системного аналізу з врахуванням визначальних кількісних та якісних чинників. Технології математичного моделювання ґрунтуються на використанні інформаційної бази про чинники впливу на теплофізичні

параметри огорожувальних конструкцій будівель.

Інформаційна база як сукупність інформаційних ресурсів і способів їх організації, необхідних для репрезентативних аналітичних процедур, які забезпечують моделювання теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій стосовно потенціалу їх енергоефективності, включає декілька блоків.

Перший блок включає міжнародні угоди, закони України, постанови Кабінету Міністрів та інші нормативні положення та документи, які визначають правову основу енергоефективності будівель та є обов'язковою до виконання [1,2].

Другий блок містить нормативні документи державних органів України (ДБН, ДСТУ тощо) [3,4], регіональних та місцевих органів самоврядування й міжнародних організацій, в яких викладено вимоги, рекомендації та нормативи у сфері будівництва й житлово-комунального господарства, які, як правило, є обов'язковими до виконання.

До третього блоку входять документи енергетичного аудиту стану теплоізоляційної оболонки будівель, статистичних даних про енергоспоживання та енергозбереження, аналіз ринку матеріалів та послуг стосовно забезпечення теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій будівель.

Четвертий блок включає відомості про існуючі експериментальні та аналітичні методи та моделі та оцінювання чинників впливу на теплотехнічні параметри огорожувальних конструкцій будівель.

Для моделювання теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій як багатофакторної системи використовують структурно-імовірнісні моделі [4,7,10], які не завжди дозволяють враховувати різноманітність різномірних факторів впливу. Такими основними факторами впливу є тип та матеріал стін огорожувальних конструкцій, їх товщина, теплотехнічні та інші фізико-механічні показники теплоізоляційних матеріалів. Для об'єктивної оцінки теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій будівель доцільно використовувати методи багатокритеріальної оцінки: метод аналізу ієрархій, метод сірого реляційного аналізу тощо. Вихідними даними для моделювання методами багатокритеріального аналізу є відповідні бази знань про чинники впливу всіх або декількох блоків даних.

## Висновки

Як вихідну інформаційну базу для моделювання теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій будівель доцільно класифікувати за чотирма блоками. Інформація із кожного із блоків є обов'язковою до виконання, регламентуючою чи інформативною при її використанні в математичній моделі. В зв'язку з тим, що вихідна інформація характеризується кількісними та якісними факторами доцільно ідентифікації складних нелінійних закономірностей їх впливу на теплотехнічні параметри огорожувальних конструкцій використовувати логіко-лінгвістичні моделі та багатокритеріальні методи для чисельного аналізу моделювання оцінки потенціалу енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верховна Рада України. (2017, лип. 23, дата оновлення). Закон України від 01.07.94 р. № 74/94-ВР. «Про енергозбереження». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>. Дата звернення: 23.02.2019.
2. Верховна Рада України. (2017, черв. 22). Закон України №2118-VIII. «Про енергетичну ефективність будівель». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2118-19>. Дата звернення: 23.02.2019).
3. *Теплова ізоляція будівель*. ДБН В.6-31:2016, 2017.
4. *Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель*. ДСТУ Б В.2.6-189:2013, 2014.
5. Смерницький Д.В. Інформаційне забезпечення науково-технічної діяльності. Криміналістичний вісник. №1(23), 2015. С. 24-38.
6. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. Монография. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. 2002. – 145 с.
7. Г. С. Ратушняк і О. Г. Ратушняк, *Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель*. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006.
8. Г. П. Фаренюк, *Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій*. Київ: Гамма-Принт, 2009.
9. О. М. Недбайло, «Теплофізичні аспекти підвищення ефективності будівлі при використанні низькотемпературних систем її теплозабезпечення та термомодернізації огорожувальних конструкцій»: автореф.

дис. д-ра техн. наук, Київ, 2018.

10. Філоненко О.П. Динамічні теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівель: автореф. дис. д-ра техн. наук. Дніпро, 2021. 39 с.

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н., професор, завідувач кафедри Інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: ratusnak@gmail.com. ORCID 0000-0001-9656-5150

**Бікс Юрій Семенович** – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: biksuriy@gmail.com. ORCID 0000-0002-5775-2014

**Лялюк Андрій Олександрович** – аспірант, Вінницький національний технічний університет. ORCID 0000-0002-4803-1629

**Ratushniak Georgy Serhiyovych** - Ph.D., professor, head of the Department of Engineering Systems in Construction at the Vinnytsia National Technical University, e-mail: ratusnak@gmail.com. ORCID 0000-0001-9656-5150

**Biks Yuriy Semenovych** - Ph.D., associate professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: biksuriy@gmail.com. ORCID 0000-0002-5775-2014

**Lyaluk Andriy Oleksandrovich** – graduate student, Vinnytsia National Technical University. ORCID 0000-0002-4803-1629

# ОГЛЯД НАЯВНОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ ГАЗОПРОВОДАХ ШАФОВИХ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Ця стаття присвячена огляду наявного перепаду тисків у розподільчих газопроводах, зокрема в шафових газорегуляторних установках. Розглянуто основні причини та фактори, що впливають на величину тискового перепаду у газових системах. Аналізуються технічні аспекти та технологічні рішення, які допомагають зменшити перепад тиску та підвищити ефективність газорегуляторних установок. Огляд також включає в себе питання безпеки та надійності газопостачання в умовах великого перепаду тиску.

**Ключові слова:** тиск, газопроводи, газорегуляторні установки, перепад тиску, розподільчі системи, газопостачання.

## Abstract

This article is devoted to the review of the existing pressure drop in distribution gas pipelines, in particular in cabinet gas regulating installations. The main causes and factors affecting the pressure drop in gas systems are considered. Technical aspects and technological solutions are analyzed, which help to reduce the pressure drop and increase the efficiency of gas regulating units. The review also includes issues of safety and reliability of gas supply in conditions of a large pressure drop.

**Keywords:** pressure, gas pipelines, gas regulating installations, pressure drop, distribution systems, gas supply.

## Вступ

Питання розподілу та регулювання тиску газу у газових системах мають велике значення для забезпечення безперебійного та надійного газопостачання. Однак великий перепад тиску у газопроводах, особливо в шафових газорегуляторних установках, може призводити до ряду технічних проблем та безпекових ризиків.

Метою цього огляду є розгляд наявного перепаду тисків у розподільчих газопроводах та газорегуляторних установках. Ми дослідимо основні чинники, що впливають на величину перепаду тиску, а також розглянемо можливі технічні рішення та технології, які допомагають зменшити цей перепад тиску та підвищити надійність газопостачання. Питання безпеки та технічної ефективності газорегуляторних установок також буде розглянуто в контексті великого перепаду тиску в газових системах.

## Основна частина

У сучасній практиці постачання природного газу населених пунктів, а також об'єктів житлово-комунального, сільськогосподарського та промислового призначення широкого поширення набули розподільні системи газопостачання на базі шафових газорегуляторних пунктів (ШГРП) [1].

Ефективність проектних рішень систем газопостачання з шафовими ГРП значною мірою визначається правильним вибором розрахункового перепаду тисків у розподільчих газопроводах з урахуванням системного зв'язку елементів технологічного ланцюжка по комплексу: ШГРП - розподільний газопровід - споживач [2].

Як відомо, надійна, безпечна та економічна робота газових приладів забезпечується при тиску газу, близькому до номінальної величини. У цьому створюються найсприятливіші умови спалювання газу. Пальники газових приладів працюють стійко, без відриву та проскоку полум'я та забезпечують необхідну повноту згоряння газу з максимальним ККД [3].

Побутові газові прилади (газові плити, водонагрівачі, опалювальні котли та ін.) випускаються вітчизняними підприємствами для двох номінальних тисків газу:  $P_{ном}^{приб} = 1300 \text{ Па}$  та  $P_{ном}^{приб} = 2000 \text{ Па}$  [3].

Гідравлічні режими експлуатації розподільних мереж та газорегуляторних установок зумовлюють певну специфіку роботи газових приладів. При цьому робочий тиск газу перед приладом зазвичай відрізняється від номінальної величини. Газові прилади, підключені на початку траси розподільчого газопроводу (недалеко від ШГРП), працюють при підвищеному тиску газу. Аналогічні прилади, підключені наприкінці траси розподільчого газопроводу (на значній відстані від ШГРП), працюють при зниженому тиску газу [3,4].

Максимально допустимий діапазон зміни тиску у системі газопостачання становить

$$\Delta P_{\max} = P_{\max}^{приб} - P_{\min}^{приб} \quad (1)$$

де  $P_{\max}^{приб}$ ,  $P_{\min}^{приб}$   $k_3$  – максимальний і мінімальний допустимий тиск газу перед приладом, Па.

Граничні коливання тиску газу побутових приладів встановлені відповідними стандартами (табл. 1) [3,4].

Таблиця 1 – Режимы тиску газу для побутових газових приборів

Газовий прибор	$\Delta P_{\max}^{приб}$	$\Delta P_{ном}^{приб}$	$\Delta P_{\min}^{приб}$
Газова плита	1800	1300	650
	2500	2000	1700
Проточний водонагрівач	1800	1300	650
	2780	2000	1700
Опалювальний котел	1764	1274	635
	2744	1960	980
Газова горілка для опалювальної печі	1800	1300	600
	2800	2000	600

У зазначених діапазонах зміни тиску гарантується надійна та безпечна експлуатація газових приладів, економічне використання газу з ККД близьким до максимального значення, довговічність приладів [5].

Як узагальнюючі дані по всій сукупності номенклатури побутових газових приладів можна прийняти [3]:

- для приладів з підвищеним номінальним тиском  $P_{ном}^{приб} = 2000 \text{ Па}$ ,  $P_{\max}^{приб} = 2500 \text{ Па}$ ,  $P_{\min}^{приб} = 1700 \text{ Па}$ ;
- для приладів зі зниженим номінальним тиском тиском  $P_{ном}^{приб} = 1300 \text{ Па}$ ,  $P_{\max}^{приб} = 1764 \text{ Па}$ ,  $P_{\min}^{приб} = 650 \text{ Па}$ .

При цьому максимально допустимий перепад тисків, що реалізується в системі газопостачання, становить:

- для приладів ( $P_{ном}^{приб} = 2000 \text{ Па}$ )  $\Delta P_{\max} = 2500 - 1700 = 800 \text{ Па}$ ;
- для приладів ( $P_{ном}^{приб} = 1300 \text{ Па}$ )  $\Delta P_{\max} = 1764 - 650 = 1114 \text{ Па}$ .

Збільшення діапазону допустимого перепаду тисків у другому випадку пояснюється тією обставиною, що прилади зі зниженим номінальним тиском газу стійкіші до явищ прориву та відриву полум'я.

Оскільки зниження номінального тиску газу підвищує також загальний рівень безпеки систем газопостачання, застосування приладів ( $P_{ном}^{приб} = 1300 \text{ Па}$ ) у газовій практиці більш переважно і доцільно. Сучасні шафні газорегуляторні установки включають комплекс технологічного обладнання, що забезпечує регулювання тиску газу та безпечні режими експлуатації систем газопостачання, у тому числі регулятори тиску газу, а також запобіжні запірні клапани (ЗЗК) та запобіжні скидні клапани (ЗСК) [4].



Наявність зазначеного обладнання та режими його експлуатації істотно впливають на величину тиску газу, що надходить у розподільчі газопроводи.

Відповідно до вимог безпеки, верхня межа спрацьовування ЗЗК  $P_{33K}^{вєрx}$  відповідає умові:

$$P_{\max}^{рег} \leq P_{33K}^{вєрx} \leq P_{33K}^{вєрx} \quad (2)$$

де  $P_{\max}^{рег}$  – максимальне регульований тиск газу.

Зазвичай клапан ЗЗК налаштовується на тиск спрацьовування, що перевищує регульований тиск газу на 25%, а клапан ЗСК налаштовується на тиск спрацьовування, що перевищує регульований тиск на 15% [4].

Максимальний тиск газу на виході з регулятора тиску з умови стійкої роботи газових приладів становить

$$P_{\max}^{рег} = P_{\max}^{нрїб} \quad (3)$$

Сучасні шафові ГРП обладнуються регуляторами тиску прямої дії газу. Дані регулятора не забезпечують сувору сталість вихідного тиску. При максимальному вхідному тиску газу та його витраті, близькому до нуля, вихідний тиск досягає максимальної величини  $P_{\max}^{рег}$ .

При мінімальному вхідному тиску газу та його максимальній витраті вихідний тиск досягає мінімальної величини  $P_{\min}^{рег}$ .

Ступінь нерівномірності регулювання для регуляторів даного типу становить  $\pm 10\%$  від вихідного тиску у всьому діапазоні зміни витрати газу при коливаннях вхідного тиску у розмірі  $\pm 25\%$  від його середньої величини [5].

Таким чином, маємо

$$\frac{P_{\max}^{рег} - P_{cp}^{рег}}{P_{cp}^{рег}} = \frac{P_{cp}^{рег} - P_{\min}^{рег}}{P_{cp}^{рег}} = 0.1 \quad (4)$$

де  $P_{cp}^{рег}$  – середнє значення регульованого тиску.

Вирішуючи спільно рівняння (3) і (4), отримаємо для мінімального тиску газу на виході з регуляторної установки

$$P_{\min}^{рег} = 0.82 * P_{\max}^{нрїб} \quad (5)$$

Нижня межа спрацьовування ПЗК відповідає умові [9]

$$P_{33K}^{нїж} \leq P_{\min}^{рег} - 500 Pa \quad (6)$$

Клапан спрацьовує при аварійній ситуації в системі газопостачання (розрив або протікання газопроводу).

Мінімальний перепад тиску в газовій мережі при мінімальній величині регульованого тиску становить

$$\Delta P_{\min} = P_{\min}^{рег} - \Delta P_{сч} = 0.82 * P_{\max}^{нрїб} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} \quad (7)$$

де  $\Delta P_{сч}$  – втрати тиску в приладах обліку витрати газу (у газових лічильниках). За даними [6] та іншої технічної літератури, зазначені втрати тиску становлять  $\Delta P_{сч} = 200 Pa$ .

Максимальний перепад тиску в газовій мережі при максимальній величині регульованого тиску

$$\Delta P_{\max}^P = P_{\max}^{рег} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} = P_{\max}^{нрїб} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} \quad (8)$$

Таким чином, наявний перепад тисків у газовій мережі становить:

- для газових приладів з номінальним тиском  $P_{ном}^{нрїб} = 2000 Pa$ :

$$\Delta P_{\min}^P = 0.82 * 2500 - 200 - 1700 = 150 Pa$$

$$\Delta P_{\max}^P = 2500 - 200 - 1700 = 600 Pa$$

- для газових приладів з номінальним тиском  $P_{ном}^{нрїб} = 1300 Pa$ :

$$\Delta P_{\min}^P = 0.82 * 1764 - 200 - 650 = 596 Pa$$

$$\Delta P_{\max}^P = 1764 - 200 - 650 = 914 \text{ Па}$$

### Висновок

Слід зазначити також, що перепад тисків для газових мереж, що розташовується, навіть при обладнанні останніх побутовими приладами з зниженим номінальним тиском значно нижче рекомендованого СП ( $\Delta P^P \leq 1800 \text{ Па}$ ).

У зв'язку з цим існуюча практика проектування систем газопостачання за умови  $\Delta P^P = 1800 \text{ Па}$  призводить до порушення вимог ДСТУ та ДБН, зокрема, мінімального тиску газу перед приладами. Як наслідок помітно знижується ККД газовикористовувальних установок, збільшується час приготування їжі та гарячої води, а також ймовірність порушення стійкості горіння газу (проскок полум'я).

Впровадження результатів досліджень у практику проектування підвищує надійність та безпеку систем газопостачання та загальну ефективність використання газового палива.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gas turbine mechanical components, material requirements, auxiliary systems, control systems and protection systems. Engineering Encyclopedia.—Engineering Encyclopedia. Saudi Aramco, 143 p.
2. Brun K., Nored M.G. Guideline for Field Testing of Gas Turbine and Centrifugal Compressor Performance. Gas Machinery Research Council (GMRC), Southwest Research Institute (SWRI). Release August 2006. — 93 p.
3. Macisaac B., Langton R. Gas Turbine Propulsion Systems. John Wiley & Sons, Ltd., 2011. 340 p.
4. Ратушняк Г.С. Энергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання./ Ратушняк Г.С., Джеджула В.В., Анохіна К.В. Навч. посібник – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с
5. Ратушняк Г. С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 94 с.
6. Ратушняк Г.С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання / Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. - 2001. - 94с

**Круть Олександр Віталійович** – студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Науковий керівник: Слободян Наталія Михайлівна** – к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

**Krut Oleksandr** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. volinecnazar4@gmail.com

**Scientific supervisor: Natalia Slobodyan** – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

## АВТОНОМНЕ ПОВІТРЯНЕ ОПАЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Сучасний промисловий комплекс є високотехнологічним підприємством, в якому досить високі технології забезпечуються системами та засобами автоматизації.

Проблема опалення та кондиціювання промислових приміщень в теперішній час загострюється через постійне зростання вартості енергоносіїв всіх видів. В зв'язку з цим розробки системи автоматичного керування кліматом є актуальними.

**Ключові слова:** опалення, комфортні умови, робоча зона, експлуатація, тепловентилятори, електронагрівачі, котел.

### Abstract

The modern industrial complex is a high-tech enterprise in which fairly high technologies are provided by automation systems and means.

The problem of heating and air conditioning of industrial premises is currently becoming more acute due to the constant increase in the cost of energy carriers of all kinds. In this regard, the development of an automatic climate control system is relevant.

**Keywords:** heating, comfortable conditions, working area, operation, fan heaters, electric heaters, boiler.

### Вступ

Підтримання температури повітря в приміщенні на заданому рівні, вивід назовні відпрацьованого повітря, та приплив всередину приміщення свіжого повітря здійснюється системами опалення, вентиляції та кондиціювання.

Опалення – є видом технологічного обладнання, режими роботи якого мають враховувати теплофізичні особливості конструкції будівлі і бути узгоджені з роботою інших видів обладнання та систем, зокрема, з режимними параметрами систем вентиляції і кондиціювання повітря [1].

### Основна частина

Повітряне опалення промислових та сумірних з ними приміщень, таких як станції технічного обслуговування, промислові та переробні цехи, склади, теплиці, закриті полігони найбільш ефективно опалювати повітряними системами опалення [2, 3]. Цей вид опалення має наступні переваги:

- Швидкий нагрів приміщення при переривчастому графіку роботи. Так, наприклад, станція технічного обслуговування, обсяг цеху становить 680 кубічних метрів. Для опалення використовується термовентилятор продуктивністю 10000 м<sup>3</sup>/год. Таким чином, холодне повітря цеху може бути повністю замінено свіжим нагрітим повітрям за  $680/10000=0.068$  год.  $\approx 4$  хвилини. Це при тому, що переривчасте опалювання заощаджує великі кошти на опалювання при низькій теплоємності огорожувальних конструкцій, як це властиво сучасним комерційним та промисловим будівлям.
- Повітряні тепловентилятори є найдешевшим видом обладнання для опалення. Наприклад, водяні радіатори опалення разом з фітинговим обладнанням коштують в 5...6 разів дорожче ніж тепловентилятори разом з повітроводами.
- Багатократно легший монтаж та налаштування повітряної системи опалення. Налаштування виконується один раз після монтажу і не потребує сезонних налаштувань на відміну від водяного або парового опалення.

- Легкий прихований монтаж.
- Легкість в налаштуванні, простота й дешевизна системи автоматичного керування повітряним опаленням в порівнянні з іншими системами опалення.
- Легкість поєднання повітряного опалення з системою вентиляції приміщення.
- Зниження витрат на нагрів теплообмінників при наявності часткової в заселених або повної рециркуляції повітря в незаселених приміщеннях.
- Створення комфортних умов для людей при низькій швидкості теплого повітря в приміщенні.
- Наявність часткової рециркуляції повітря в заселених або повної рециркуляції в незаселених приміщеннях суттєво заощаджує витрати на нагрів теплообмінників.
- Відсутня загроза замерзання в холодну пору року при потребі вимкнення опалення на тривалий період.
- Хороша альтернатива газовому опаленню, якщо в приміщенні неможливо використовувати останнє через категорію пожежонебезпеки.
- Зниження дії на людей та обладнання агресивного середовища від шкідливих речовин технологічного процесу, що виділяються в повітря приміщення.
- Легкість відводу повітря з приміщення за допомогою автоматичного клапана і отже, автоматичне балансування повітря в приміщенні та його вентиляція.
- Якщо інші види опалювальних систем лише наполовину нагрівають приміщення внаслідок того, що гаряче повітря йде відразу вгору, а знизу залишається лише холодне повітря, повітряні тепловентилятори спрямовують потік зверху вниз і енергоефективність таким чином підвищується.
- Повітряне опалення екологічно чисте та безпечне.
- Теплові вентилятори охоплюють великий діапазон потужності від одиниць до сотень кіловат.

Повітряне опалення має тільки один недолік – монтаж повітряного опалення виконується так, щоб надходження теплого повітря був якомога ближче до підлоги. Це дає можливість ефективно розподіляти нагріте повітря за рахунок конвекції і тим самим мати малу та комфортну для людей швидкість теплового потоку. В приміщеннях без людей та з шкідливим для людей повітрям вимога монтажу вентиляційних отворів при підлозі відсутня. Конструкція тепловентилятора дуже проста. Він складається з двох основних частин – вентилятора, продуктивність якого регулюється системою автоматичного керування, та теплообмінника. Вентилятор проганяє через нагрітий теплообмінник холодний повітряний потік, де той нагрівається до заданої температури. Температура на виході тепловентилятора зазвичай не перевищує 60 °С, оскільки вище її значення шкідливе для дихальної системи людини. Далі нагріте повітря направляється в потрібному напрямку за допомогою жалюзі або розподіляється по приміщенню через повітроводи.

В якості джерела тепла для теплообмінника можуть використовуватися електричні ТЕНи, гаряча вода або пара, що циркулює у трубках теплообмінника і подається до нього від видаленого газового або твердопаливного котла, або газової горілки, або видаленого центрального бойлера. Конструкція теплообмінника залежить від виду теплоносія, але загальним є те що площа його поверхні має бути достатньою для передачі тепла повітря при максимальній продуктивності вентилятора.

Тепловентилятори з водяним теплоносієм мають менші експлуатаційні витрати в порівнянні з нагріванням повітря електричними ТЕНами через меншу ціну на газ в порівнянні з витратами на електроенергію. Ще більш дешевий варіант опалення – використання твердопаливного котла для нагрівання води, якщо є дешеве тверде паливо, наприклад як відходи виробництва.

Найбільшу популярність та розповсюдження мають тепловентилятори з водяним теплоносієм завдяки своїм перевагам при опаленні приміщень великої площі та висоти:

- Мобільність агрегатів, простота та швидкість монтажу, встановлення водяних тепловентиляторів на стіни або на стелю;
- Зональний контроль; робота в автоматичному режимі;
- Не потрібні великі електричні потужності як для електронагрівачів;

- Немає потреби використовувати теплотраси та опалювальні прилади в приміщенні, немає ризику замерзання (можна використовувати суміш води та етиленгліколю);
  - Можна зовсім вимикати систему на будь-який термін;
  - Нижчі капіталовкладення та найнижчі експлуатаційні витрати завдяки можливості нагрівати воду ефективним котельним обладнанням та економним режимом експлуатації;
  - Тиха робота (з низьким рівнем шуму);
  - Направлений у робочі зони потік повітря, що підігрівається;
  - Швидке прогрівання всього обсягу приміщення (15-25 хвилин) та автоматична підтримка потрібного рівня температури повітря в загальному або окремих приміщеннях;
  - Доступна ціна на обладнання;
  - Завдяки якісному перемішуванню, немає застійних зон та розшарування повітря;
  - Можливість експлуатації агрегатів для охолодження приміщень [3], що дозволяє заощадити на придбанні та додаткових витратах на кондиціонери.
- Приклад повітряного опалення наведено на рис. 1.1 [3].

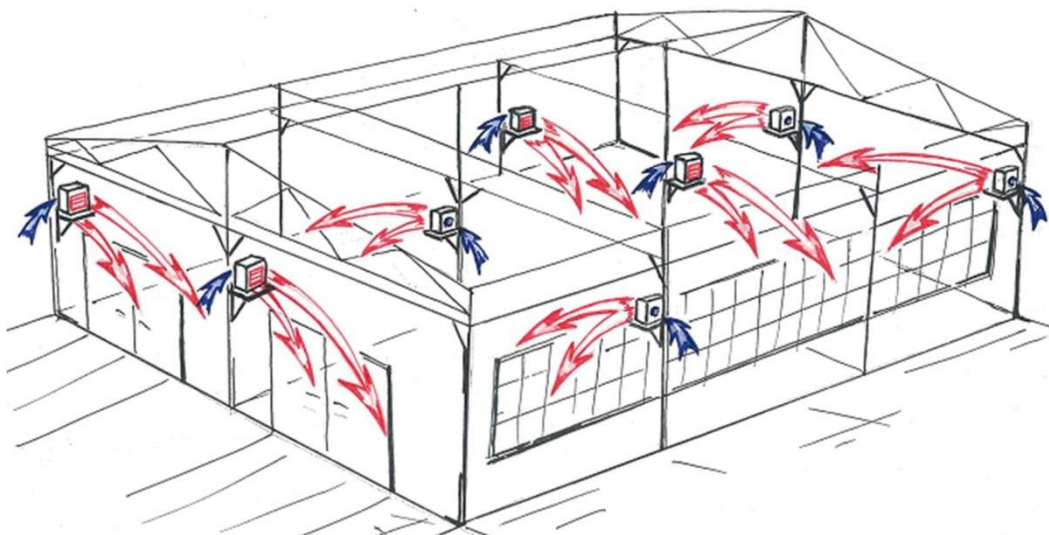


Рисунок 1.1 – Приклад повітряного опалення великого виробничого приміщення

### Висновок

Аналіз наукової та технічної літератури з опалення та кондиціонування свідчить про активний пошук та розробку фахівцями енергоефективних технологій, режимів роботи та пристроїв систем опалення та кондиціонування. Найбільш енергоефективним та доцільним опаленням для промислових приміщень є повітряне опалення тепловими вентиляторами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Опалення, вентиляція і кондиціонування: для комерційних і виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://a-air.com.ua/ua-articles/otoplenie-ventiljacija-i-kondicionirovanie-dlja-kommercheskih-i-proizvodstvennyh-pomeshhenij>
2. Повітряне опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/8730/>.

3. Повітряне опалення промислових приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://ventbazar.ua/blog/vozdushnoe-otoplenie-promyshlennykh-pomes-hhenij.html>.

**Слободян Наталія Михайлівна** – Доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, email: [NSlobodian61@gmail.com](mailto:NSlobodian61@gmail.com).

**Гончарук Віктор Олександрович** – аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, email: [sanderlend@ukr.net](mailto:sanderlend@ukr.net)

**Slobodian Natalia** – lecturer of department of engineering systems in construction Vinnytsia National Technical University, email: [NSlobodian61@gmail.com](mailto:NSlobodian61@gmail.com).

**Goncharuk Viktor Oleksandrovych** – graduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, email: [sanderlend@ukr.net](mailto:sanderlend@ukr.net)

## ВИЗНАЧАЛЬНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Виконано аналіз чинників, що визначають безпеку віконних конструкцій. Проаналізовано питання безпеки з точки зору захисту приміщення від несанкціонованого проникнення через віконні конструкції, безпечної експлуатації та безпеки вікон, для забезпечення стійкості при вибуховій хвилі та у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано будівельні норми України, які частково регламентують безпечність вікон. Наведено способи захисту від вибухових хвиль існуючих вікон.*

**Ключові слова:** вікно, конструкція, захист, безпека, вибухова хвиля.

### *Abstract*

*An analysis of factors determining the safety of window structures was performed. The security issue was analyzed from the point of view of protecting the premises from unauthorized entry through window structures, safe operation and safety of windows, to ensure stability in the event of a blast wave and in emergency situations. The building regulations of Ukraine, which partly regulate the safety of windows, were analyzed. Ways to protect existing windows from blast waves are given.*

**Keywords:** window, construction, protection, safety, blast wave.

### Вступ

Вікна – світлопрозорі конструкції зовнішньої оболонки будівлі, які мають багато функціональне значення, а саме тепло- і звукоізоляцію у складі зовнішньої оболонки будівлі, архітектурно-естетичне, як архітектурну виразність та індивідуальність, створюють візуальний контакт з навколишнім середовищем, забезпечують провітрювання і природне освітлення, безпеку та захист від зовнішніх несприятливих факторів.

Сьогодні житлові багатоповерхові будівлі мають значну частину фасаду у вигляді світлопрозорих огороджувальних конструкцій, в яких використовується скло. У багатьох сучасних забудовах використовують панорамні вікна. Тому питання безпеки є актуальним та пріоритетним при проектуванні та експлуатації будівель та споруд з використанням світлопрозорих огороджувальних конструкцій.

Метою дослідження є аналіз питання безпеки віконних конструкцій, розгляд варіантів будівельних та конструктивних заходів, що підвищують безпечність використання світлопрозорих огороджувальних конструкцій.

### Результати дослідження

Питання безпеки віконних конструкцій можна розділити на три чинники:

- безпека – захист приміщення від несанкціонованого проникнення;
- безпека – безпечна експлуатація окремих елементів та конструкцій в цілому;
- безпека – можливість неруйнівного сприймання вибухової хвилі та у надзвичайних ситуаціях.

Перший тип – безпека, з точки зору захисту від несанкціонованого проникнення в приміщення, оскільки вікна є зовнішніми огороджувальними конструкціями. Цей чинник визначений ДСТУ EN

1627:2014 «Вікна, двері та жалюзі. Стійкість до злому. Класифікація та технічні вимоги». Згідно ДБН [1]: за ступенем стійкості до злому вікна діляться на три основні класи: RC1, RC2, RC2N.

Вікна з RC1 можна застосовувати для других і останніх поверхів.

Вікно з RC2 або RC2N ефективно захистить від спроб злому на перших поверхах.

На практиці для захисту приміщення від проникнення сторонніх осіб застосовують віконні решітки, віконні замки та запірні засувки ручки, що покликані ускладнити або унеможливити проникнення ззовні.

Другий тип- безпечна експлуатація окремих елементів та конструкцій вікон в цілому.

Безпечна експлуатація відповідно до будівельних норм житлових будівель стосується запобіганню травматизму та можливості випадіння дітей з вікон. Згідно ДБН [7] світлопрозорі огорожувальні конструкції, окрім балконних та вхідних дверей, мають бути укомплектовані спеціальними пристроями блокування. Вони блокують або обмежують відчинення стулки у поворотному положення до 89 мм, але дозволяють функціонування відкидного чи паралельно висувного положення стулук. Такі спеціальні пристрої блокування повинні відповідати ДСТУ EN 16281, ДСТУ EN 13126-5 [ ].

Безпечна експлуатація також стосується автоматичних вікон. Потенційні небезпеки автоматичних вікон [6]:

- автоматичне відкриття або закриття, що може призвести до стиснення/розчавлення кінцівки людини або удару;
- несправність компонента, наприклад падіння/руйнування віконної стулки.

Для автоматичних вікон із системою привода необхідні спеціальні захисні елементи. Автоматичні вікна також регламентуються промисловим стандартом EN 14351-1. Стандарт EN 60335-2-103 регламентує безпеку використовуваних блоків електричних лінійних приводів.

Загальні питання безпеки вікон визначені дотримання вимог ДБН А.2.2-3 та ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010, які визначають, що роботи з улаштування вікон та дверей необхідно виконувати згідно з проектом, робочими кресленнями, технологічним проектом на виконання робіт з урахуванням категорії складності будівель цивільного та виробничого призначення залежно від їх архітектурної та технічної характеристики.

Третій тип безпека вікна передбачає забезпечення можливості не руйнування при вибуховій хвилі та у надзвичайних ситуаціях. Дане питання не виникало гостро при проектуванні, будівництві та експлуатації житлових будівель до повномасштабного вторгнення рф в Україну. Згідно статистичних даних, станом на червень 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених внаслідок бойових дій об'єктів житлового фонду становить близько 167200 будівель. З них 147800 — приватні будинки; 19100 — багатоквартирні та 350 гуртожитків. Під час враження будівлі найчастіше від вибухової хвилі пошкоджуються вікна. Це обумовлено тим, що їх основний елемент, скло, є дуже крихким матеріалом. Тому з ними й виникають проблеми. За статистикою постраждалих, що загинули або отримали поранення від осколків різних видів 80% травм і смертей було саме від осколків скла.

Способи, які використовують для підвищення безпечності віконних конструкцій під час дії на них вибухової хвилі:

- зменшити площу можливих уламків, розділивши вікно на малі ділянки. Це можна досягти заклеювання вікон скотчем або цупкою бавовняною тканиною. Цей спосіб не дуже ефективний, але доступний. Рекомендують кожен смужку матеріалу, який використовується приклеювати на раму і на скло. Це зменшить ризик розлітання осколків скла;
- укріплення склопакетів бронеплівкою [4]. Це є більш ефективний спосіб захисту від уламків ніж попередній;
- вікна на перших поверхах можна захистити, закривши їх мішками з піском або із землею зовні по всій висоті. Розташовані таким способом мішки добре поглинають та розсіюють



тиск, який виникає після вибуху. На вищих поверхах, звичайно, мішки можна розмістити лише всередині. Захист скла у такому разі нижчий, але люди у приміщенні будуть захищені.

- використання фанери.

Порівняльна характеристика заходів представлено у таблиці

<b>Способи захисту вікон</b>	<b>Сильні та слабкі сторони способу захисту вікон</b>
Наклеювання скотчу на скло	Частково укріплює скло. Частіше від удару воно тріскається, а якщо й розбивається, розкид осколків менше
Наклеювання тканинних смужок на скло	Ефект захисту такий же як від липкої стрічки, тільки необхідно клеїти клопітніше
Нанесення паперу	Створює ілюзію захисту та легко змивати зі скла
Закриття віконних проємів мішками з сипучим матеріалом	Надійний спосіб уберегти вікна від пошкоджень. Мішки з сипучим матеріалом, добре глушать удари вибухової хвилі.
Закриття віконних проємів фанерою	Служить щитом для скла, пом'якшуючи силу вибуху та не пропускає світло у приміщення
Захист вікон штучними елементами (книжки)	Створюють бар'єр від уламків
Наклеювання на скло бронеплівки	Не забезпечує повний захист від розбивання вікон будинку при випадковому або навмисному ударі, але здатна суттєво підвищити міцність скла

Наведені в таблиці способи захисту від вибухових хвиль вже існуючих вікон потребують подальшого вдосконалення та не завжди є надійним захистом.

Нормативи, будівельні норми України, які визначають методику вибору вікон раціональних параметрів скління та показник захищеності населення у житлових будівлях від вторинних факторів вибуху на сьогодні відсутні.

### **Висновок**

Визначено три основних чинники, що визначають безпеку віконних конструкцій. Проаналізовано питання безпеки, з точки зору захисту приміщення від несанкціонованого проникнення через віконні конструкції, що регламентується ДСТУ EN 1627:201. Проаналізовано заходи з безпечної експлуатації, основи якої визначені у вимогах ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 та ДБН В.2.2-15:2019. Безпечна експлуатація автоматичних вікон регламентуються промисловим стандартом EN 14351-1.

Визначено актуальність та необхідність розроблення заходів та способів конструкцій, для забезпечення стійкості вікон при вибуховій хвилі та у надзвичайних ситуаціях. Будівельні норми України, які визначають методику вибору вікон раціональних параметрів скління та показник захищеності населення у житлових будівлях від вторинних факторів вибуху, на сьогодні відсутні. Систематизовано способи захисту від руйнування внаслідок дії вибухових хвиль існуючих вікон.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДСТУ EN 1627:2014 «Вікна, двері та жалюзі. Стійкість до злому. Класифікація та технічні вимоги. Київ, 2014. 32 с (Національні стандарти України)
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей. Київ, 2010. 106 с (Національні стандарти України)

3. Ратушняк Г. С. Теплотехнічні особливості світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель/ Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, В. В. Панкевич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Том. 30, № 1, с. 148–156
4. Як захистити вікна від вибухової хвилі. [Електронний ресурс] – URL: [https://tvoemisto.tv/news/yakyy\\_zahyst\\_vberezhe\\_vas\\_ulamkiv\\_skla\\_pry\\_vybuchah\\_151722.html](https://tvoemisto.tv/news/yakyy_zahyst_vberezhe_vas_ulamkiv_skla_pry_vybuchah_151722.html) (дата звернення: 01.10.2023)
5. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері. Київ, 2020. 81 с (Національні стандарти України)
6. Система безпеки вікон - безпечне проєктування автоматичних вікон [Електронний ресурс] – URL: <https://www.geze.ua/uk/cikavi-novini/temi/sistema-bezpeki-vikon> (дата звернення: 01.10.2023)
7. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будівлі. Основні положення. Зміна №1. Київ, 2022. 43 с (Національні стандарти України)

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н, професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Панкевич Володимир В'ячеславович** – аспірант факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: [pankvoa82@gmail.com](mailto:pankvoa82@gmail.com)

**Georgiy Ratushnyak**, Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0001-9656-5150 e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Volodymyr Pankevych**, postgraduate Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: [pankvoa82@gmail.com](mailto:pankvoa82@gmail.com)

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ВІД ЙОГО КУТА НАХИЛУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Ця стаття присвячена залежності продуктивності плоского сонячного колектора від його кута нахилу.

Розглянуто основні фактори, що впливають на продуктивність плоского сонячного колектора. Аналізуються технічні аспекти та технологічні рішення, які допомагають збільшити продуктивність плоского сонячного колектора.

**Ключові слова:** сонячний колектор, сонячна батарея, абсорбер сонячного колектора, продуктивність сонячного колектора, кут нахилу сонячного колектора.

### Abstract

This article is devoted to the dependence of flat solar collector performance on its tilt angle. The main factors affecting the performance of a flat solar collector are considered. Technical aspects and technological solutions that help to increase the productivity of a flat solar collector are analyzed. The review also includes a list of advantages of using a combined heat and power system with solar collectors.

**Keywords:** solar collector, solar battery, solar collector absorber, solar collector performance, solar collector angle of inclination.

### Вступ

Метою цього огляду є розгляд залежності продуктивності плоского сонячного колектора від кута нахилу. Ми дослідимо основні чинники, що впливають на величину продуктивності, а також розглянемо можливі технічні рішення та технології, які допомагають збільшити продуктивність за рахунок вибору оптимального кута нахилу.

### Основна частина

Щоб продуктивність геліосистеми була високою вкрай важлива орієнтація і кут нахилу сонячних колекторів на монтажному майданчику. Для поглинання максимальної кількості сонячної енергії площина сонячного колектора повинна бути перпендикулярна сонячним променям. Однак сонце світить на Земну поверхню завжди під різним кутом залежно від часу доби та року. Тому для монтажу сонячних колекторів необхідно розрахувати оптимальну орієнтацію у просторі абсорбера сонячного колектора [1].

Для оцінки оптимального орієнтування колекторів враховується обертання Землі навколо Сонця та навколо своєї осі, а також зміна відстані від Сонця. Для визначення положення сонячного колектора або сонячної батареї необхідно враховувати основні кутові параметри:

- широта місця встановлення  $\varphi$ ;
- годинний кут  $\omega$ ;
- кут сонячного схилення  $\delta$ ;
- кут нахилу до горизонту  $\beta$ ;
- азимут  $\alpha$ .

**Широта місця установки** ( $\varphi$ ) показує, наскільки місце знаходиться на північ або південніше від екватора, і становить кут від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , що відраховується від площини екватора до одного з полюсів – північного або південного.

**Годинний кут** ( $\omega$ ) переводить місцевий сонячний час у число градусів, яке сонце проходить по небу.

**Кут схилення сонця** ( $\delta$ ) залежить від обертання Землі навколо Сонця, оскільки орбіта обертання має еліптичну форму і сама вісь обертання теж нахилена, то кут змінюється протягом року від

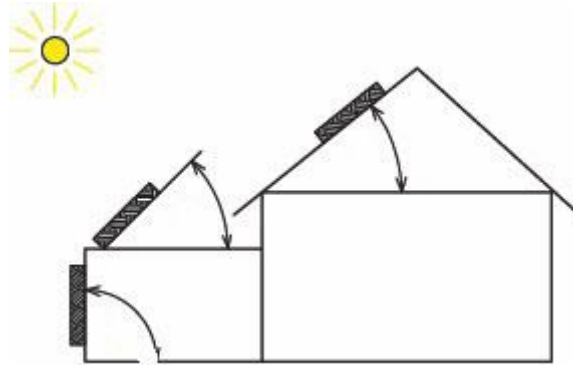
значення  $23.45^\circ$  до  $-23.45^\circ$ . Кут схилення стає рівним нулю двічі на рік у дні весняного та осіннього рівнодення.

Схилення сонця для конкретно обраного дня визначається за формулою:

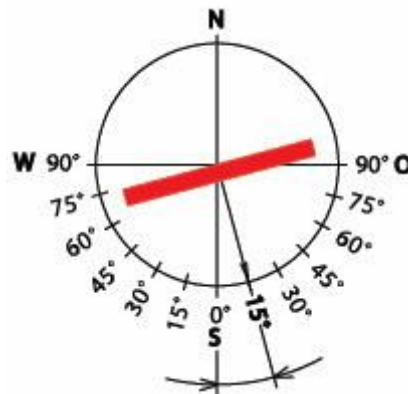
$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right);$$

Де  $n$  – порядковий номер дня на рік, відрахований від 1 січня.

**Нахил до горизонту ( $\beta$ )** утворюється між горизонтальною площиною та сонячною панеллю. Наприклад, при монтажі на похилому даху кут нахилу колектора визначається крутістю схилу даху.



**Азимут ( $\alpha$ )** характеризує відхилення поглинаючої площини колектора від південного напрямку, при орієнтуванні сонячного колектора точно на південь азимут  $= 0^\circ$ .



Кут падіння сонячних променів на довільно орієнтовану поверхню, що має певне значення азимуту і кут нахилу, визначається за формулою:

$$\cos i = \sin \beta [\cos \delta (\sin \varphi \cos \alpha \cos \omega + \sin \alpha \sin \omega) - \sin \delta \cos \varphi \cos \alpha] + \cos \beta (\cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi).$$

Якщо у цій формулі замінити значення кута  $\beta$  на  $0$ , тоді вийде вираз визначення кута падіння сонячних променів на горизонтальну поверхню:

$$\cos i = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi.$$

$$J = J_S P_S + J_D P_D,$$

Де  $J_s$  і  $J_d$  - інтенсивність потоків прямого та розсіяного сонячного випромінювання, що падають на горизонтальну поверхню, відповідно.

$P_s = \frac{\cos i}{\sin \alpha}$  і  $P_d = \cos i \frac{2\beta}{2}$  – коефіцієнти положення сонячного колектора для прямого та розсіяного сонячного випромінювання [2].

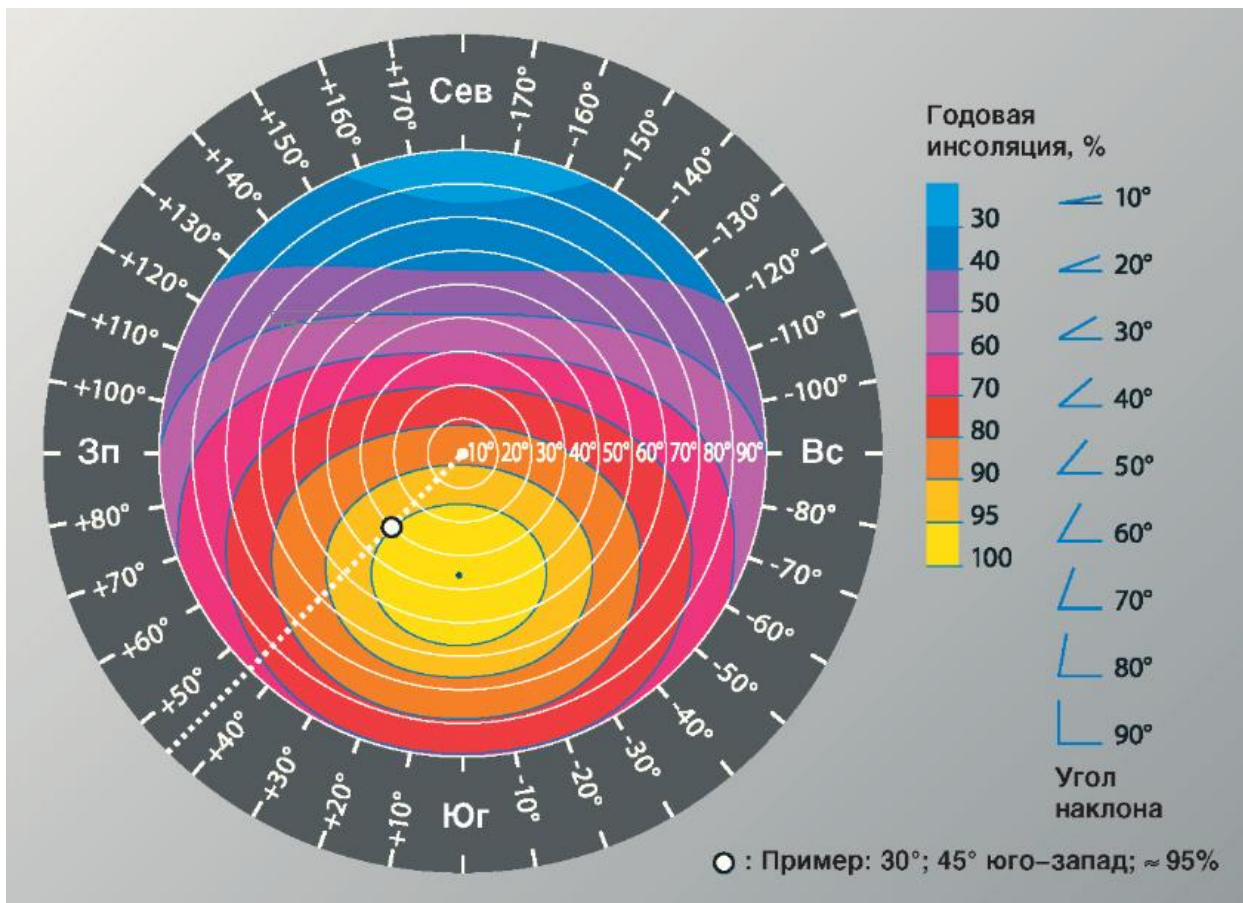
Для забезпечення попадання на абсорбер максимальної (за розрахунковий період) кількості сонячної енергії колектор монтується у похилому положенні з оптимальним кутом нахилу до горизонту, який визначається розрахунковим методом і залежить від періоду використання геліосистеми. При південному орієнтуванні колектора для цілорічних геліосистем  $\beta = \varphi$ , для сезонних геліосистем  $\beta = \varphi - 15^\circ$ . Тоді формула набуде вигляду, для сезонних геліосистем:

$$\cos i = 0,259 \sin \delta + 0,966 \cos \delta \cos \omega,$$

Для цілорічних:

$$\cos i = \cos \delta \cos \omega.$$

Сонячні колектори, орієнтовані у південному напрямку та змонтовані під кутом від  $30^\circ$  до  $65^\circ$  щодо горизонту, дозволяють досягти гарного значення поглинання сонячного випромінювання в Україні. Але навіть за певних відхилень від цих умов геліосистема може виробляти достатню кількість енергії. Установка з невеликим кутом нахилу більш ефективна, якщо сонячні колектори або сонячні батареї не можна орієнтувати на південь [3].



## Висновок

Отже, якщо сонячні колектори спрямовані на південний захід, з азимутом  $45^\circ$  і кутом нахилу  $30^\circ$ , така система зможе поглинати до 95% від максимально можливої кількості сонячного випромінювання. Або при орієнтуванні у східному чи західному напрямку можна забезпечити до 85% попадання енергії на колектор при встановленні панелей під кутом  $25-35^\circ$ . Якщо кут нахилу колектора більший, то кількість енергії, що надходить на поверхню колектора, буде більш рівномірною, для підтримки опалення такий варіант установки ефективніший.

Найчастіше орієнтування залежить від варіанта монтажу сонячних колекторів, установка колектора проводиться на даху будівлі, тому важливо на стадії проектування будівлі врахувати можливість оптимального встановлення колекторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Плоскі сонячні колектори ВАХІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baxi.ua/page/produkciya/teplov%D1%96-sonyachn%D1%96-sistemi.html>
- 2 Підбір бака-акумулятора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kotly.org.ua/baki-akkumuljatory.html>.
- 3 Типи геліосистем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/geliosistemi/tipi-geliosistem/>.

**Братусик Олександр Валерійович** – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Науковий керівник: Сlobодян Наталія Михайлівна** – к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-2111-1434, email: [slobodian@vntu.edu.ua](mailto:slobodian@vntu.edu.ua)

**Bratusyk Oleksandr** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university.

**Scientific supervisor: Natalia Slobodyan** – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-2111-1434, email: [slobodian@vntu.edu.ua](mailto:slobodian@vntu.edu.ua)

## СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Розглянуто область застосування сучасних енергоефективних будівельних матеріалів та конструкцій. Проаналізовано велику кількість факторів, що впливають на енергетичну ефективність будівель, а також необхідність обліку всіх видів енергетичних ресурсів, що споживаються та виробляються будівлею як єдиною енергетичною системою, що зумовило необхідність аналізу та класифікації показників енергетичної ефективності будівель.*

**Ключові слова:** будівельний матеріал, конструкція, композиційний, геосинтетичний, теплоізоляційний, енергоефективність.

### Abstract

*The scope of application of modern energy-efficient building materials and structures is considered. A large number of factors affecting the energy efficiency of buildings were analyzed, as well as the need to account for all types of energy resources consumed and produced by the building as a single energy system, which led to the need to analyze and classify indicators of energy efficiency of buildings.*

**Keywords:** building material, construction, composite, geosynthetic, thermal insulation, energy efficiency.

### Вступ

Системний підхід до енергоефективності будівель протягом їх життєвого циклу передбачає управління факторами, що визначають енергозберігаючі характеристики та енергоефективність будівель. Життєвий цикл будівлі безпосередньо залежить від життєвого циклу матеріалів, що використовуються при її будівництві. Будівництво є однією з найбільш матеріаломістких галузей національної економіки [1,3,8]. Вартість матеріалів, що використовуються безпосередньо при зведенні будівель і споруд, становить більше половини загальної вартості будівельно-монтажних робіт. Будівництво споживає понад 30 % всієї матеріальної продукції. Будівельні матеріали та конструкції майбутніх будівель визначаються на етапі проектування. Важливим критерієм вибору є енергоефективність, зокрема споживання енергії, необхідної для їх виробництва. Основними будівельними матеріалами, що використовуються в будівництві, є бетон, цегла (керамічна та силікатна) і деревина. Технічні процеси виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій вимагають значних витрат енергії, особливо для енергоємних матеріалів, таких як бетон, скло і металеві вироби [2,5,9].

### Результати досліджень

Перехід на енергозберігаючі технології в будівництві дозволить не лише зменшити споживання тепла на одиницю продукції, але й підвищити продуктивність праці в секторі. Водночас слід враховувати, що енергоємність, теплозахист і довговічність будівельних виробів тісно пов'язані між собою, а отже, енергоефективність галузі в цілому залежить від загального енергоспоживання будівлі під час будівництва та експлуатації. У деяких випадках заміна огорожувальних конструкцій з високою енергоємністю на менш енергоємні може мати позитивний ефект [4]. І навпаки, заміна низькоенергоємної конструкції на менш енергоємну і більш довговічну може заощадити енергію. Впровадження енергозберігаючих технологій зазвичай вимагає додаткових капітальних та енергетичних витрат. Енергозбереження можна досягти лише тоді, коли враховується загальний ефект від енергоємності, довговічності та теплозахисту будівельних компонентів протягом тривалого (>100 років) терміну експлуатації будівлі [6].

21 століття – це століття композитних матеріалів. Натуральні і навіть синтетичні матеріали в їхньому природному стані вже не можуть повністю задовольнити вимоги дизайнерів, архітекторів та інженерів. Суть композитних матеріалів полягає в поєднанні різних матеріалів, щоб виявити їх найкращі сторони в тій мірі, в якій це необхідно для кожного конкретного застосування. Використання композитних будівельних матеріалів підвищує енергоефективність будівель протягом усього їхнього життєвого циклу, залежно від ряду факторів [4]:

- композитні будівельні матеріали виробляються з кращим тепловим захистом у порівнянні зі звичайними матеріалами, що підвищує клас енергоефективності будівлі;
- у виробництві композитних будівельних матеріалів часто використовуються промислові відходи, що зменшує вплив на навколишнє середовище та енергоємність життєвого циклу матеріалу;
- композитні будівельні матеріали мають тривалий термін служби і можуть бути перероблені.

Те, як проектується і будуються будівельні об'єкти, впливає не лише на споживання ресурсів та енергії, але й на ресурсоємність виробничого процесу. Одним з найвпливовіших напрямків є пошук нових будівельних матеріалів, конструкцій і технологій, що дозволяють заощаджувати ресурси та енергію, і геоматеріали є яскравим прикладом цього. Геосинтетичні матеріали вже давно використовуються у всьому світі, основними споживачами є транспорт, промисловість та гідротехнічне будівництво. Термін "геосинтетичні матеріали" охоплює широку групу матеріалів, в яких принаймні один з компонентів складається з синтетичних або природних полімерів або матеріалів плоскої, рулонної або тривимірної структури, що використовуються в геотехніці та інших сферах будівництва, які контактують з ґрунтом та/або іншими будівельними матеріалами. Геосинтетичні полімерні матеріали, виготовлені з синтетичних або природних полімерів, широко застосовуються в будівництві у вигляді плоских форм, стрічок або тривимірних структур. Ткані геотекстилі використовуються як армуючі, розділові та дренажні шари в дорожньому будівництві, будівництві продуктопроводів і зведенні геотехнічних споруд у всіх видах будівництва. Використання геотекстилю дозволяє економити матеріальні ресурси та енергію, а також підвищує інноваційність організаційно-технічних рішень. Крім того, використання геотекстилю при будівництві піщаних подушок запобігає інфільтрації ґрунту подушки і продовжує термін служби фундаментів. Використання текстильного геотекстилю дозволяє економити матеріальні та енергетичні ресурси, а також підвищує інноваційність організаційних і технічних рішень [1-4].

Чинні будівельні норми в різних країнах встановлюють споживання енергії лише на рівні 80-100 кВт-год/м<sup>2</sup> на рік. Нове покоління будинків, спроектованих і побудованих за концепцією Passivhaus, може знизити споживання енергії до 15-30 кВт-год/м<sup>2</sup> на рік, залежно від площі будівлі. Ключовим елементом у досягненні цього стандарту є використання ефективної ізоляції в конструкції будівлі. Сучасна промисловість пропонує широкий асортимент ізоляційних матеріалів з різними сферами застосування, технічними та якісними характеристиками. Скловолокно та кам'яна вата є найпоширенішими ізоляційними матеріалами, на які припадає 38% та 37% відповідно. Велику частку (близько 22%) має пінополістирол, в тому числі екструдований полістирол (5,3%).

Основними факторами, які допомагають знизити енергоспоживання будівлі до мінімального рівня 15-30 кВт-год/(м<sup>2</sup>/рік), є [6-10]

- підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій до максимально технічно можливого рівня;
- максимізація термічного опору світлопрозорих конструкцій до максимально технічно можливого рівня;
- мінімізація теплових містків;



- забезпечення необхідної герметичності будівлі від проникнення зовнішнього повітря;
- встановлення систем примусової вентиляції з рекуперацією тепла з вентиляційного повітря

- оптимізація форми і розташування будівлі з урахуванням впливу вітру і потенціалу використання сонячної радіації.

Поєднання вищезазначених факторів мінімізує енергоспоживання будівель. Водночас, вирішальним фактором підвищення енергоефективності будівель є збільшення термічного опору конструктивних елементів.

#### Висновок

Зменшення енергоспоживання при експлуатації існуючих будівель та будівництві нових наразі є дуже важливим питанням. Одним з основних шляхів вирішення цієї проблеми є значне підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій. За рахунок поліпшення теплового захисту будівель можна знизити енергоспоживання більш ніж на 35% і забезпечити тепловий комфорт в будівлях навіть при низькій температурі теплоносія, що подається.

Основними технічними та експлуатаційними перевагами використання сучасних енергоефективних матеріалів і конструкцій є: збереження зовнішнього вигляду будівлі з плином часу; подовження терміну служби будівлі; можливість ремонту фасаду та заміни окремих елементів без руйнування зовнішньої конструкції стін; зміна архітектурного вигляду фасаду шляхом зміни матеріалу облицювання, його форми та кольору; низькі експлуатаційні витрати; забезпечення здорового мікроклімату в приміщеннях, оскільки не перешкоджається дифузія водяної пари.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чистяков В.В., Гасан Ю.Г. Сучасні теплоізоляційні матеріали: Конспект лекцій / О.М. Петропавловський. – К.: КНУБА, 2007. – 28 с.
2. Технологія опоряджувальних робіт та захист споруд: навч. пос. / О.Ф. Шмаль – Любешів: ЛНТУ, 2013. – 278 с.
3. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. - Київ: Гама-Принт, 2009. - 216 с.
4. Шаповал С. В. Конспект лекцій з курсу «Сучасні будівельні матеріали і технології» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності – Архітектура та містобудування) / С. В. Шаповал, А. А. Баранова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 97 с.
5. В. А. Лісенко, В. Г. Суханов, Ю. О. Закорчемний, С. Є. Верьовкіна. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. – Одеса: Вид-во «Optimum», 2015. – 254 с.
6. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації: ДБН В.2.6-33:2018. – К.: Мінбудархітектури України, 2018. – 24 с. . – ( Державні будівельні норми України).
7. Теоретичні засади та загальна концепція енергоефективного будівництва / О.І. Ободяньська, Р.І. Пономаров // L науково-технічна конференція ФБТЕГП ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/11845>.
8. Інноваційні технології для внутрішнього утеплення будівель / О.І. Ободяньська, І.О. Забіяка, В.В. Грибик // L науково-технічна конференція ФБТЕГП ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/11925>.
9. Енергоефективні будинки та споруди / О.І. Ободяньська, В.В. Грибик, А.Я. Панченко // Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України» (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/14058>.
10. Енергоефективність багатоквартирних будівель/ О.І. Ободяньська // LI науково-технічна конференція ФБЦЕІ ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15243>.

**Ободяньська Ольга Ігорівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: [olha.obodyanska@i.ua](mailto:olha.obodyanska@i.ua).

**Блеянюк Артем Олегович** – студент групи БТ-206, факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, email: [bleyanuyuk2004@gmail.com](mailto:bleyanuyuk2004@gmail.com).

**Obodyanska Olha** – PhD, associate professor of department of engineering systems in construction Vinnytsia National Technical University, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: [olha.obodyanska@i.ua](mailto:olha.obodyanska@i.ua).

**Bleianiuk Artem** – student group BT-20b Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University.

# ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ В ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*У роботі проведено аналіз системи повітряного опалення. Повітряне опалення засноване на перенесенні тепла через повітря, яке попередньо нагрівається в джерелі тепла. Повітряне опалення може здійснюватися через елементи систем вентиляції та кондиціювання. У роботі визначено фактори які сприяють використанню системи повітряного опалення у приміщеннях. Визначено комбінації систем за яких система повітряного опалення дає можливість досягнути максимального коефіцієнту корисної дії в порівнянні з водяною системою опалення.*

**Ключові слова:** нагріте повітря, повітряне опалення, кондиціювання, громадська будівля, приміщення

## **Abstract**

*The paper analyzes the air heating system. Air heating is based on the transfer of heat through air, which is preheated in a heat source. Air heating can be carried out through elements of ventilation and air conditioning systems. Factors contributing to the use of the air heating system in the premises are determined in the work. Combinations of systems under which the air heating system makes it possible to achieve the maximum efficiency in comparison with the water heating system are determined.*

**Keywords:** energy efficiency, air heating, conditioning

## **Вступ**

Багато європейських країн вже давно використовують позитивний досвід опалення громадських приміщень з допомогою нагрітого повітря. Найбільш популярним повітряне опалення вживається у приміщеннях громадських будівель, де не завжди можливо та доцільно монтувати інші системи, наприклад, торгові зали, холи, тому системи повітряного опалення громадського будинку викликають зацікавлення в багатьох споживачів. За рахунок повітряного опалення виконується вимога щодо дотримання нормативних температурних режимів і постійної циркуляції повітря на всій площі [1, 2, 4, 5]. Установлення радіаторів або інших нагрівальних елементів не зможе забезпечити рівномірного розподілу теплоти, а повітряне опалення дозволяє швидко і ефективно прогріти всю площу приміщення. У громадських будівлях популярність повітряного опалення також обумовлена необхідністю дотримання заходів безпеки., оскільки система повітряного опалення дозволяє створити нешкідливий обігрів приміщень.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності використання повітряного опалення в громадських будівлях.

## **Основна частина**

Повітряне опалення - це сучасний спосіб обігріву громадських приміщень, який все частіше використовується в сучасному будівництві, в тому числі і в низькоенергетичному будівництві [2, 3]. Повітряне опалення засноване на перенесенні тепла через повітря, яке попередньо нагрівається в джерелі тепла. Потім його розподіляють по спеціальних повітряних каналах прямокутного або круглого перерізу. Канали розташовані в стелі або підлозі, і виготовлені з оцинкованої сталі, ізольовані мінеральною ватою з алюмінієвою оболонкою. Опалення може здійснюватися через елементи систем вентиляції та кондиціювання. Нагріте повітря подається в приміщення громадської будівлі через решітки, які мають можливість регулювати потік повітря, що подається. Серед його переваг - висока ефективність і простота регулювання температури.

Проаналізувавши основні способи повітряного опалення [1, 4], що використовуються у громадських будівель виділимо основні два:

– за допомогою системи вентиляції з рециркуляцією. У цьому випадку маємо цикл із величезним об'ємом повітря, що проходить через теплообмінник. У перше кільце системи організується підмішування чистого повітряного потоку. Це «додаткове» повітря потрібне, щоб підтримувати прийнятний рівень вмісту CO<sub>2</sub>. Повітряні маси, які підмішуються в систему, попередньо підігрівають. Приклад такої системи у роботі [6];

– за допомогою систем кондиціонування. Будь-який сучасний кондиціонер має функцію обігріву. Подача кондиціонером гарячого повітря є повітряним опаленням. У громадських будівлях для обігріву повітрям використовується каналне обладнання, а також настінні, підлогові, стельові кондиціонери тощо. У великих громадських будинках можна встановлювати мультиспліт- і VRV-системи. У напівпромисловому сегменті найчастіше застосовуються VRV-системи. Установка цієї системи передбачає наявність великого блоку зовні та різноманітних внутрішніх блоків (залежно від потреб — настінних, каналних тощо).

Великі громадські будівлі вимагають відповідних їхнім площам і потребам потужностей. Таким потужним обладнанням є чиллери (рис. 1). У чиллера величезний зовнішній блок — це градирня, що працює на воді (або робота здійснюється на фреоні). Блок віддає тепло всередину приміщення через фанкойли, які, як і внутрішні блоки у VRV-системах, можуть бути настінними або підлоговими [1-3].

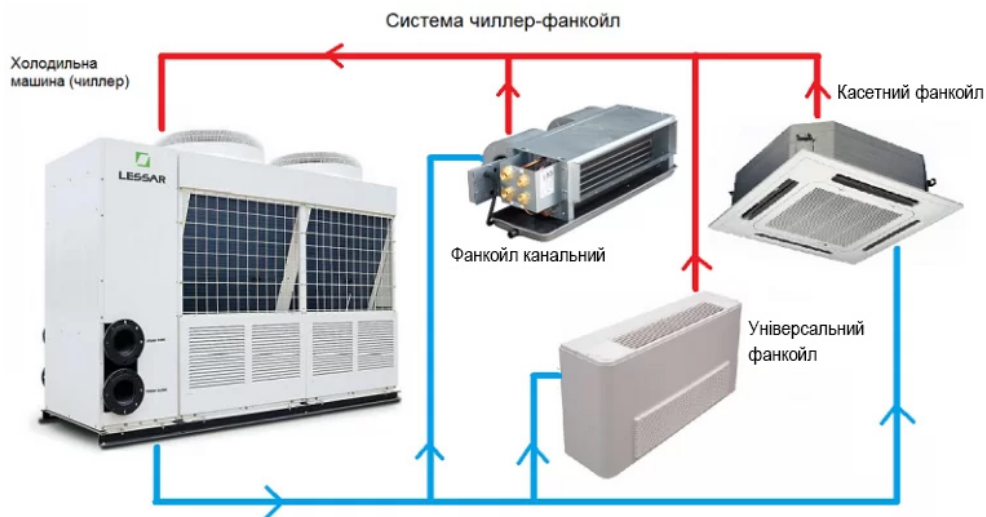


Рис 1. – Елементи системи кондиціонування чиллер-фанкойл

Зазначимо, що у громадських будівлях 90% кондиціонерів можна включати на обігрів при зовнішній температурі не нижче -15°C. Тільки близько 10% агрегатів мають високий COP, і відносяться до низькотемпературних, здатних працювати при  $t$  до -20°C.

У житлових будівлях повітряне опалення ефективне в комбінації — тепловий насос («повітря-вода» або геотермальний) + фанкойли для підлоги; у громадських будівлях - опалення за допомогою вентиляції з рециркуляцією, VRV-систем або чиллерів виправдане кількома факторами [1,4,5]:

- системи повітряного опалення можна ставити у приміщеннях з високими стелями, що проектується в громадських будівлях;
- у великих приміщеннях в громадських будівлях нівелюється дискомфорт подачі повітряного потоку зверху;
- у таких просторах в громадських будівлях вдається зменшити шум, який надходить з цих установок.

До недоліків обігріву з використанням повітряного опалення варто віднести [1].

- в громадських будівлях вентиляція з рециркуляцією та підмішуванням недоцільна, оскільки не можна контролювати температуру в різних приміщеннях.
- в приватному будинку найкраще встановлювати підлогові фанкойли. Фізичний процес подачі повітря з верхньої точки призводить до того, що тепло накопичується зверху.

- оскільки системи повітряного опалення на вентиляції в громадських будівлях оперують величезними обсягами повітря, елементи обладнання встановлюються у просторах приміщеннях із високими стелями. В громадських будівлях це обладнання буде «викрадати» простір - через істотне заниження рівня стель, зважаючи на великий діаметр повітроводів. Крім того, мінус системи з рециркуляцією - шум, який буде особливо помітним.

Система, що базується на вентиляції з рекуперацією, застосовується в громадських будівлях. Її можна побачити у торгових та офісних центрах, кінотеатрах, цехах - там, де потрібно забезпечити нагрівання та підтримання рівня CO<sub>2</sub>.

Повітряне опалення в громадських будівлях може бути забезпечене звичайним кондиціонером, мультиспліт- або VRV-системою. При виборі системи обігріву будинку гарячим повітрям з кондиціонерів слід пам'ятати про необхідність облаштування системи вентиляції, яка подаватиме свіже повітря в приміщення [1, 3].

## Висновки

Використання системи повітряного опалення в громадських будівлях є актуальним і визначається технічним обґрунтуванням при аналізі вихідних даних. Влаштування такої системи має свої переваги та недоліки. При певних конструктивних умовах повітряне опалення є досить ефективне в комбінації: опалення за допомогою вентиляції з рециркуляцією, VRV-систем або чилерів. Повітряне опалення в громадських будівлях може бути забезпечене звичайним кондиціонером, мультиспліт- або VRV-системою. Використання таких комбінацій дає можливість досягнути максимального коефіцієнту корисної дії повітряного опалення будівель в порівнянні з водяною системою опалення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Повітряне опалення. URL: <https://alterair.ua/stati/vozdushnoe-otoplenie-printsip-primenenie/> (дата звернення 03.10.2023 р.)
2. Повітряне опалення. URL: <https://ht-heiztechnik.ua/bloh?layout=edit&id=110> (дата звернення 05.10.2023 р.)
3. Повітряне опалення, переваги і недоліки. URL: <https://www.svittepla.com.ua/ua/blog-kompanii/povitriane-opalennia-perevagi-ta-nedostatki-v-budinku-abo-virobnitstvi> (дата звернення 06.10.2023 р.)
4. ДБН В. 2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування К.: 2014. – 113с.
5. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення Мінрегіон України, 2018 р.
6. Берещук А.В., Панкевич О. Д. Системи забезпечення мікроклімату приміщень торговельно-розважального центру // Матеріали конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022), Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14248>

*Панкевич Ольга Дмитрівна* - к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9319-3435 e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

*Клімов Владислав Олегович* – магістрант групи ТГ-22м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету

*Olga Pankevych* – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0001-9319-3435 e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

*Vladislav Klimov* – master of group TG-22m to the faculty of building, civil and ecological engineering of Vinnytsia National Technical University

# ПОБУДОВА ДЕРЕВА ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ТА ЛІНГВІСТИЧНА ОЦІНКА ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІМПРЕГНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*В доповіді розглянуто лінгвістичну оцінку змінних параметрів, які впливають на технічний стан устаткування для гідротермічного насичення будівельних виробів. Проаналізовано характерні для даного обладнання фактори, що чинять вплив на надійність і якість роботи обладнання.*

**Ключові слова:** імпрегнування, імпульсне насичення, будівельні матеріали, оцінка надійності, фактори надійності, устаткування для насичення, будівельні вироби.

## Abstract

*The report considers the linguistic assessment of variable parameters that affect the technical condition of equipment for hydrothermal saturation of construction products. Factors characteristic of this equipment that influence the reliability and quality of the equipment are analyzed. The relevance of using the theory of fuzzy linguistic variables to assess the reliability of the equipment for the production of construction products is substantiated.*

**Keywords:** impregnation, impulse saturation, building materials, reliability assessment, reliability factors, equipment for saturation, construction products.

## Вступ

Модернізація технологій та впровадження нових конструктивних рішень, що стосуються обладнання для імпрегнування будівельних виробів зумовлюють потребу у прогнозуванні імовірності якісної роботи нового обладнання даної галузі. В даній роботі запропоновано використання математичної моделі для оцінки надійності безвідмовної роботи устаткування для імпрегнування будівельних виробів.

## Результати дослідження

Технологія циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів, яка полягає в глибокому проникненні рідини в капілярно-пористу структуру просочувального виробу [1], є достатньо перспективною і може широко використовуватись для виготовлення якісної будівельної продукції наділеної необхідними фізико-механічними характеристиками. Сучасні схеми обладнання для реалізації технології імпрегнування будівельних виробів [2-4] формують запит щодо створення математичної моделі для оцінки надійності роботи такого устаткування.

Всі конструктивні елементи устаткування повинні виконувати задані функції, зберігаючи в часі встановлені експлуатаційні показники в межах відповідних заданим режимам, умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування. В роботі [5] розглянуто види відмов, які можуть виникнути під час експлуатації гідроімпульсного обладнання, а саме: раптові – аварії, які неможливо передбачити; поступові, що обумовлені зносом, корозією та ін. факторами, які можна передбачити, змоделювати їхній вплив і запобігти виникненню таких відмов. Відповідно [5] до факторів, які мають вплив на надійність устаткування для імпульсного насичення будівельних виробів відносяться такі: проєктні рішення, роботи по монтажу і встановленню обладнання, експлуатаційні чинники.

Згадані чинники розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Нечіткий терм — це лінгвістична змінна, значення якої

виражається словом [6]. Для опису нечітких термів для оцінювання лінгвістичних змінних в співвідношеннях прийняті кількісні вирази, тобто “низька” (Н), “середня” (С) та “висока” (В). Використовуючи дані нечіткі терми, відкривається можливість побудови експертних нечітких баз знань. Такі бази віддзеркалюють зв'язки між вхідними та вихідними змінними. Базуючись на класифікації факторів, що впливають на технічний стан устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних виробів, які наведені в роботі [5], було складено таблицю лінгвістичної оцінки змінних параметрів для даного устаткування, яка представлена таблицею 1.

Таблиця 1

Лінгвістична оцінка змінних параметрів устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних виробів

Параметри	Позначення лінгвістичної змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
1	2	3	4
Експлуатаційні	X <sub>11</sub> – температура середовища роб.	50...130 °С	низька, середня, висока
	X <sub>12</sub> – тривалість насичення	120...240 хв	низька, середня, висока
	X <sub>13</sub> – герметичність	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
	X <sub>14</sub> – техн. рівень обслуговуючого персоналу	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
Проектні	X <sub>21</sub> – неточності моделюванні процесів імпульсного гідротермічного імпрегнування	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
	X <sub>22</sub> – запас механічної надійності	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
	X <sub>23</sub> – неточності моделюванні вібраційної роботи	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
Монтажні	X <sub>31</sub> – надійність вузлів ущільнення	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
	X <sub>32</sub> – перекоси направляючих елементах силового плунжера і елементах управління	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока
	X <sub>33</sub> – регулювання блоку управління	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока

З використанням параметрів, які окреслюють фактори впливу на технічний стан устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних матеріалів, що представлені залежностями, наведеними у [5], було побудовано дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків між об'єктами кількісними та якісними параметрами матеріалів (рис.1). Відповідно до цього здійснювати інтелектуальну підтримку щодо оцінки технічного стану устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних матеріалів на експертному рівні дозволяє корінь дерева логічних висновків.

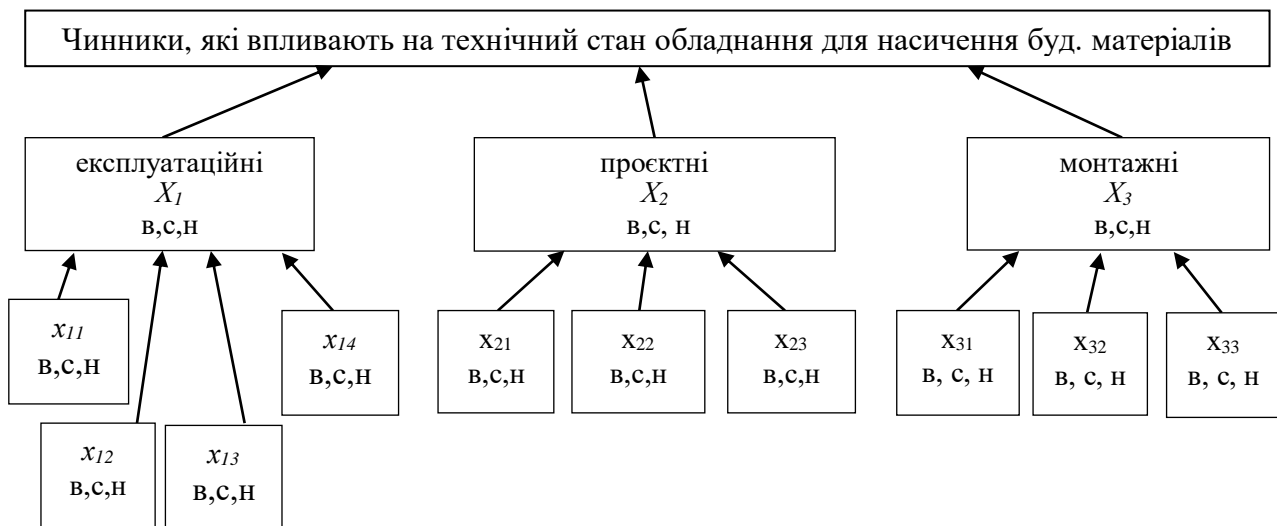


Рисунок 1 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, які впливають на технічний стан обладнання для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних матеріалів

Структуризація разом з ієрархічною класифікацією параметрів оцінки технічного стану обладнання для імпульсного просочування будівельних виробів відкриває можливість побудови функції належності нечітких оцінок впливу параметрів на прийняття проєктних рішень.

### Висновки

Запропонована класифікація факторів для оцінки надійності технічного стану і роботи устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних матеріалів спеціальними рідинами дозволить встановити ієрархічні зв'язки між ними на системному рівні з урахуванням кількісних і якісних ознак, які оцінюються лінгвістичними змінними.

Структуризовані та ієрархічно класифіковані фактори надійності є основою для розроблення математичних моделей у вигляді функцій належності нечітких оцінок впливу на надійність роботи обладнання для виготовлення будівельних виробів шляхом насичення будівельних матеріалів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коц І. В., Горюн О. О. Аналітичний огляд сучасних технологій виготовлення бетонополімерних виробів: materials of the XIII International scientific and practical Conference "Scientific horizons - 2018", Sheffield, September 30 - October 7 2018, Sheffield, 2018. – Т. 7 : Construction and architecture. Р. 46-49.
2. Установа для гідроімпульсного баротермічного просочування органічних матеріалів: пат. 58430 Україна № u201011743; заявл. 04.10.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7. – 3 с. : кресл.
3. Устаткування для циклічного гідротермічного насичення бетонних та залізобетонних виробів: пат. 140195 Україна № u201907557; заявл. 05.07.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. – 5 с. : кресл.
4. Устаткування для циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів: пат. 145860 Україна № u202004696; заявл. 24.07.2020; опубл. 6.01.2021, Бюл. № 1. - 6 с. : кресл.
5. Горюн О. О. Аналітичний огляд факторів надійності устаткування для імпульсного гідротермічного імпрегнування будівельних матеріалів. L Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету: Мат-ли доповідей міжнародної наук.-технічн. конф., НТКП ВНТУ–2021, м. Вінниця, 10-12 березня 2021 р., Вінниця, 2021. С. 1811-1812.
6. Ротштейн О. П. Метод побудови функцій належності нечітких мно- жин / О. П. Ротштейн, Г. О. Черноволик, Є. П. Ларюшкін // Вісник Вінницького політехнічного інституту : наук. журнал. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 1996. – № 3. – С. 72–75.

**Олег Олегович Горюн** – асистент кафедри інженерних систем в будівництві, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії. Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, e-mail: oleggoriun@vntu.edu.ua.

**Oleh O. Horiun** — assistant of the department of engineering systems in construction, faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : oleggoriun@vntu.edu.ua.

## **УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ АВТОКЛАВНОЇ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

У доповіді приводиться аналіз нових конструктивних схем теплових камер для автоклавної обробки харчової продукції з аеродинамічним рециркуляційним нагрівачем для теплової стерилізації харчової продукції. Особливістю конструктивного виконання теплової камери є технологічне поєднання аеродинамічного рециркуляційного нагрівача з компресорним агрегатом, що забезпечує зменшення енерговитрат та часу на організацію даного технологічного процесу.

**Ключові слова:** тепла камера; автоклавна обробка; харчова продукція; стерилізація; рециркуляційний аеродинамічний нагрівач; генерування; тепла енергія; тиск; температура.

### *Abstract*

The report provides an analysis of new design schemes of thermal chambers for autoclave processing of food products with an aerodynamic recirculation heater for thermal sterilization of food products. A feature of the design of the thermal chamber is the technological combination of an aerodynamic recirculation heater with a compressor unit, which ensures a reduction in energy consumption and time for the organization of this technological process.

**Keywords:** thermal camera; autoclave treatment; food products; sterilization; recirculation aerodynamic heater; generation; thermal energy; pressure; temperature.

### **Вступ**

Відомі такі традиційні способи застосування теплової автоклавної обробки в харчовій промисловості [ 1 ].

1. Стерилізація консервованих продуктів: Теплова обробка в автоклавах використовується для знищення мікроорганізмів та збереження продуктів тривалий час без додавання хімічних консервантів. Це може включати стерилізацію овочів, фруктів, м'яса, риби та інших продуктів.

2. Виробництво кондитерських виробів: Теплова автоклавна обробка використовується для виробництва кондитерських виробів, таких як конфети, карамель, печиво та інші продукти. Цей процес дозволяє забезпечити безпечність та тривалість зберігання цих виробів.

3. Виробництво напоїв: Теплова автоклавна обробка також використовується в виробництві напоїв, таких як соки, концентрати, пастеризоване молоко та інші. Це допомагає знищити шкідливі мікроорганізми та забезпечити тривалий термін зберігання без необхідності додавання хімічних консервантів.

4. Виробництво консервованої риби: Теплова автоклавна обробка є необхідною для виробництва консервованої риби, такої як консерви, сардини, тунець та інші. Цей процес забезпечує знищення бактерій та інших шкідливих мікроорганізмів, що дозволяє зберігати рибу тривалий час без ризику харчових отруень.

Це лише кілька прикладів традиційних способів застосування теплової автоклавної обробки в харчовій промисловості. Цей процес є надзвичайно важливим та актуальним для забезпечення безпеки та тривалості зберігання харчових продуктів. Відомі традиційні способи застосування теплової обробки харчової продукції відрізняються високим рівнем енергоспоживання та складністю виконання, тому актуальним є пошук інших комбінованих фізико-механічних методів для отримання теплової енергії.



## Результати роботи

У виробничих технологічних процесах можна зменшити витрати енергії шляхом використання енергоощадних технологій та оптимізації складових процесу. Одним з ефективних способів стерилізації харчової продукції є її баротермічна обробка з використанням запропонованого нами аеродинамічного рециркуляційного нагрівача з компресорним агрегатом [2,3]. Цей спосіб дозволяє забезпечити якісну теплову обробку харчової продукції з можливістю автоматизованого керування технологічним процесом. Цикл баротермічної обробки складається з чотирьох періодів: попередня витримка, підігрів до максимальної температури, ізотермічна витримка та охолодження. Використання нових енергоощадних автономних систем та відповідного устаткування для баротермічної обробки харчової продукції з аеродинамічним рециркуляційним нагрівачем роторного типу допомагає покращити якість продукції, зменшити втрати енергії та забезпечити повну утилізацію теплоти.

У дослідженні було порівняно загальні витрати теплової енергії для традиційного технологічного процесу теплової обробки харчової продукції з використанням аеродинамічного рециркуляційного нагрівача роторного типу на основі енергетичного балансу. Також були розглянуті тепломасообмінні технологічні процеси, які впливають на якісні та споживчі властивості харчової продукції в пароповітряному середовищі теплової камери. Встановлено, що теплова обробка, яка здійснюється в установках з різним конструктивним виконанням, що потребує значних витрат на влаштування різноманітного допоміжного обладнання для забезпечення необхідної температури та тиску в теплових камерах. Витрати на облаштування допоміжного обладнання (котельні і комунікації) становлять приблизно 10-15% від загальної суми капітальних вкладень, а втрати теплоти в теплових комунікаціях досягають близько 20%, не враховуючи коефіцієнта корисної дії парових котлів. Аналізуючи традиційне обладнання, можна зробити висновок, що застосування нового запропонованого устаткування, а саме теплових камер з аеродинамічним рециркуляційним нагрівачем з компресорним агрегатом, є досить ефективним і може бути рекомендованим для практичного використання на підприємствах харчової промисловості.

## Висновок

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що використання аеродинамічного рециркуляційного нагрівача роторного типу у поєднанні з компресорним агрегатом при технологічному процесі стерилізації харчової продукції дозволяє зменшити загальні витрати теплової енергії та оптимізувати роботу устаткування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верхівкер Я.Г. Стерилізаційне обладнання консервної промисловості та його енергетичний аналіз. – К.: НМК ВО, 1991. – 56 с. – (Препринт).
2. Патент Україна на корисну модель 18723, МПК В01J 3/04. Автоклавна установка тепловологісної обробки / Сліпенька О.П., Сторожук С.Б., Коц І.В.; власник Вінницький національний технічний університет. – № u 200605904; Заявлено 29.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.
3. Патент України на корисну модель 59636. МПК В 01 J 3/00. Установка для баротермічної обробки харчової сировини / І. В Коц., О. В. Цуркан, Т. О. Міщук; власник Вінницький національний аграрний університет. – № 201012947; заявл. 01.11.2010; опубл. 25.05.2011, Бюл. № 10.

**Коц Іван Васильович** – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, E-mail: ivvkots@ukr.net

**Діброва Олександр Іванович** – студент, Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, E-mail: sashavvv2004@gmail.com

**Нестеренко Олександр Олександрович** – студент, Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, E-mail: sashanesterenko204@gmail.com

**Kots Ivan V.** – Ph.D. (Eng.), professor of the Department of engineering in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivvkots@ukr.net

**Dibrova Oleksandr I.** – student, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Vinnytsia, E-mail: sashavvv2004@gmail.com

**Nesterenko Oleksandr O.** – student, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Vinnytsia, E-mail: sashanesterenko204@gmail.com

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У роботі досліджується ефективність використання тепла та електроенергії в будівлях через покращення теплоізоляції, впровадження сучасних систем управління тепловим режимом та використання відновлювальних джерел енергії. Основною метою є зниження витрат енергії, зменшення теплових втрат та підвищення загальної енергоефективності цивільних будівель.

**Ключові слова:** енергоефективність, тепловий режим, цивільні будівлі, тепlopостачання, теплоізоляція, енергозбереження

### Abstract

The work examines the efficiency of heat and electricity use in buildings through the improvement of thermal insulation, the introduction of modern thermal management systems and the use of renewable energy sources. The main goal is to reduce energy consumption, reduce heat loss and increase the overall energy efficiency of civil buildings.

**Keywords:** energy efficiency, thermal regime, civil buildings, heat supply, thermal insulation, energy saving.

### Вступ

На сучасному рівні розвитку втрати тепла в будівлях можуть бути зменшені більше ніж на третину. Реалізувати ці резерви повною мірою можливо за двома головними напрямками:

- утеплення захисних конструкцій будинків;
- модернізація систем теплоспоживання.

Найдоцільнішим є перший напрямок, після реалізації якого можна отримати ефект і для другого. Через захисні конструкції будинку, що опалюється, в атмосферу потрапляє значна кількість теплової енергії. Чим гірші теплоізоляційні якості захищень, тим більша втрата теплової енергії через них.

### Основна частина

Теплова ізоляція стін. Згідно з нормативами України використовувати стіни з монолітної цегляної кладки неефективно. Тому раціональним способом утеплення стін повинно стати використання шару з ефективного утеплювача. Залежно від товщини стінки та її матеріалу виділені [1]:

- а) зона надвисокої ефективності;
- б) зона високої ефективності;
- в) зона низької ефективності;
- г) зона неефективного будівництва.

Для утеплення існуючого будинку до стіни кріплять додатковий теплоізоляційний шар. Його можна розташувати з зовнішнього або внутрішнього боків стіни. У разі розташування утеплювача з зовнішньої поверхні є такі переваги:

- утеплюється вся поверхня стіни, урахувавши вузли прилягання плит перекриття (у разі виходу назовні вони можуть стати теплопровідними включеннями);
- масивна частина стіни, яка розташовувалася до утеплення в зоні низьких температур, після реконструкції переміщувалася в теплу зону (це захищає від передчасного руйнування, яке спричинене сезонним коливанням температур і атмосферною вологою);
- підвищуються теплоакумуляційні властивості стін, унаслідок чого тепловий комфорт всередині будинку повинен підвищуватись;
- утеплення здійснено без зменшення корисної площі будинку;
- роботи з утеплення будинку проводяться без порушень нормальної життєдіяльності його мешканців.

Підвищення теплоізоляційних якостей вікон. У кліматичних умовах України використовуються вікна з подвійним склінням. Через вікна втрачається близько половини того тепла, яке надходить від опалювальних приладів системи опалення багатоповерхового житлового будинку. Поліпшення якості вікон із точки зору теплоізоляції можна досягти шляхом підвищення їхнього термічного опору та поліпшення якості заповнення притворів. Нормами встановлено на більшості території нашої держави мінімальний термічний опір вікон не менше  $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

Поліпшити якість теплоізоляції вікон можна у разі збільшення кількості шарів скла. Одна з таких можливостей полягає в нанесенні на скло тепловідбивного покриття, що призначено для частини спектра світла, яке використовується вдень. Поліпшити якість вікон можна також шляхом створення герметичного простору між склом. Тут раціональним є використання склопакетів. Теплоізоляційні якості склопакетів іще більше покращяться, якщо простір між склом заповнити аргоном або іншим інертним газом, який зменшує теплопровідність міжвіконного простору.

Інфільтрація – це проникнення зовнішнього повітря через щілини захисних конструкцій. Кількість повітря, яке інфільтрується, залежить від площі щілини та різниці тиску повітря назовні та всередині. Різниця тисків виникає від вітру, а також від різниці в щільності холодного та теплого повітря. У багатоповерхових будинках різниця тисків більша, і тому в них потрібно особливо ретельно ущільнювати щілини.

Кабельна система опалення. Кабельна система опалення використовується в житлових будинках, офісах, майстернях та будь-яких приміщеннях, де потрібне комфортне тепло. Вона складається із нагрівального кабелю, терморегулятора та монтажної стрічки й може встановлюватись у підлогах усіх типів. Теплу підлогу можна з успіхом монтувати не тільки у нових будинках, але й під час ремонту звичайних квартир [2].

Головна мета енергозбережної політики в галузі – довести до раціонального науково-обґрунтованого рівня споживання гарячої води та теплової енергії населенням, знизити питомі витрати палива й електроенергії на виробництво комунальних послуг. Серед найважливіших заходів, що спрямовані на енергозбереження, є впровадження приладів обліку витрат і регулювання споживання води та теплової енергії.

## Висновок

Для обліку кількості теплоти на опалення у споживачів першої категорії рекомендується встановлювати: реєструвальні витратоміри та реєструвальні вимірники температури або тепломіри. Для такого самого обліку у споживачів другої категорії рекомендується: реєструвальні витратоміри (або у разі їх відсутності – гарячоводяні водоміри); реєструвальні вимірники температури або тепломіри. Для обліку кількості води на опалення у споживачів третьої категорії рекомендується встановлювати: гарячоводяні водоміри та показувальні тепломіри.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навч. посібник / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та переробл. – Харків : Бурун і К, 2006. – 320 с.
2. Харсун Н. С. Застосування енергозберігаючих технологій в будівництві : реферативний огляд / Уклад. Н. С. Харсун ; Укр. ін-т наук.-техн. і екон. інф. – Київ : УкрІНТЕІ, 2007. – 40 с

**Науковий керівник: Анохіна Катерина Володимирівна** – к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет, ORCID 0000-0003-2498-6356; email: [anokhina@vntu.edu.ua](mailto:anokhina@vntu.edu.ua)

**Тимчук Віталій Сергійович** – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [vstalsktimchuk@gmail.com](mailto:vstalsktimchuk@gmail.com)

**Scientific supervisor: Anokhina Kateryna** – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University, ORCID 0000-0003-2498-6356; email: [anokhina@vntu.edu.ua](mailto:anokhina@vntu.edu.ua)

**Тимчук Віталій** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [vstalsktimchuk@gmail.com](mailto:vstalsktimchuk@gmail.com)

# ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Розглянемо взаємодію між собою сонячних панелей та теплового насосу при використанні їх як альтернативних джерел енергії для індивідуального опалення будинку. Проаналізовано комбіновану систему тепlopостачання індивідуального будинку з альтернативними джерелами енергії.*

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, індивідуальний будинок, система опалення, сонячна енергія, тепловий насос.

## Abstract

*Consider the interaction between solar panels and a heat pump when using them as alternative energy sources for individual home heating. The combined heat supply system of an individual house with alternative energy sources is analyzed.*

**Keywords:** alternative energy sources, individual house, heating system, solar energy, heat pump.

## Вступ

Перспективним енергоефективним способом опалення індивідуальних будинків є використання відновлювальних альтернативних джерел енергії [1].

Інноваційна комбінація технологій з альтернативними джерелами енергії зменшує негативний вплив будинків на довкілля й забезпечує ефективне та економічно вигідне опалення та гаряче водopостачання. Сонячні панелі та тепловий насос можуть працювати як об'єднане джерело енергії. Типи теплонасосної установки та сонячної батареї визначаються місцевими природно-кліматичними умовами [2].

## Результати дослідження

Природно-кліматичні умови України взагалі та Вінницької області дозволяють з залученням сучасних технологій використовувати як джерело енергетичних ресурсів сонячну енергію, теплові насоси малої та середньої потужності та біопаливо [1,2].

Основні принципи роботи теплового насоса в комбінації з сонячними панелями для опалення будинку можуть бути такі [3,4,5]:

1. Сонячні панелі встановлюються на даху індивідуального будинку або на іншій сонячній ділянці. Вони поглинають сонячне випромінювання та перетворюють його на електричну енергію та тепло.
2. Частина сонячної енергії може бути використана для живлення теплових насосів.
3. Тепловий насос, використовуючи низькопотенційну енергію ґрунту, повітря або ґрунтових вод, підвищує в 3-4 рази температуру робочої рідини.
3. Тепловий насос може використовувати сонячну енергію, отриману від сонячних панелей, для транспортування теплоносія (води або антифризу), який циркулює через теплообмінник.
4. Теплоносій, який нагрівається сонячними панелями та тепловим насосом, подається до системи опалення індивідуального будинку.

Комбінований процес дозволяє використовувати сонячну енергію та низькопотенційну теплову енергію з перетворення її тепловим насосом для опалення будинку. Це дозволить зменшити витрати на опалення та споживання енергії з традиційних джерел. Оскільки сонячні панелі та тепловий насос працюють разом, ця система ефективна та екологічно чиста.

Сонячна установка працює на накопичення теплової енергії в резервуарі, а тепловий насос покриває пікові навантаження в найхолодніші періоди. Такий варіант є простою комбінацією використання альтернативних джерел енергії, але потребує резервуару значного об'єму при суттєвому теплоспоживанні. Ефективність такого рішення висока, оскільки більше 50% потреб в теплі покривається завдяки використанню сонячної енергії. Для підвищення енергоефективності може бути фотоелектрична установка, як джерело електроенергії для роботи теплового насосу.

### Висновок

Використання взаємодії сонячних панелей та теплового насосу в системі опалення індивідуального будинку дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, економити традиційні джерела енергії, зменшувати витрати на комунальні послуги та підвищувати комфортні умови мікроклімату в приміщенні будинку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула, К.В. Анохіна. Енергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ. – 2010. – 170 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Мінрегіонбуд України. 2021. – 142 с.
3. Встановлені норми споживання води для населення України (2022) - <https://kyiv.poverka.net.ua/normyspozhyvannya-vody-ukrayina/>
4. Редько А. О., Безродний М. К., Загорученко М. В., Ратушняк Г. С., Редько О. Ф., Хмельнюк М. Г. НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА. Навчальний посібник (Під редакцією академіка НАНУ А. А. Долинського), Харків: Видавництво «Друкарня Мадрид», 2016. – 412с.
5. Поєднання теплових насосів та сонячних теплових систем може бути реалізовано різними способами. <https://сахара.ua/kompaniya-statti-teplovij-nasos-sonjachni-kolektori-jak-objednati-dvi-energoefektivni-tehnologiji>

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н, професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Кирилюк Олександр Сергійович** – студент групи БТ-20Б, факультет будівництва, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: [kyryliuk8kas@gmail.com](mailto:kyryliuk8kas@gmail.com)

**Georgiy Ratushnyak** – Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0001-9656-5150 e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Oleksandr Kyryliuk** – student of group BT-20B, Faculty of Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kyryliuk8kas@gmail.com](mailto:kyryliuk8kas@gmail.com)

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ І ПЕРЕРОБЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ ТА ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ, БІОНАФТИ І ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*У статті досліджено перспективи розвитку альтернативних джерел енергії, проведено аналіз потенціалу відновлюваних джерел енергії. Наведено обґрунтування ефективності вибору та впровадження в економіку країни деяких видів альтернативних джерел енергії.*

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії; синтез-газ; деревина; біонафта.

### **Abstract**

*The article examines the prospects for the development of alternative energy sources, analyzes the potential of renewable energy sources. The justification of the effectiveness of the selection and implementation of some types of alternative energy sources in the country's economy is given.*

**Keywords:** alternative energy sources; synthesis gas; wood; bio-oil.

### **Вступ**

Виконувана розробка є досить актуальною в сучасному світі. Зростаюча свідомість про проблему забруднення довкілля та нестачу природних ресурсів стимулює розвиток нових технологій для ефективної утилізації та переробки деревних відходів. Одним з головних викликів, з яким стикаються суспільства, є необхідність заміни традиційних вуглеводневих палив на біорозкладні альтернативи. Утилізація деревних відходів та отримання синтез-газу, біонафти і деревного вугілля можуть бути важливими кроками у напрямку створення стійкого та екологічно безпечного енергетичного сектора.

Розробка технологій та технічного устаткування для утилізації та переробки деревних відходів вимагає інноваційних підходів і досліджень. Це може включати в себе розробку ефективних процесів перетворення деревних відходів на синтез-газ, біонафту або деревне вугілля, вдосконалення методів видалення шкідливих речовин, використання різних видів каталізаторів та вдосконалення системи управління процесами. Враховуючи зростаючу потребу в стійкій та екологічно безпечній енергетиці, розробки за цією тематикою є актуальними і мають потенціал для подальшого розвитку і досліджень.

Актуальність досліджень у галузі технологій та технічного устаткування для утилізації і перероблення деревних відходів та отримання синтез-газу, біонафти і деревного вугілля безперечна. Ці дослідження мають великий потенціал для створення стійких та екологічно безпечних рішень у сфері енергетики та виробництва палив.

### **Аналіз відомих публікацій**

Один з напрямків досліджень включає розробку ефективних технологій перетворення деревних відходів на синтез-газ, біонафту і деревне вугілля. Дослідники працюють над вдосконаленням процесів газифікації та піролізу, що дозволяють перетворити деревні відходи на синтез-газ та біопалива. Ці технології можуть бути використані для виробництва енергії та хімічних речовин з деревини, зменшуючи залежність від традиційних вуглеводневих палив.

Ще одним напрямком досліджень є розробка технологій для видалення шкідливих речовин з деревних відходів. Це включає в себе розробку ефективних методів очищення газів, що утворюються під час переробки деревини, а також методів зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферу. Ці дослідження спрямовані на забезпечення екологічно чистого процесу переробки деревних відходів. Також варто зазначити, що дослідники працюють над вдосконаленням каталітичних процесів, які дозволяють ефективніше перетворювати деревні відходи на синтез-газ, біонафту і деревне вугілля.

Використання спеціальних каталізаторів може значно покращити якість отриманих продуктів і знизити енергетичні витрати на процес переробки.

Загальні висновки з цих досліджень показують, що технології та технічне устаткування для утилізації і перероблення деревних відходів та отримання синтез-газу, біонафти і деревного вугілля мають великий потенціал для створення стійких та екологічно безпечних рішень у сфері енергетики та виробництва палив. Продовження досліджень у цій галузі може призвести до подальшого розвитку і впровадження нових технологій, що сприятимуть збереженню природних ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

#### **Мета і завдання досліджень**

Утилізація та перероблення деревних відходів є важливим завданням, оскільки це дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та сприяти енергоефективності. Використання технологій, які дозволяють отримувати синтез-газ, біонафту та деревне вугілля з деревних відходів, може бути економічно вигідним, а також сприяти зниженню викидів парникових газів.

Розробка технічного устаткування для цих цілей вимагає інноваційних підходів та використання передових технологій. Це можуть бути процеси піролізу, газифікації, каталітичного конвертування та інші. Ключовим завданням є ефективне використання сировини та мінімізація втрат.

Така розробка може мати потенціал для використання в різних галузях, включаючи енергетику, хімічну промисловість та виробництво біопалива. Важливим аспектом є також впровадження стандартів екологічної безпеки та дотримання вимог щодо викидів та обробки відходів.

Загалом, розробка технологій та технічного устаткування для утилізації і перероблення деревних відходів та отримання синтез-газу, біонафти і деревного вугілля є важливим напрямком досліджень і розвитку, який сприяє збереженню ресурсів та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження**

В результаті проведених отримані такі результати:

1. Розроблений технологічний процес утилізації та перероблення деревних відходів з наступним отриманням синтез-газу, біонафти та деревного вугілля.
2. Вивчено вплив різних параметрів процесу (температура, тривалість, співвідношення компонентів тощо) на якість отриманих продуктів.
3. Проаналізовано та оцінено вплив екологічних та економічних факторів на ефективність використання даного технологічного процесу.
4. Розроблено оптимальне конструктивне рішення технічного устаткування для виконання процесу утилізації та перероблення деревних відходів.
5. Здійснено експериментальне дослідження фізико-хімічних властивостей отриманих продуктів (синтез-газу, біонафти та деревного вугілля).
6. Розроблено математичну модель згідно якої проведено математичне моделювання для оцінки та прогнозування характеристик процесу утилізації та перероблення деревних відходів.
7. Вивчено можливості утилізації та перероблення деревних відходів з метою підвищення енергетичної ефективності та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.
8. Визначено економічну доцільність впровадження даної технології у реальних умовах виробництва.
9. Розроблено рекомендації щодо оптимального використання отриманих продуктів у різних галузях, таких як енергетика, хімічна промисловість тощо.
10. Вивчено можливості для впровадження даної технології в сучасну енергетичну та промислову інфраструктуру з метою зменшення залежності від традиційних видів палива.

#### **Висновки**

Загальні висновки можуть бути наступними:

1. Для утилізації деревних відходів і перероблення їх в цінні продукти, такі як синтез-газ, біонафта і деревне вугілля, існує багато технологій і устаткування. Деякі з них вже використовуються в

промисловості, але для більшості з них ще потрібне додаткове дослідження і розробка технологій та устаткування.

2. Біоенергетика є однією з найперспективніших галузей, яка використовує деревні відходи для виробництва енергії. Синтез-газ, біонафта і деревне вугілля можуть бути використані як альтернативні джерела палива в різних секторах економіки, включаючи електроенергетику, транспорт і промисловість.

3. Синтез-газ є багатокомпонентним газовим паливом, яке складається переважно з водню, карбону та оксиду вуглецю. Він може бути використаний для виробництва електроенергії і тепла, а також для виробництва різних хімічних продуктів, таких як метанол або синтетичне паливо.

4. Біонафта є біодизелем, який може бути отриманий з деревних відходів. Вона може бути використана як альтернативне паливо для дизельних двигунів, що допоможе зменшити залежність від нафтових ресурсів і зменшити викиди шкідливих речовин у повітря.

5. Деревне вугілля є продуктом перероблення деревних відходів високої якості, яке може бути використано як паливо або сировина для виробництва різних продуктів, таких як активовані вугілля або вуглецеві матеріали.

6. Ефективне використання технологій і технічного обладнання для утилізації та перероблення деревних відходів є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку і збереження природних ресурсів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Директива (ЄС) 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради від 11 грудня 2018 року про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел. 2018.- Режим доступу: [https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia\\_final\\_21.12.2020.pdf](https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf)
2. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с. – Режим доступу: [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/4582/3/Alt\\_energ\\_2012.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/4582/3/Alt_energ_2012.pdf)
3. Dreszer K., Vichalek R., Roszkowski A. Energia odnawialna – mozliwosci jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie – Krakow: DRUKROL, 2003. – 256 с.
4. William E. Eleazer†, William S. Odl, Yu-Sheng Wang, and Morton A. Barlaz. Department of Civil Engineering, Box 7908, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-7908 , № 31 (3), - 1997. – pp 911–917.

**Жук Дмитро Вячеславович** – аспірант, кафедра інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [DmitroZhuk333@gmail.com](mailto:DmitroZhuk333@gmail.com)

**Коц Іван Васильович** – к.т.н, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач НДІ гідродинаміки Вінницького національного технічного університету, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: [ivan.kots.2014@gmail.com](mailto:ivan.kots.2014@gmail.com)

**Dmytro Zhuk** – Postgraduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia, National Technical University, e-mail: [DmitroZhuk333@gmail.com](mailto:DmitroZhuk333@gmail.com)

**Ivan Kots** – Ph.D., professor of the Department of Engineering Systems in Construction, head of the hydrodynamics research laboratory of the Vinnytsia National Technical University, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: [ivan.kots.2014@gmail.com](mailto:ivan.kots.2014@gmail.com)



**М. Р. Тимощук**  
**В. В. Грицик**  
**І. В. Коц**

## **ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩНОГО МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Обґрунтовано перспективи практичного застосування нових гідродинамічних теплогенераторів кавітаційного типу, що розроблені в НДЛ гідродинаміки ВНТУ. Розглянуті можливості їх використання для систем опалення та гарячого водопостачання малого селищного медичного закладу. Розглянуто особливості функціонування гідродинамічних теплогенераторів кавітаційного типу при облаштуванні систем опалення і гарячого водопостачання на реальному об'єкті.*

**Ключові слова:** гідродинамічний теплогенератор; система опалення; гаряче водопостачання; тепловий акумулятор; моделювання; кавітація

### **Abstract**

*The prospects of practical application of new cavitation-type hydrodynamic heat generators, developed at the Scientific Research Institute of Hydrodynamics of VNTU, are substantiated. Considered the possibilities of their use for the heating and hot water supply systems of a small village medical institution. The peculiarities of the operation of hydrodynamic cavitation type heat generators during the arrangement of heating and hot water supply systems at a real object are considered.*

**Keywords:** hydrodynamic heat generator; heating system; hot water supply; heat accumulator; modeling; cavitation

### **Актуальність роботи**

На сьогоднішній день пошук ефективних технологій опалення та гарячого водопостачання став однією з нагальних проблем суспільства. Ведеться пошук ефективних методів теплопостачання, які дозволяють економити органічне паливо, зменшувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби споживачів, незалежно від їх відстані до централізованих систем теплопостачання. Також вирішується проблема дефіциту тепла при інтенсивній забудові, забезпечуючи поступові капіталовкладення. Якісна система опалення може забезпечити високий рівень комфорту в приміщеннях при значній економії енергоносіїв завдяки рівномірному розподілу тепла в будівлі і підвищенню загального ККД системи. На сучасному ринку присутній широкий вибір теплогенераторів і комплектуючих пристроїв теплових систем вітчизняного і іноземного виробництва. Використання цих технологій вимагає від фахівців, що працюють в цій галузі, достатніх знань їх технічних особливостей, а також вміння правильно застосовувати сучасні технологічні рішення для підвищення ефективності роботи системи в цілому. Одним з реальних шляхів вирішення поставлених завдань є використання різних типів систем опалення та гарячого водопостачання, зокрема для малих селищних медичних закладів [1-3].

### **Мета роботи**

Розроблення ефективних принципових схем систем опалення та гарячого водопостачання для малих селищних медичних закладів при застосуванні в них розроблених в НДЛ гідродинаміки ВНТУ нових гідродинамічних теплогенераторів кавітаційного типу.

### **Результати дослідження**

Явище кавітації призводить до закипання рідинного теплоносія та утворення в ньому бульбашок, які після свого руйнування звільняють значну кількість теплової енергії. Гідродинамічні кавітаційні теплогенератори (ГдКТ) є відносно простими пристроями, які перетворюють механічну енергію робочої рідини в теплову енергію. Кавітація – це процес утворення і руйнування мікроскопічних бульбашок у рідині, коли тиск швидко змінюється. По суті, розроблений в НДЛ гідродинаміки ВНТУ

кавітаційний нагрівач-теплогенератор складається з класичного відцентрового насоса, ротора – робочого колеса, яке має особливе розташування лопастей, та різних насадок певної конфігурації. Робоче колесо-ротор обертається навколо осі з розрахунковим зазором відносно нерухомої частини пристрою – статора, який також має по колу обода систему отворів заданої конфігурації. Спільна взаємодія прохідних отворів у насадках ротора та отворів у статорі сприяє виникненню кавітації, завдяки якій і відбувається нагрів теплоносія, що циркулює в системі опалення. Кавітаційні теплогенератори використовуються для виробництва тепла, використовуючи енергію, яка вивільняється під час кавітації. Це може бути використано для нагрівання рідини, що потім може бути використано для опалення, гарячого водопостачання або в інших теплових процесах. Кавітаційні теплогенератори можуть бути використані в різних галузях, включаючи енергетику та промисловість, і вони представляють собою цікавий спосіб використання явища кавітації для виробництва тепла.

Виконане математичне моделювання динаміки робочих процесів теплогенерації у запропонованих ГдКТ, а також проведено експериментальну перевірку його функціонування при під'єднанні до реальної системи опалення малого селищного медичного закладу. Отримані позитивні результати, які будуть покладені в основу подальшого вдосконалення конструкції ГдКТ. Розроблено методику інженерного розрахунку, яка може бути використана для конструювання ГдКТ різних типорозмірів.

### Висновки

Проведено дослідження окремих проєктів малих селищних закладів на предмет можливого встановлення в них запропонованих кавітаційних теплогенераторів нового типу, виконані необхідні розрахунки потреб теплової енергії для окремих приміщень із врахуванням їх теплотехнічних характеристик. Розроблені відповідні рекомендації щодо застосування теплогенераторів у поєднанні із тепловими акумуляторами. Завдяки тепловим акумуляторам можна накопичувати необхідну кількість гарячої води у нічний час, коли вартість використовуваної для приводу теплогенератора електричної енергії має нижчу вартість. Потім у денний час ця накопичена тепла енергія може бути використана за призначенням як для систем опалення, так і для гарячого водопостачання. Визначені основні конструктивні розміри теплових акумуляторів. Розроблені графіки та режими ефективного застосування запропонованого обладнання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заклади охорони здоров'я: ДБН В.2.2-10:2017.-Київ : Мінрегіон України, 2017. – (Державні будівельні норми України).
2. Гігієнічні умови до водопостачання в лікувально-профілактичних закладах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studopedia.org/12-23422.html>
3. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинний від 2014-01-01].- Київ : Мінрегіон України, 2013. – (Державні будівельні норми України).

**Тимошук Марія Романівна** — магістранка групи ТГ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Україна м. Вінниця, E-mail: m.timoshchuk@gmail.com;

**Грицик Вероніка Віталіївна** — студентка групи СМ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Україна м. Вінниця, E-mail: veronikagrithyk@gmail.com;

**Коц Іван Васильович** — канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivvkots@ukr.net

**Tymoshchuk Maria R.** — master's student of group TG-22m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: m.timoshchuk@gmail.com;

**Hrytsyk Veronika V.** — student of group SM-21b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: veronikagrithyk@gmail.com;

**Kots Ivan V.** — Ph. D. (Eng.) , professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivvkots@ukr.net

# СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Проаналізовано основні напрями підвищення енергоефективності. Визначено фактори, що впливають на параметри мікроклімату приміщень закладів дошкільної освіти. Розроблено проєктні пропозиції щодо енергетичної оболонки будівлі, системи опалення та вентиляції, організації та технології монтажу системи опалення будівлі.*

**Ключові слова:** енергоефективність, тепловий режим, цивільні будівлі, тепlopостачання, теплоізоляція, енергозбереження, дошкільний заклад, мікроклімат приміщень

## Abstract

*The main directions of energy efficiency improvement are analyzed. The factors influencing the parameters of the microclimate of the premises of preschool educational institutions are determined. Project proposals for the building's energy envelope, heating and ventilation systems, organization and technology of building heating system installation have been developed.*

**Keywords:** energy efficiency, thermal regime, civil buildings, heat supply, thermal insulation, energy saving, pre-school institution, indoor microclimate.

## Вступ

Раціональне використання енергетичних ресурсів для створення та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату приміщень є одним з головних пріоритетів у галузі цивільної інженерії, що підтверджується на законодавчому рівні «Українською енергетичною стратегією до 2035 року», законом України «Про енергозбереження» та державним стандартом «Енергоефективність будівель» [1-3]. Питанням запровадження енергозберігаючих технологій у будівлях закладу освіти займаються фахівці як в Україні, так і закордоном [4]. В Україні дане питання розглядається як в розрізі термомодернізації існуючих будівель дошкільних закладів [5] так і при будівництві нових об'єктів, оскільки витрати з місцевого бюджету на оплату тепла об'єктами бюджетної сфери досить великі.

Мета роботи - провести дослідження за результатами якого розробити проєктне рішення енергоефективних систем та заходів забезпечення мікроклімату приміщень дошкільного навчального закладу.

## Основна частина

Об'єктом дослідження є дошкільний навчальний заклад як самостійна будівля та її системи опалення та вентиляції.

Предметом дослідження є розробка системи опалення та вентиляції для будівлі дошкільного навчального закладу.

Мікроклімат приміщень закладів дошкільної освіти нормуються залежно від:

- призначення закладу (ясла, дитячі садки, інклюзивні заклади тощо) та призначення конкретного приміщення (ігрова кімната, спальня, медична кімната, пральня тощо);
- від віку дітей та їх кількості,
- видів та розміщення групових осередків;
- режиму роботи закладу (денний, цілодобовий, для короткотривалого перебування).

Для визначення напрямків підвищення енергоефективності систем створення мікроклімату у дошкільних закладах освіти було проведено аналіз чинних норм проєктування дошкільних навчальних закладів [6], вимог до теплоізоляційної оболонки будівель [7] та вимог до енергоефективності будівель [3]. На основі проведеного аналізу розроблені проєктні рішення цегляної будівлі дошкільного закладу.

Проектні рішення по утепленню енергетичної оболонки будівлі – зовнішні стіни будівлі утеплюються із зовнішньої сторони мінераловатними плитами  $\delta=150$  мм вище відмітки +0,750. Нижче відмітки +0,750 на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту зовнішні стіни утеплюються пінополістирольними плитами,  $\delta=60$  мм. Горішнє перекриття третього поверху утеплюється мінераловатними плитами.

Проектні рішення по опаленню. Запроектовано комбіновану система опалення (радіаторну і «тепла підлога»). Система опалення двотрубна з скритим розведенням трубопроводів в будівельних конструкціях та підготовці підлоги. В приміщеннях груп першого поверху передбачається система опалення «тепла підлога». Трубопроводом для системи "тепла підлога" прийнято труба  $\varnothing 16 \times 2,0$  мм із зшитого поліетилену PE-Xa, Uronor Radi Pipe. Довжина кожного із контурів теплої підлоги не перевищує 120 м. Опалювальні прилади сталеві панельні радіатори VK фірми "KORADO" тип 22 VK.

Проектні рішення по вентиляції. Вентиляція приміщень передбачена змішана: механічна та природня. Повітропроводи систем вентиляції влаштовуються у підстельовому просторі. Повітропроводи систем вентиляції передбачені із тонколистової оцинкованої сталі  $b=0,5-0,7$  мм. Природні системи витяжної вентиляції влаштовуються з встановленням решіток вентиляційних для внутрішнього монтажу ВЕНТС. Викид повітря передбачається витяжні канали в цегляних стінах.

Загальні тепловтрати: 1 поверх – 23 кВт; 2 поверх – 12 кВт.

Загальні втрати тиску: 1 поверх – 1058,19 Па; 2 поверх – 1023,29 Па.

Підібрано 2 твердопаливних котла «АНКОТ-40», потужністю по 40 кВт. Кількість радіаторів – 63 шт.

Проектні пропозиції щодо організації та технології монтажу системи опалення будівлі. Визначено потреба в матеріалі та обладнанні і інструменти для монтажу, загальну масу матеріалів. Загальна тривалість влаштування системи опалення 30,75 дня, а загальна тривалість влаштування системи вентиляції складає 27 днів.

## Висновок

На основі проведеного аналізу, існуючих норм проектування дошкільних навчальних закладів, вимог до теплоізоляційної оболонки будівель та вимог до енергоефективності будівель, визначено напрямки підвищення енергоефективності будівлі та розроблено проектні пропозиції щодо енергетичної оболонки будівлі, системи опалення та вентиляції, організації та технології монтажу системи опалення будівлі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Українська енергетична стратегія до 2035 року. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk>
2. Про енергозбереження Закон України від 01.07.1994р № 75/94-ВР від 01.07.9 Оновлення (редакція) від 23.07.2017 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT)
4. D Xie, L Yu, T Jiang, YL Zou Distributed Energy Optimization for HVAC Systems in University Campus Buildings // IEEE ACCESS, 2018, Volume 6 Page 59141-59151 DOI 10.1109/ACCESS.2018.2872589
5. Панкевич В.В. Термомодернізація дитячих навчальних закладів в м. Вінниця/ В.В. Панкевич, О. Г. Лялюк//КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLVII Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 2018р.: тези допов. — В., 2018
6. Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти. Зі зміною № 1. ДБН В.2.2-4:2018 К. : [Чинний від 2022-09-01]. Мінрегіонбуд України, - Київ, 2022.
7. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2021 - [Чинний від 2022-09-01]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2021 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
8. Організаційно-економічний механізм енергозбереження: монографія / Ю. В. Дзядикевич, В. Я. Брич, В. В. Джеджула [та ін.]. – Тернопіль : ТНЕУ, 2018. – 154 с.
9. Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції: Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 108 с.

10. Ратушняк Г.С. Энергобереження та експлуатація систем тепlopостачання: навч. посіб. для вузів / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. - Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2004. - 136 с. - ISBN 966-641-089-3

**Крамаренко Валерій Володимирович** – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Valera1233322@gmail.com

**Науковий керівник: Панкевич Ольга Дмитрівна** – к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет, email: pankevich@vntu.edu.ua

**Valery Kramarenko** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. Valera1233322@gmail.com

**Scientific supervisor: Olga Pankevych** – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University, email: pankevich@vntu.edu.ua

# КОМБІНОВАНА СИСТЕМА СТВОРЕННЯ КОМФОРТНОГО ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СЕРЕДОВИЩА У ТЕПЛИЦЯХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У даній роботі наведені функціональні залежності, які дозволяють зв'язати основні параметри теплиці між собою. Ці залежності є корисним інструментом для практичних розрахунків та вибору оптимальних параметрів мікроклімату на етапі проектування. Використання цих залежностей дозволить забезпечити раціональні показники теплиці, з урахуванням важливих екологічних та енергоефективних аспектів.

**Ключові слова:** мікроклімат; теплиця; автоматичний контроль системи; тепловологісні параметри, тепломасообмін.

## Abstract

In this paper, functional dependencies are given, which allow to link the main parameters of the greenhouse with each other. These dependencies are a useful tool for practical calculations and selection of optimal microclimate parameters at the design stage. The use of these dependencies will ensure rational indicators of the greenhouse, taking into account important ecological and energy-efficient aspects.

**Key words:** microclimate; greenhouse; automatic control of the system; heat-and-humidity parameters; heat and mass transfer.

## Вступ

Як відомо агропромисловий комплекс України споживає ще значну кількість енергетичних ресурсів (до 20%). Тому в цій галузі починають активніше використовувати енергозберігаючі технології та різноманітні технічні засоби. В сучасних умовах однією з основних задач є задоволення потреб населення у високоякісній, екологічно чистій та доступній за ціною продукції, яка б відповідала світовим вимогам та могла конкурувати з імпортними товарами [1, 2, 4, 6,7]. Значна частка високоякісної та екологічно чистої продукції вирощується в теплицях завдяки застосуванню прогресивних, економічних та енергоощадних систем. До таких систем відноситься використання сонячної, гідротермальної та вітрової енергії. В теплицях необхідно створити сприятливий мікроклімат для вирощування різноманітної рослинної продукції. Взимку, в сонячний день, температура в теплиці може досягати 35°C і вище, а вночі опускатись до 0°C. При таких умовах рослини не можуть нормально розвиватись, тому ефективно застосування енергоощадної системи повітряного акумулювання тепла в ґрунті та гравійному теплоакумуляторі [1, 4,6] є необхідним.

Таким чином, актуальність цієї роботи полягає у подальшому розвитку та створенні нових, більш економічних та екологічно чистих енергоощадних систем, які забезпечать необхідні температурні параметри при вирощуванні овочевої продукції в культивацийних спорудах закритого ґрунту. Важливо обґрунтувати вибір оптимальних параметрів та характеристик тепломасообмінних процесів, що нададуть можливість вирощувати високоякісну сільськогосподарську продукцію, придатну для споживання.

## Результати роботи

З метою енергозбереження і поліпшення умов для росту рослин у зоні вегетації, ми розробили систему опалення для зимових теплиць. Використання теплиць у теплий період для вирощування овочів стає складним через перегрів повітря внаслідок сонячної радіації, що може призводити до втрат урожаю у розмірі 50-80% або навіть до загибелі рослин. Одним з найбільш ефективних і економічних способів регулювання температурно-вологісних і повітряних режимів є встановлення і підтримка розрахункових параметрів мікроклімату за допомогою комплексної системи охолодження.

Завдяки використанню прогресивних, економічних та екологічних енергоощадних систем, у теплицях можна вирощувати велику кількість високоякісної та екологічно чистої продукції. Для цього необхідно створити сприятливі умови для різних видів рослинного виробництва. В ході нашої роботи ми розробили конструктивні рішення для системи підтримки технологічних температурно-вологісних параметрів у теплицях для вирощування овочів у теплий та зимовий періоди року. Ми також розробили методи і засоби для створення, підтримки і управління необхідними температурними, вологісними і повітряними режимами для вирощування овочів з мінімальними енерговитратами у теплицях у теплий період року. Ми провели огляд вітчизняної та зарубіжної літератури та патентних матеріалів, класифікували різні способи і засоби підтримання мікроклімату у теплицях в зимовий і теплий періоди року, проаналізували їх енергетичні і техніко-економічні характеристики, області застосування, переваги і недоліки. В результаті нашої роботи, ми запропонували комплексну систему обігріву та регулювання перегріву, що полягає у поступовому включенні окремих елементів системи протягом дня та року в залежності від збільшення сонячної радіації. Ця система дозволяє використовувати пасивні конструктивні системи кондиціонування мікроклімату (фрамуги, технологічні отвори, аераційні шахти тощо) протягом тривалого періоду та активні елементи системи обігріву лише на короткий проміжок часу. В результаті, представлена система має як експлуатаційні, так і економічні переваги.

В ході досліджень було виконано математичне моделювання тепломасообміну в теплиці і запропоновано уточнену систему балансових рівнянь за теплою та масою для кожного елемента. Ця система складається з рівнянь, які описують динаміку параметрів мікроклімату теплиці, баланси теплоти і повітря і баланс вологості в теплицях. Були розроблені стійкі тепловологісні режими, які сприяють ефективним технологіям вирощування овочевих культур. Також була запропонована інженерна методика розрахунку режимів роботи комплексних систем зняття перегріву і надані рекомендації щодо їх проектування і експлуатації. Були обґрунтовані коефіцієнти забезпеченості параметрів мікроклімату протягом доби і в річному циклі вирощування овочевих культур, залежно від використання інженерного обладнання та режимів його роботи.

### Висновки

Приведені результати досліджень показують, що уточнена система рівнянь тепломасопереносу в теплицях дозволяє аналітично підтвердити закономірності динаміки обігріву та зняття перегріву в теплиці з біомасою в теплий період року. На основі цієї системи рівнянь була розроблена методика проектного розрахунку ефективності роботи теплиць за найбільш характерними режимами в різні періоди року з урахуванням зміни інтенсивності сонячної радіації протягом світлового дня і річного циклу. Надані конкретні рекомендації щодо конструктивних рішень для ефективної системи керування мікрокліматом в теплицях..

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВНТ.П-СГП-46-19-96. Тепличні і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств. – К.: Мінсільгосппрод України, 1996. – 68 с.
2. Патент 21955 Україна МПК А01G 9/1. Теплиця типу «Сонячний вегетарій» / І.В. Коц, Н.Б. Терновенко, О.П. Сліпенька; заявник та власник патенту Вінницький національний технічний ун-т – № u200611434; заявл. 30.10.2006; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4/2007.
3. Малкін Е.С., Чепурна Н. В. Експериментальні дослідження параметрів повітря в системі локального мікроклімату в розсадних відділеннях теплиць // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.–2001. – № 1. – С. 3–7.
4. Росковшенко Ю.К., Клімова І.В. Розробка енергоощадної системи опалення зони вегетації рослин в зимових теплицях [Електронний ресурс] // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. — 2004. — Вип. 7. — С. 65-69. — Бібліогр.: 4 назв. — укр.
5. Коц І.В. Гризун А.В., Берник І.М., Ярмолюк Ю.М. Математичне моделювання тепломасообмінних процесів теплиці із застосуванням енергозберігаючих технологій // Збірник наукових праць ВНАУ, № 8, 2011. – С. 54-59.
6. Martinovic, G., Simon J. (2014). Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station.NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences,70-71, 61-70.
7. Сабо А. Г., Речина О. М. Імітаційне моделювання роботи енергоощадної САУ опроміненням рослин [Електронний ресурс] // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ.

**Юзькова Єлизавета Платонівна** – магістрантка кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [elizhbetka2001@gmail.com](mailto:elizhbetka2001@gmail.com)

**Коц Іван Васильович** — канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ivvkots@ukr.net](mailto:ivvkots@ukr.net)

**Yuzkova Yelyzaveta P.** - master's student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [elizhbetka2001@gmail.com](mailto:elizhbetka2001@gmail.com)

**Kots Ivan V.** — Ph. D. (Eng.), professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: [ivvkots@ukr.net](mailto:ivvkots@ukr.net)



## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ НОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Розглянуто основні принципи нормування енергозберігаючих заходів. Ефективне використання енергії та зменшення споживання ресурсів дозволяє вирішити екологічні проблеми. Нормування може сприяти зменшенню енергетичних витрат та впроваджувати ефективні енергозберігаючі системи.*

**Ключові слова:** енергозберігаючі заходи, нормування, ефективне використання енергії, споживання ресурсів, екологічні проблеми.

### Abstract

*The main principles of regulation of energy-saving measures are considered. Efficient use of energy and reduction of resource consumption allows solving environmental problems. Rationing can help reduce energy costs and implement efficient energy-saving systems.*

**Keywords:** energy-saving measures, rationing, efficient use of energy, consumption of resources, environmental problems.

### Вступ

Питання енергоефективності та енергозбереження є однією з важливіших проблем на сучасному етапі розвитку суспільства. Зростаюче споживання енергії та зменшення природних ресурсів спонукають до впровадження енергозберігаючих заходів. Одним із шляхів в досягненні цієї мети є нормування енергозберігаючих заходів. Відповідно до закону України про енергозбереження однією із задач є наукове обґрунтування у сфері нормування енергоспоживання [1].

### Результати досліджень

Норми енергоспоживання повинні поширюватися на всі види громадських будівель (торговельні, офісні та адміністративні тощо). В Державних будівельних нормах (ДБН) [3] є регламентація питомого енергоспоживання будівель житлових, дитячих, загальноосвітніх і лікувальних установ [3]. При застосуванні цих норм для будівель іншого призначення виникають труднощі та правові невизначеності.

Принциповим положенням є те, що нормативи за сумарним питомим енергоспоживанням не повинні нормуватися, як конкретна величина. Енергозбереження доцільно розглядати з врахуванням енергоозброєності економіки [2,3,4,5]. Розрахункові нормативи у конкретному випадку необхідно розглядати із техніко-економічних міркувань з врахуванням рівня цін на будівельні матеріали й тарифів на енергоносії для даної території. Особливо необхідно враховувати різноманітність визначальних чинників, коли розглядається технологія оптимізації теплозахисту огорожувальних конструкцій будівель.

При економічному обґрунтуванні необхідно враховувати не тільки призначення будівлі та поверховість, а також матеріал теплоізоляції й коефіцієнт скління теплоізоляційної оболонки та тип системи опалення будівлі [4,5,6].

Теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій повинні відповідати санітарно-гігієнічним вимогам [3].

Сумарні нормативи повинні враховувати енергоспоживання будівлі не тільки на опалення та вентиляцію, а також на освітлення, приводи інженерних систем тощо. Це дозволить впроваджувати комплексне енергозбереження за рахунок раціонального перерозподілу енерговитрат між складовими, що створюють оптимальний мікроклімат будівлі, забезпечують технологічні процеси й життєдіяльність людей, які використовують будівлі.

## Висновок

У зв'язку з наведеним необхідно також ввести поняття питомих характеристик теплоспоживання на вентиляцію, гаряче водопостачання, освітлення, приводи інженерних систем і побутових тепловиділень, а також загальної енергетичної експлуатаційної характеристики будівлі. Виявлення потенціалу енергоефективності різних складових енерговитрат та їхньої частки в загальному енергоспоживанні будівлі є підґрунтям для визначення черговості застосування енергоощадних заходів та їхнього можливого поєднання при техніко-економічному обґрунтуванні проекту влаштування або реконструкції теплоізоляційних оболонки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верховна Рада України. (2017, лип. 23, дата оновлення). Закон України від 01.07.94 р. № 74/94-ВР. «Про енергозбереження». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>.
2. Верховна Рада України. (2017, черв. 22). Закон України №2118-VIII. «Про енергетичну ефективність будівель». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2118-19>.
3. ДБН В.2.5-67:2016. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013,-141 с. – (Державні будівельні норми).
4. Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Панкевич В. В. Теплотехнічні особливості світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. № 1, с. 148-156.
5. Семененко Л. В. Аналіз методів нормування питомих витрат теплової та електричної енергії в установах бюджетної сфери. С. 112-117. <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/736298.pdf>
6. Бікс Ю. С., Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Потенціал енергоефективності огорожувальних конструкцій із біосферосумісних матеріалів. Монографія. – Вінниця: ВНТУ. 2022. – 132 с.

**Іванюк Максим Миколайович** – магістр, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [maksimka5555ivanyuk@gmail.com](mailto:maksimka5555ivanyuk@gmail.com)

**Науковий керівник: Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н, професор кафедри ІСБ, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000000196565150, email: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Ivanyuk Maxim** – master, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [maksimka5555ivanyuk@gmail.com](mailto:maksimka5555ivanyuk@gmail.com)

**Scientific supervisor: Georgy Serhiyovych Ratushnyak** – Ph.D., professor of the Department of Industrial Engineering, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsya National Technical University ORCID 0000000196565150, email: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ СИСТЕМИ З РОТОРНИМ РЕКУПЕРАТОРОМ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано доцільність використання припливно-витяжної системи із роторним рекуператором для забезпечення оптимального мікроклімату приміщень, в поєднанні із повітряним тепловим насосом. Приведено переваги даного комплексу заходів для забезпечення енергоефективності системи.*

**Ключові слова:** енергоефективність, мікроклімат, повітря, вентиляція, роторний рекуператор, тепловий насос.

### Abstract

*The expediency of using a supply-exhaust system with a rotary recuperator to ensure an optimal indoor microclimate in combination with a heat pump has been analyzed. The advantages of this set of measures to ensure the energy efficiency of the system are given.*

**Keywords:** energy efficiency, microclimate, air, ventilation, rotary recuperator, heat pump.

### Вступ

Мікроклімат приміщень характеризується показниками повітря: температурою, відносною вологістю та швидкістю руху, що визначені будівельними нормами [1]. Поєднання даних параметрів створюють мікрокліматичні умови необхідні для забезпечення санітарно-гігієнічного фактору, від якого залежить здоров'я та працездатність людини.

Метою роботи є аналіз забезпечення мікроклімату з досягненням оптимальних умов енергоефективними методами із застосуванням припливно-витяжної системи із роторним рекуператором в поєднанні із тепловим насосом.

### Результати досліджень

При створенні мікроклімату приміщень системи вентиляції [2] раціональним рішенням є влаштування рекуператорів. Відпрацьоване повітря може нагріти зустрічний потік холодного повітря в теплообміннику заощадивши частку тепла, що дозволяє зменшити енергозатрати на нагрівання свіжого холодного повітря. Пристрої даного типу поділяються на роторні та пластинчасті. Пластинчастий рекуператор являє собою касету з металевих листів (монолітну або розбірну) у якій витяжне та припливне повітря проходять по каналах, що штамповані на листах або утворені проміжними ущільнювачами не змішуючись при цьому. Відмінність роторного рекуператора полягає в можливості обертання барабану який спочатку пропускає через себе тепле витяжне повітря, далі холодне припливне. Пластини по черзі нагріваються та охолоджуються, віддаючи тепло вхідному повітрю, безперервно підігріваючи його.

Роторні конструкції ефективніші за пластинчасті. ККД роторних рекуператорів складає 70-88%. Окрім збереження тепла дані пристрої передають вологу. Для приміщень із підвищеним або зниженим рівнем вологості, дане обладнання є кращим варіантом.

Роторні теплообмінники встановлюються для продуктивності від 300 м<sup>3</sup>/год до 80 000 м<sup>3</sup>/год. Звичайними умовами передбачаються швидкість потоку повітря в межах від 2 до 4 м/с, та температурою повітря від - 20°C до + 55°C. Потужність електродвигуна залежить від розмірів ротора, та знаходиться в межах від 90 Вт до 750 Вт.

Перевага рекуператорів полягає в їх енергоефективності, так як вони використовують відпрацьоване повітря для нагрівання або охолодження свіжого. Даний комплекс заходів дозволяє знизити споживання електроенергії та витрати на опалення або охолодження до 30%. Рекуператори фільтрують вхідне повітря, усуваючи більшість забруднень та алергенів, що позитивно впливає на якість внутрішнього середовища.

До переваги роторного рекуператора можна віднести [3]:

- повернення вологості у приміщення під час обертання агрегату;

- високу стійкість до обмерзання;
- точність підтримки температури в приміщенні за рахунок плавного регулювання швидкості обертання ротора;
- компактні розміри.

Для енергоефективного рішення доцільно розглянути використання теплового насоса, а саме повітряного, так як обладнання даного типу простіше в монтажі. Для забору тепла використовуються потужні вентилятори, які направляють повітряні маси з вулиці на випарник агрегату. Дані теплові насоси можна встановлювати для різних типів приміщень. Повітряний тепловий насос складається із зовнішнього та внутрішнього блоку. Зовнішній блок продуває через себе певний обсяг повітря відбираючи тепло та переміщує його до внутрішнього блоку, встановленого у приміщенні. Внутрішній блок, залежно від схеми, що застосовується, може мати різну конфігурацію але виконує наступні функції: передачі та розподілу тепла в системі опалення, нагрівання гарячої води, підключення додаткового нагріву, перемикання в режим охолодження.

До переваг теплових насосів можна віднести [4,5]:

- економічність (для вироблення 3-5 кВт теплової енергії їм необхідно використовувати 1 кВт електричної);
- екологічність (в процесі функціонування не виділяються шкідливі речовини);
- безпеку (обладнання в ході роботи не використовує палива, вибухо- або пожежонебезпечних речовин, тому не потрібна додаткова вентиляція);
- багатофункціональність (застосовуються для опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування приміщень);
- довговічність (без капітального ремонту працює 15-20 років).

#### Висновок

Проведений аналіз систем для забезпечення мікроклімату приміщень свідчить, що доцільно використати енергоефективну припливно-витяжну систему вентиляції з роторним теплообмінником, який за рахунок перемінного проходження через рекуператор витяжного відпрацьованого та свіжого припливного повітря передає тепло та вологість, а також влаштування повітряного теплового насоса, який для підігріву в якості теплоносія використовує тепло навколишнього середовища

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ:Мінрегіон України, 2013. (Державні будівельні норми України).
2. Мікроклімат приміщень. [Електронний ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/5726365/#:~:text=%D0>
3. Припливно-витяжна вентиляція. [Електронний ресурс] – URL: <https://aqua-life.ua/rekuperator-rotorny-ili-plastinchaty/>
4. Принцип роботи теплового насоса. [Електронний ресурс] – URL: <https://teplosoft.com.ua/blog/shho-take-teplovij-nasos>
5. Панкевич О. Д. Паламарчук О. М. Аналіз проектних рішень систем опалення та вентиляції з мінімальними енерговитратами [Електронний ресурс] // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17112>

**Паламарчук Олександр Михайлович** – аспірант факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [opalamarchukm@gmail.com](mailto:opalamarchukm@gmail.com)

**Панкевич Ольга Дмитрівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

**Palamarchuk Olexander** - postgraduate Faculty of Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [opalamarchukm@gmail.com](mailto:opalamarchukm@gmail.com)

**Pankevich Olga** - Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

## ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Виконано огляд існуючих систем теплопостачання та опалення в житлових, комерційних і промислових будівлях. Розглянуті аспекти сучасних систем теплопостачання, включаючи їхні переваги та недоліки, а також актуальні технологічні інновації, які допомагають знизити споживання енергії.*

**Ключові слова:** енергоефективність, опалювальні системи, системи теплопостачання, теплоенергетика, теплові мережі.

### Abstract

*An overview of the existing heat supply and heating systems in residential, commercial and industrial buildings was performed. Considered aspects of modern heating systems, including their advantages and disadvantages, as well as current technological innovations that help reduce energy consumption.*

**Keywords:** energy efficiency, heating systems, heat supply systems, thermal power engineering, heat networks.

### Вступ

Системи теплопостачання та опалення є невід'ємною частиною інфраструктури населених пунктів, для забезпечення мешканців будинків, підприємства та інші організації необхідними мікрокліматичними умовами в приміщеннях будівель [1]. Вимоги до енергоефективності та екологічної сталості будівель свідчать про невідповідність існуючих систем теплопостачання європейським стандартам [2].

Метою роботи є аналіз існуючих систем теплопостачання та визначення їхніх переваг та недоліків.

### Основна частина

Системи теплопостачання включають джерело теплоти, теплові мережі, абонентські вводи і місцеві системи теплоспоживання. Розрізняють замкнуті, напівзамкнуті та розімкнені системи теплопостачання.

У замкнутих системах споживачем використовується тільки частина теплової енергії теплоносія. Теплоносій разом з залишковою кількістю теплоти повертається до джерела генерації для поповнення тепловою енергією (двотрубні закриті системи). У напівзамкнених системах у споживача використовується частина теплової енергії, яка трансформується до нього та частина самого теплоносія, а залишки кількості теплоносія і теплової енергії повертаються до джерела (двохтрубні відкриті системи). У розімкнених системах енергія теплоносія повністю використовується у споживача (однотрубні системи). Місцеве регулювання кількості та потенціалу теплоти, що передається до споживачів виконують на абонентських вводах.

Централізовані системи теплопостачання можуть бути водяні та парові.

Водяні системи теплопостачання за конструктивними особливостями можуть бути однотрубними, двотрубними, тритрубними, чотиритрубними комбінованими, якщо число труб в тепловій мережі не залишається постійним.

Однотрубні (розімкнуті) системи доцільно використовувати, коли середньогодинна витрата мережної води на опалення та вентиляцію збігається із середньогодинною витратою води, що споживається для гарячого водопостачання. При дисбалансі витрат мережної води, що подається на потреби опалення та вентиляції, і витрати води, що споживається для гарячого водопостачання, невикористану для гарячого водопостачання воду доводиться відправляти в дренаж. У зв'язку з цим поширення отримали двотрубні системи теплопостачання; відкриті (напівзамкнуті) та закриті (замкнуті).

У закритих системах для гарячого водопостачання використовується водопровідна вода, що підігрівається у поверхневих теплообмінниках водою з теплової мережі. У відкритих системах воду для гарячого водопостачання беруть безпосередньо із теплової мережі. Відбір води з зворотнього

трубопроводу теплової мережі здійснюють у кількості, щоб після змішування вона відповідала вимогам для гарячого водопостачання. У закритих системах теплопостачання теплоносії циркулює між джерелом теплоти та місцевими системами теплоспоживання.

Трансформація енергії теплоти з теплових мереж до місцевих систем теплоспоживання здійснюється без зниження потенціалу теплової енергії або з його зниженням. Без зниження потенціалу теплової енергії у водяних системах приєднуються безпосередньо до теплової мережі калорифери систем вентиляції та системи опалення виробничих приміщень, де допускається підвищена температура води в нагрівальних приладах. Максимальна температура води у тепловій мережі зазвичай дорівнює 150°C, але в деяких системах вона досягає 180-190 °С. Максимальна температура води за санітарно-гігієнічними вимогами в системах опалення не повинна перевищувати 95-105°C, в системах гарячого водопостачання 75°C.

Парові системи теплопостачання бувають однотрубними, дво трубними та багатотрубними. В однотрубній паровій системі конденсат пари не повертається від споживачів теплоти до джерела, а використовується на гаряче водопостачання та технологічні потреби або видаляється у дренажну систему. Схеми збору конденсату бувають відкритими та закритими, а найпростіша відкрита схема. За цією схемою конденсат від тепловикористовувального апарату проходить конденсатовідвідник, тобто прилад, що пропускає рідину і не пропускає пари, і потрапляє в бак збору конденсату, який через особливу трубу повідомляється з атмосферою. З бака конденсат насосом перекачується до джерела теплоти або у разі однотрубної системи направляється використання споживачем. Недоліками відкритої схеми збирання конденсату є: небезпека поглинання конденсатом кисню повітря, що спричиняє корозію конденсатопроводів; втрати в атмосферу пари вторинного закипання і теплоти, що йде з парою.

#### Висновок

При обґрунтуванні прийняття рішень стосовно вибору системи теплопостачання доцільно враховувати їх технологічні інновації, що дозволяють підвищити енергоефективність та екологічність об'єктів споживання теплової енергії.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С. , Ратушняк О. Г. Управління енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель: навч. посібник. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2009. 131с.
2. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: навч. посібник / Г.Б. Варламов, Г.Н. Любчик, В.А. Малярєнко. – Київ : ІВЦ Видавництво Політехніка, 2003.-232с.: іл.
3. Варламов Г.Б. Модернізація існуючої котельні з використанням контактного теплогенератора КАОМ / Г.Б. Варламов, М.Д. Очеретянко, С.Л. Касянчук. // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики : матеріали XIV Міжнародна науково – практична конференція аспірантів, магістрантів та студентів, Київ, 18-21 квітня 2016 року.– С.176.
4. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – Київ : ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2004. – 192 с.

**Волинець Назар Юрійович** – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. volinecnazar4@gmail.com

**Науковий керівник: Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н, професор кафедри ІСБ, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000000196565150, email: ratushnyak@vntu.edu.ua

**Volynets Nazar** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. volinecnazar4@gmail.com

**Scientific supervisor: Georgy Serhiyovych Ratushnyak** - Ph.D., professor of the Department of Industrial Engineering, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsya National Technical University ORCID 0000000196565150, email: ratushnyak@vntu.edu.ua

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФЕРМЕНТАЦІЇ БІОМАСИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОГАЗУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Наведено існуючі шляхи підвищення енергоефективності систем теплозабезпечення ферментації біомаси. Визначено основні переваги і недоліки існуючих шляхів підвищення енергоефективності систем теплозабезпечення ферментації біомаси.*

**Ключові слова:** біогаз, відновлювальні джерела енергії, ферментація біомаси.

### Abstract

*Existing ways of increasing the energy efficiency of heat supply systems for biomass fermentation are presented. The main advantages and disadvantages of the existing ways of increasing the energy efficiency of heat supply systems for biomass fermentation are determined.*

**Keywords:** biogas, renewable energy sources, biomass fermentation.

### Вступ

Зростаючі потреби у відновлюваних джерелах енергії та збільшення свідомості про екологічні виклики виробництво біогазу є одним із кроків у напрямку сталого розвитку. Ефективне теплозабезпечення процесу ферментації біомаси є ключовим елементом для оптимізації виробництва біогазу та забезпечення енергетичної ефективності.

Метою роботи є аналіз існуючих шляхів підвищення енергоефективності систем теплозабезпечення ферментації біомаси та виявлення напрямків їх удосконалення.

### Результати дослідження

Процес ферментації біомаси можна поділити на три етапи: розчинення і гідроліз органічних сполук, ацетогенез та метаногенез.

Кожен етап бродіння тісно пов'язаний з попереднім, так як кінцевим продуктом бродіння кожного попереднього етапу є продукт харчування бактерій з наступного етапу [1]. На процес бродіння впливає температура [1]. Від температури біомаси в біореакторі залежить кількість виділення метану з 1 кг сухої речовини. Необхідно дотримуватись одного з температурних режимів процесу ферментації: криофільного 20°C (30 - 40 діб і більше), мезофільного 32–33°C (10 - 20 діб), термофільного 52–54°C (5 - 10 діб).[2]. Зміни температури процесу термостабілізації ферментації допустимі з межах  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища (Рис.), а саме чим вища температура, тим більше виділення біогазу [2].

Поширення набули мезофільні та термофільні режими, перевагою яких є підвищена швидкість розкладання сировини і більш високий вихід біогазу, а також практично повне знищення хвороботворних бактерій, що містяться в сировині, що дозволяє використовувати залишки субстрату у якості біологічних добрив. До їх недоліків слід віднести велику кількість енергії, яка потрібна для підігріву субстрату в реакторі, чутливість процесу зброджування до найменших змін температури. Для України витрати енергії для обігріву біомаси складають приблизно 37% від загальної кількості отриманої енергії [1].

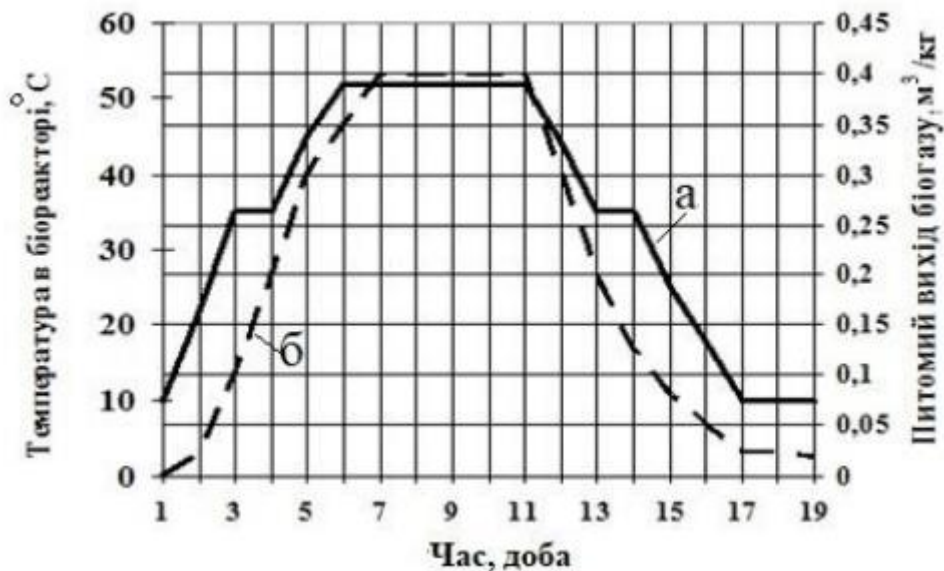


Рис. [1] Залежність виходу біогазу, від вибору температурного режиму. а - температура в реакторі, б - вихід біогазу

Одним з шляхів підвищення енергоефективності ферментації біогазу є зменшення енергетичних витрат за рахунок використання енергії, що виділяється під час роботи електрогенератора для термостабілізації процесу анаеробного бродіння.

Для прикладу розраховано один період синтезу біогазу для мезофільного процесу бродіння тривалістю 18 днів в метантенковій об'ємом  $10\text{ м}^3$ , утепленому 10 см мінеральної вати з теплопровідністю  $0,04\text{ Вт/МГрад}$ , розташований в м. Вінниця. Для розрахунку прийнято середні температурні умови, холодної пори року за ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [3], температура повітря  $\leq 8\text{ }^\circ\text{C}$ , період 182 дні. В якості біомаси гній великої рогатої худоби вологістю - 92%. Коефіцієнти заповнення та спорожнення біореактора при поступовому його завантаженні приймалися  $q = 0,7$  та  $r = 1$ . Середнє значення теплоємності субстрату  $C_{\text{суб}}$  становило  $4,18\text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ . Середньомісячна швидкість вітру для визначення коефіцієнту теплообміну на зовнішній поверхні метантенку прийнято  $2,8\text{ м/с}$ . Матеріалом стінки є сталь товщиною  $\delta_{\text{ст}} = 7\text{ мм}$  з коефіцієнтом теплопровідності  $52\text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ .

За проведеними розрахунками можна зробити висновок, що теплової енергії з електрогенератора може бути достатньо щоб обігрівати біомасу в біореакторі в холодний період року.

### Висновки

Одним із шляхів підвищення енергоефективності процесу термостабілізації є використання теплової енергії з електрогенератора для обігріву біореактора. Для визначення потенціалу енергоефективності системи з виробництва біогазу доцільно провести додаткові дослідження, а саме виконати математичне моделювання системи та експериментальні дослідження з визначення витрат енергії на термостабілізацію процесу ферментації біомаси.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ISSN 1813-5420 (Print) автор УН Качан електронний ресурс - <http://energy.kpi.ua/article/view/60135/55895>
2. Біогазові установки з відновлюваними джерелами енергії термостабілізації процесу ферментації біомаси / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк, І. А. Кошечев. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 110 с., електронний ресурс- <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/19441/%D0%A0%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8F%D0%BA%2C%20%D0%9B%D1%8F%D0%BB%D1%8E%D0%BA%2C%20%D0%9A%D0%BE%D1%89%D0%B5%D0%B5%D0%B2%20%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D>



[0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

3. ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія електронний ресурс -  
<https://finance.smr.gov.ua/files/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelna-klimatologiya.pdf>

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н., професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, Вінниця, ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: ratusnakg@gmail.com

**Бровко Артем Сергійович** – аспірант Вінницького національного технічного університету, Вінниця.

**Ratushnyak Heorhiy Serhiiovych** - Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: ratusnakg@gmail.com

**Brovko Artem Serhiiovych** - graduate student of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТА- ЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Робота присвячена вивченню та впровадженню заходів для підвищення енергоефективності теплопостачання багатоповерхового будинку. Аналізуються сучасні технології, методи оптимізації енергоспоживання та впровадження екологічно чистих рішень для забезпечення сталого та високоефективного функціонування системи теплопостачання.*

**Ключові слова:** енергоефективність, теплопостачання, багатоповерховий будинок, оптимізація енергоспоживання, сталість системи, впровадження технологій, екологічно чисті рішення, системи теплопостачання, сучасні технології, стале функціонування

### Abstract

*The importance of microclimate systems in healthcare facilities to ensure comfortable and safe working and stay conditions has been investigated and substantiated. Various technologies and methods of maintaining optimal microclimate parameters are analyzed to improve the quality of medical services and preserve the health of employees and patients.*

**Keywords:** microclimate, support systems, health care, microclimate parameters, comfort, occupational safety, medical institutions, support technologies, health care workers, patient health.

### Вступ

В умовах зростаючого попиту на енергоресурси та необхідності зменшення викидів в атмосферу, питання підвищення енергоефективності теплопостачання багатоповерхових будинків набуває особливої актуальності. Забезпечення сталого та високоефективного функціонування систем теплопостачання стає важливим завданням для забезпечення комфортних умов проживання мешканців, зменшення витрат енергоресурсів та мінімізації негативного впливу на довкілля. Ця робота спрямована на аналіз та розробку практичних рішень для підвищення енергоефективності теплопостачання багатоповерхового будинку, враховуючи сучасні технології та принципи сталого розвитку [1,2].

### Основна частина

Об'єктом дослідження є система теплопостачання багатоповерхового будинку, яка включає в себе теплові мережі, опалювальні прилади, системи регулювання, інженерні комунікації та елементи енергетичного забезпечення.

Предметом дослідження є розробка та впровадження заходів для підвищення енергоефективності обраної системи теплопостачання. Включає в себе аналіз енергетичного споживання, вибір оптимальних технологічних рішень, оцінку впливу на довкілля, розробку системи управління енергоефективністю та визначення економічної ефективності впроваджених заходів

В результаті розробки 2-го розділу МКР виконано теплотехнічний розрахунок будівлі та провели гідравлічний розрахунок горизонтальної і вертикальної двохтрубних систем опалення [3,4].

На основі виконаного теплотехнічного розрахунку і визначених тепловтрат приміщень були підібрані сталеві панельні опалювальні прилади, які забезпечують більшу тепловіддачу та більш ефективні.

На основі виконаного гідравлічного розрахунку було визначено діаметри трубопроводів та побудовано аксонометричну схему системи опалення. Для поквартирного прокладання системи використано багатопарові металопластикові трубопроводи, які є більш зручними у монтажі, більш економічні та довговічніші.

У розділі №3 даної МКР було створено проект технології монтажу системи тепlopостачання дев'яти поверхового будинку з вбудованими приміщеннями. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників [5].

Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, гідравлічний розрахунок в якому визначено загальні втрати тиску, трудомісткість виконання робіт, що склала 264,56 люд/дні та тривалість виконання монтажних робіт складає 48 днів.

### Висновок

На основі проведеного аналізу, існуючих норм проєктування житлових будинків, вимог до теплоізоляційної оболонки будівель та вимог до енергоефективності будівель, визначено напрямки підвищення енергоефективності будівлі та розроблено проєктні пропозиції щодо енергетичної оболонки будівлі, системи тепlopостачання будівлі, організації та технології монтажу системи тепlopостачання будівлі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Українська енергетична стратегія до 2035 року. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk>
2. Про енергозбереження Закон України від 01.07.1994р № 75/94-ВР від 01.07.9 Оновлення (редакція) від 23.07.2017 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT)
4. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2021 - [Чинний від 2022-09-01]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2021 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
5. Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. Організація та технологія проєктування систем теплогазопостачання та вентиляції: Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 108 с.

**Нікіфоров Констянтин Володимирович** – студент 2-го курсу магістратури ТГ-22м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. 19991kostia@gmail.com

**Науковий керівник: Слободян Наталія Михайлівна** – к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

**Konstantin Nikiforov** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [19991kostia@gmail.com](mailto:19991kostia@gmail.com)

**Scientific supervisor:** Natalia Slobodyan – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

## СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано системи вентиляції в громадських будівлях. Класифікуються вентиляції наступним чином: природна, механічна або штучна, припливно-витяжна або комбінована. Для підвищення енергозбереження систем вентиляції в будівлях, що за своїм призначенням є громадськими запропоновано використовувати вторинні джерела теплової енергії, що призводить до зниження експлуатаційних витрат.*

**Ключові слова:** система вентиляції, природна, штучна, припливна, витяжна, комбінована.

### Abstract

*Ventilation systems in public buildings were analyzed. Ventilation is classified as follows: natural, mechanical or artificial, supply-exhaust or combined. In order to increase the energy saving of ventilation systems in buildings, which by their purpose are public, it is proposed to use secondary sources of thermal energy, which leads to a decrease in operating costs.*

**Keywords:** ventilation system, natural, artificial, supply, exhaust, combined.

### Вступ

Вентиляція повітря призначена забезпечувати найкращі умови для високопродуктивної праці та повноцінного відпочинку людей. Суттєве значення вентиляції в захисті навколишнього середовища від забруднення шляхом підтримання допустимих параметрів мікроклімату в приміщеннях [1]. При проектуванні систем вентиляції перевага надається технічним рішенням, які є інноваційними та енергоощадними [2].

### Результати дослідження

Вентиляція, як комплекс заходів і обладнання призначена для забезпечення нормативних метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища на постійних робочих місцях і в зонах обслуговування технологічного обладнання гігієнічним і технічним вимогам. Основним завданням вентиляції повітря громадських будівель є видалення з приміщень забрудненого або нагрітого повітря і подача свіжого [3].

Системи вентиляції для громадських будівель поділяють [4]:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) і комбінована (одночасно природна і штучна);
- за напрямком руху повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем руху – загальнообмінна, місцева, комбінована.

При нерегульованій природній вентиляції кількість повітря, що надходить і виходить з приміщення, невідома, а сам повітрообмін залежить від випадкових факторів, а саме напряму та інтенсивності вітру, температури зовнішнього і внутрішнього повітря. Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію повітря через щілини у вікнах, дверях і стелі, а також повітрообмін через відкриті вікна і квартирки [4,5].

Штучна (механічна) вентиляція очищає повітря перед викидом в атмосферу, вловлює шкідливі речовини безпосередньо в місцях їх утворення, обробляє припливне повітря (очищення, підігрів, зволоження) і дозволяє більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Механічна вентиляція дозволяє регулювати подачу повітря в найчистіших зонах і навіть за їх межами [4,5,6,7].

Механічні системи призначені для подачі або видалення повітря по всьому об'єму приміщення, а також для подачі або видалення повітря локально, незалежно від кліматичних умов навколишнього середовища. Недоліком таких систем є високі капітальні та експлуатаційні витрати [8].

Загальнообмінна вентиляція застосовується для видалення надлишків тепла при відсутності токсичних виділень та у випадках, коли характер технологічного процесу або особливості виробничого обладнання не дозволяють використовувати місцеву витяжну вентиляцію [4,9].

У громадських приміщеннях при надходженні газів або пари (пари кислот, бензину або парафіну), густина яких перевищує густину повітря, загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення і 40% - з верхньої зони [3]. При густині газу нижчій за густину повітря, видалення забрудненого повітря відбувається у верхній зоні. Витяжна система встановлюється в місці, де повітря не забруднене пилом або газами.

Місцева припливна вентиляція може бути виконана у вигляді повітряних душів, повітряних завіс і повітряних теплових завіс [4].

Конструкція систем місцевої витяжної вентиляції повинна забезпечувати максимальну локалізацію шкідливих виділень при мінімальному відтоку повітря. Вони не повинні бути громіздкими, щоб заважати роботі операторів або нагляду за технічними процесами [1]. Основними факторами при виборі типу системи місцевої витяжної вентиляції є характеристики шкідливих викидів (температура, щільність парів, токсичність), розташування оператора на робочому місці, а також характеристики технологічного процесу та обладнання.

Реалізація програми енергозбереження передбачає використання економічного технологічного вентиляційного обладнання, повторне використання вторинних джерел теплової енергії.

## Висновки

При проектуванні та експлуатації систем вентиляції повітря громадських будівель доцільним є економічно обґрунтованим шляхів підвищення енергоефективності реалізацією комплексу заходів та сучасних енергозберігаючих методів і технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій по дисципліні «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 –Теплоенергетика / Укл. Клімов Р.О., – Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 102 с
2. Організація вентиляції в торгових приміщеннях: магазини, супермаркети, ТРЦ. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/organizatsiya-ventilyatsii-v-torgovykh-zavedeniyakh-magaziny-supermarkety-trts>– Назва з екрана.
3. Ратушняк Г.С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції [текст] / Г.С. Ратушняк , Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 122 с.
4. Вентилювання приміщень / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш та ін: Навч. посібник. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 476 с.
5. Види вентиляції, переваги і недоліки вентиляційних систем [Електронний ресурс]: – <https://rivnekomfort.rv.ua/vidi-ventilyacij.php>– Назва з екрана.
6. Ратушняк Г. С., Степанковський Р. В. Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації. Монографія, ВНТУ. – Вінниця, 2015. – 112 с.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний з 1.01.2016р.] – К.: Мінрегіон України, 2015. – 145 с.
8. Ратушняк Г.С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції [текст] / Г.С. Ратушняк , Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 122 с.
9. Пономарчук І.А., Волошин О.Б. Вентиляція та кондиціонування повітря [текст]/ І.А Пономарчук, О.Б. Волошин – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 121 с.
10. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н, професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua).

**Чамор Олексій Михайлович** – магістр групи ТГ-22м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, email: [chamor\\_ol@gmail.com](mailto:chamor_ol@gmail.com).

**Georgiy Ratushnyak**, Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0001-9656-5150 e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Oleksii Chamor** – master of Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: [chamor\\_ol@gmail.com](mailto:chamor_ol@gmail.com).

## ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НЕОБХІДНОГО НОРМАТИВНОГО МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ УТРИМУВАННЯ ТВАРИН

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Ця робота присвячена розробці та впровадженню ефективної системи вентиляції, яка забезпечує необхідний нормативний мікроклімат в приміщеннях для утримування тварин. Дослідження показують, що належний мікроклімат є ключовим фактором для забезпечення комфорту та здоров'я тварин. Відсутність належної вентиляції може призводити до перегріву, переохолодження, високої вологості, недостатнього рівня кисню та накопичення шкідливих речовин у приміщенні, що може негативно впливати на здоров'я та продуктивність тварин. У даній роботі пропонується розробка системи вентиляції, яка базується на використанні сучасних технологій та інноваційних рішень. Вона включає в себе встановлення спеціальних вентиляційних систем, які забезпечують постачання свіжого повітря, регулювання температури та вологості, а також видалення відпрацьованого повітря та шкідливих речовин. Для оцінки ефективності системи вентиляції проведено серію експериментів, які показали, що вона забезпечує досягнення необхідних нормативних параметрів мікроклімату. Також було проведено порівняльний аналіз з існуючими системами вентиляції, що дозволило виявити переваги запропонованої системи. Отримані результати свідчать про те, що впровадження ефективної системи вентиляції може позитивно вплинути на умови утримування тварин, забезпечуючи їм комфортний мікроклімат та сприяючи збереженню їх здоров'я та продуктивності. Результати цієї роботи можуть бути корисними для ветеринарних клінік, ферм та інших установ, де важливо забезпечити належні умови утримання тварин.

**Ключові слова:** ефективна система вентиляції; необхідний комфортний мікроклімат; нормативні параметри; приміщення для утримування тварин; вентиляційні системи; свіже повітря; регулювання температури і вологості; видалення відпрацьованого повітря; здоров'я тварин; продуктивність; умови утримання тварин.

### *Abstract*

This work is devoted to the development and implementation of an effective ventilation system that provides the necessary regulatory microclimate in the premises for keeping animals. Research shows that a proper microclimate is a key factor in ensuring the comfort and health of animals. The lack of proper ventilation can lead to overheating, hypothermia, high humidity, insufficient oxygen levels and the accumulation of harmful substances in the room, which can negatively affect the health and productivity of animals. This paper proposes the development of a ventilation system based on the use of modern technologies and innovative solutions. It includes the installation of special ventilation systems that ensure the supply of fresh air, control of temperature and humidity, as well as the removal of exhaust air and harmful substances. To evaluate the effectiveness of the ventilation system, a series of experiments were conducted, which showed that it ensures the achievement of the necessary regulatory parameters of the microclimate. A comparative analysis with existing ventilation systems was also conducted, which revealed the advantages of the proposed system. The obtained results indicate that the implementation of an effective ventilation system can positively affect the conditions of keeping animals, providing them with a comfortable microclimate and contributing to the preservation of their health and productivity. The results of this work can be useful for veterinary clinics, farms and other institutions where it is important to ensure proper conditions for keeping animals.

**Key words:** effective ventilation system; a comfortable microclimate is necessary; regulatory parameters; premises for keeping animals; ventilation systems; fresh air; regulation of temperature and humidity; exhaust air removal; animal health; productivity; conditions of keeping animals.

### **Вступ**

**Актуальність роботи** полягає в необхідності забезпечення комфортних умов для тваринного утримання. Ефективна вентиляційна система дозволяє забезпечити оптимальну температуру,

вологість та обмін повітря в приміщенні, що має значний вплив на здоров'я тварин і продуктивність їх вирощування.

Правильно налаштована система вентиляції допомагає уникнути перегріву, переохолодження, забруднення повітря, вологості та неприємного запаху, що можуть негативно позначитись на здоров'ї тварин і призвести до зниження продуктивності. Відповідно, розробка та вдосконалення систем вентиляції є важливим напрямком досліджень у сфері тваринного господарства.

**Метою даної роботи** є розробка ефективних систем вентиляції для створення необхідного мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин. Це включає в себе вивчення теоретичних основ вентиляції та її впливу на здоров'я та продуктивність тварин, аналіз існуючих систем вентиляції, розробку та впровадження нових технологій для поліпшення якості повітря в приміщеннях для тварин.

Для досягнення цієї мети необхідно провести дослідження щодо оптимальних параметрів вентиляції, таких як об'єм повітря, швидкість потоку повітря, температура та вологість, а також розробити адаптивні системи, які змінюватимуться залежно від потреб тварин. Крім того, важливо враховувати енергоефективність системи та вплив вентиляції на навколишнє середовище.

Результати досліджень та розробок можуть бути використані в сільськогосподарських підприємствах, зоопарках, лабораторіях та інших приміщеннях, де необхідно забезпечити комфортні умови для тваринного утримання. Ефективна система вентиляції сприятиме збереженню здоров'я тварин, покращенню їх зросту та розвитку, а також зниженню витрат на утримання та лікування.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати ряд кроків, таких як вивчення літератури та наукових досліджень з даної теми, проведення експериментів та аналіз отриманих даних, розробка та тестування прототипів систем вентиляції, а також оцінка ефективності та практичної застосовності розроблених рішень.

Загальною метою цієї роботи є створення ефективних систем вентиляції для створення необхідного мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин, що дозволить забезпечити оптимальні умови для їх здоров'я та продуктивності.

### **Результати роботи**

Отримані результати дослідження та проектування даної системи вентиляції для створення необхідного нормативного мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин можуть бути досить значущими і приносити певні переваги. Ось деякі можливі досягнені результати при виконанні цієї роботи:

1. Покращення здоров'я тварин: Ефективна вентиляційна система дозволить підтримувати оптимальну температуру, вологість та обмін повітря в приміщенні, що сприятиме збереженню здоров'я тварин. Це може знизити ризик захворювань, покращити імунну систему тварин та підвищити їх загальну життєздатність.

2. Підвищення продуктивності: Забезпечення комфортного мікроклімату в приміщенні сприятиме покращенню зросту, розвитку та продуктивності тварин. Оптимальна температура та вологість підтримуватимуть оптимальні умови для росту, розвитку та розмноження тварин, що може призвести до збільшення виробництва м'яса, молока, яєць або інших продуктів.

3. Запропонований варіант проєкту сприятиме зниженню витрат на утримання, тобто ефективна система вентиляції може забезпечити зниженню енерговитрат та витрат на утримання приміщення. Добре спроектована та налаштована система може оптимізувати використання енергії та забезпечити ефективну роботу, яка може привести до зниження витрат на електроенергію та обслуговування цієї системи.

4. Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище: Шляхом впровадження запропонованих енергоефективних технологій та утилізації викидних газів можна зменшити негативний вплив систем вентиляції на навколишнє середовище. Це також може включати в себе використання альтернативних джерел енергії (сонячні елементи та колектори, теплові насоси тощо), зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу за рахунок спалювання традиційних видів палива, ефективне управління витратами енергії.

5. Покращення умов праці персоналу: Ефективна система вентиляції дозволить забезпечити комфортні умови праці для персоналу, що працює з тваринами. Зменшення негативного впливу запаху, пилу та інших забруднень на повітря може покращити якість життя та робочі умови працівників, знизити ризик виникнення алергічних реакцій та інших проблем зі здоров'ям.

6. Створення оптимального середовища для досліджень: В установах, де проводяться дослідження над тваринами, важливо мати контрольований мікроклімат. Ефективна система вентиляції дозволить створити стабільні умови для проведення досліджень, забезпечуючи необхідну температуру, вологість та чистоту повітря.

7. Забезпечення дотримання нормативних вимог: У багатьох країнах існують нормативні вимоги щодо умов утримання тварин, включаючи мікрокліматичні параметри. Ефективна система вентиляції допоможе забезпечити дотримання цих вимог, що може надати можливості уникнути проблем з відповідністю законодавству та негативними наслідками для підприємства.

Узагальнюючи, результати дослідження та проєктування систем вентиляції для створення оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин можуть привести до поліпшення здоров'я тварин, підвищення продуктивності, зниження витрат на утримання, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, покращення умов праці персоналу та дотримання нормативних вимог. Це має велике значення для розвитку тваринництва та забезпечення сталого та ефективного утримання тварин.

### Висновки

1. Системи вентиляції в приміщеннях для утримання тварин є важливими для створення необхідного мікроклімату. Вони дозволяють забезпечити оптимальні умови температури, вологості та чистоти повітря, що сприяє здоров'ю і якісному утриманню тварин.

2. Ефективні системи вентиляції можуть позитивно впливати на продуктивність тварин, забезпечуючи їм комфортні умови. Вони допомагають знизити стрес, покращують ріст, розвиток і репродуктивну функцію тварин.

3. Використання систем вентиляції може знизити витрати на утримання тварин, оптимізувати використання ресурсів, таких як енергія і вода. Це сприяє підвищенню рентабельності та сталості підприємства.

4. Ефективна вентиляція допомагає зменшити вплив вірусів, бактерій та алергенів на здоров'я тварин. Це допомагає уникнути поширення захворювань та забезпечує безпеку як для тварин так і для персоналу.

5. Системи вентиляції також сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище шляхом зменшення викидів шкідливих речовин і запобігання забрудненню повітря.

6. Оптимальний мікроклімат, створений за допомогою систем вентиляції, поліпшує умови праці персоналу, забезпечуючи комфортні умови та знижуючи ризик виникнення проблем зі здоров'ям.

7. Системи вентиляції допомагають підприємствам дотримуватися нормативних вимог щодо умов утримання тварин. Це важливо для забезпечення відповідності законодавству та попередження можливих санкцій.

Отже, системи вентиляції для створення необхідного мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин мають значний вплив на здоров'я тварин, продуктивність, вартість утримання, дотримання нормативів, екологічну стійкість та умови праці. Їх використання рекомендується для досягнення кращих результатів у тваринництві та забезпечення належних умов для тварин. Однак, ефективність систем вентиляції ще залежить від багатьох факторів, таких як правильне проєктування, вибір відповідного обладнання, налагодження та регулювання роботи системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Романченко М.А. Контроль та прогнозування режимів забезпечення стандартів теплових параметрів мікроклімату виробничих споруд з електрообігрівною підлогою / Журнал: Світлотехніка та електроенергетика, Харків, 2007, вип. 3-4 – С.33-38.
2. Савост'янова К.В., Мельник В.О. Зниження мікробного забруднення повітря у пташниках для утримання курей-несучок // Птахівництво: Міжвідомчий тематичний зб. -2008.- Вип. 61.- С. 155-162.
3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://rodak.if.ua/mot/teoria/tema\\_2.htm](http://rodak.if.ua/mot/teoria/tema_2.htm) – Засоби теплопостачання та формування мікроклімату тваринницьких приміщень.
4. Modern broilers require optimum ventilation // World Poultry-Elsevier. - 2000. – Vol. 16, № 11. - P. 30-31.
5. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://buklib.net/books/35527/> – Автоматизація створення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.
6. Машини та обладнання для тваринництва: підручник /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка, В.М. Полупанов та ін.; за ред. І.Г. Бойка. – Том 1. – Харків: Видавництво ЧП «Черв'як», 2006. – 225с.



**Саврасов Сергій Максимович** – магістрант групи ТГ-22м, ФБЦЕІ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 2b17tgp.savrasov@gmail.com

**Майструк Владислава Романівна** – студентка групи СМ-23б, ФБЦЕІ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: majstrukvladislava@gmail.com

**Коц Іван Васильович** – канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: ivvkots@ukr.net

**Savrasov Serhii M.** – Master’s student, TG-22m group, FBCEI, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 2b17tgp.savrasov@gmail.com

**Maistruk Vladyslava R.** – student of group SM-23b, FBCEI, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: majstrukvladislava@gmail.com

**Kots Ivan V.** – Ph.D. (Eng.), professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: ivvkots@ukr.net

# ТЕПЛОВОЛОГІСНА АВТОКЛАВНА ОБРОБКА БУДІВЕЛЬНИХ БЕТОННИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЕРОДИНАМІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ТИПУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Виконане аналітичне дослідження відомих методів тепловологісної автоклавної обробки бетонних виробів. Встановлено, що найбільш перспективним методом є автоклавна обробка за допомогою аеродинамічного устаткування рециркуляційного типу. Він має ряд суттєвих переваг в порівнянні з іншими, а саме: забезпечує рівномірне нагрівання бетонних виробів за рахунок рециркуляції гарячого зволоженого повітря в камері, дозволить підвищити якість бетонних виробів, зменшити витрати на енергопостачання та час тепловологісної обробки, що позитивно позначиться на продуктивності виробництва та конкурентоспроможності підприємства.

**Ключові слова:** тепловологісна автоклавна обробка, аеродинамічне устаткування, рециркуляція, рівномірне нагрівання.

## Abstract

An analytical study of known methods of heat-moist autoclave processing of concrete products was carried out. It has been established that the most promising method is autoclave processing with the help of aerodynamic recirculation type equipment. It has a number of significant advantages compared to others, namely: it ensures uniform heating of concrete products due to the recirculation of hot humidified air in the chamber, it will allow to improve the quality of concrete products, reduce energy supply costs and the time of heat-moisture treatment, which will have a positive effect on production productivity and competitiveness enterprises.

**Key words:** heat-moist autoclave treatment, aerodynamic equipment, recirculation, uniform heating.

## Вступ

Значимість автоклавної обробки бетонних виробів полягає в тому, що цей процес дозволяє значно покращити якість та властивості бетону. Завдяки високому тиску та температурі в автоклаві, бетон зміцнюється, стає більш стійким до різних навантажень та зносу. Також, автоклавна обробка дозволяє зменшити вміст пор в бетоні, що позитивно впливає на його міцність та довговічність [1-3].

Крім того, автоклавна обробка є екологічно безпечним процесом, оскільки не використовує шкідливих речовин. Таким чином, вона є оптимальним вибором для виробництва бетонних виробів, які використовуються в будівництві, дорожньому господарстві та інших галузях промисловості [5-7].

На сьогодні зростає попит на бетонні вироби з автоклавною обробкою на ринку будівельних матеріалів, оскільки такі вироби мають високу якість та довговічність, що забезпечує їх ефективне використання в будівельних проектах.

Отже, актуальність автоклавної обробки бетонних виробів полягає в її ефективності, екологічній безпеці та високій якості виробів, що забезпечує їх популярність та попит на ринку будівельних матеріалів та виробів.

Основна мета вдосконалення устаткування для автоклавної обробки бетонних виробів полягає в покращенні якості та ефективності виготовлення бетонних виробів. Для цього необхідно вирішити такі завдання:

1. Розробити та впровадити нові технології виготовлення бетонних виробів, які забезпечують високу якість та ефективність виробництва.
2. Покращити конструкцію та матеріали устаткування, щоб забезпечити його надійність та довговічність.

3. Вдосконалити системи автоматичного керування та контролю якості виробництва, щоб забезпечити точність та стабільність процесу.

4. Забезпечити безпеку праці та дотримання екологічних норм у виробництві.

5. Проводити постійний моніторинг та аналіз ефективності виробництва, щоб вчасно виявляти та усувати недоліки та помилки.

6. Вдосконалювати технічне обслуговування та ремонт устаткування, щоб забезпечити його безперебійну роботу та продовжити термін його служби.

### **Виклад основного матеріалу**

Об'єктом розробки та дослідження є процес тепловологісної автоклавної обробки бетонних виробів з використанням устаткування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання виробів в герметичній теплоізолюваній камері [4,9,10].

Предметом розробки є саме устаткування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання виробів, яке забезпечує рівномірне нагрівання бетонних виробів за рахунок рециркуляції гарячого зволоженого повітря в камері. Дослідження полягає в визначенні оптимальних параметрів температури, тиску, часу та інших факторів, що впливають на якість тепловологісної обробки бетонних виробів. Також дослідження може включати в себе аналіз впливу різних типів бетону та додаткових компонентів на процес обробки та якість готового виробу.

Наукове дослідження полягатиме у застосуванні устаткування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання виробів в герметичній теплоізолюваній камері. Це дозволить забезпечити рівномірне нагрівання бетонних виробів та зменшити відхилення температури в різних точках камери.

Крім того, розробка нового устаткування дозволить знизити витрати на енергопостачання та скоротити час тепловологісної обробки, що позитивно позначиться на продуктивності виробництва.

Наукове дослідження процесів автоклавної тепловологісної обробки бетонних виробів при застосуванні устаткування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання також дозволить визначити оптимальні параметри процесу, що дозволить отримати бетонні вироби високої якості з мінімальними витратами на енергопостачання та час виробництва.

### **Висновок**

Розробка устаткування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання та його застосування в технології автоклавної тепловологісної обробки бетонних виробів матиме практичне значення за такими факторами:

1. Підвищення якості бетонних виробів: застосування нового устаткування дозволить забезпечити рівномірне нагрівання виробів, що позитивно позначиться на якості кінцевого продукту.

2. Зменшення витрат на енергопостачання: застосування аеродинамічного рециркуляційного нагрівання дозволить знизити витрати на електроенергію та газ, що використовується для нагріву камери.

3. Скорочення тривалості тепловологісної обробки: нове устаткування дозволить зменшити тривалість тепловологісної обробки бетонних виробів, що позитивно позначиться на продуктивності виробництва.

4. Визначення оптимальних параметрів процесу: наукове дослідження процесів автоклавної тепловологісної обробки бетонних виробів дозволить встановити оптимальні параметри процесу, що дозволить отримати бетонні вироби високої якості з мінімальними витратами на енергопостачання та тривалістю виробництва.

Отже, застосування нового устаткування та технології його застосування дозволить підвищити якість бетонних виробів, зменшити витрати на енергопостачання та тривалість тепловологісної обробки, що позитивно позначиться на продуктивності виробництва та конкурентоспроможності підприємства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Steln H. N. Loc mecanisme de L'hydratation du ileate tricdeigw/ H. N. Steln, L. M. Stevels. // Silikatesindustr. – 1967. – No. 10. – P. 32–34.
2. Д БН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів. – Київ: Держкоммістобудування України. 1997. – 54с.
3. Швець В. В., Дудар І. Н. Термосиловий вплив, як метод управління структуроутворенням при твердненні бетону / Науковий вісник будівництва. – Харків. : ХДТУБА, 2001. – Вип. 14. – С. 140–143. ISBN 5-274-00381-8
4. Патент UA 18723. МПК В01J 3/04. Автоклавна установка тепловологісної обробки / О. П. Сліпенька, С. Б. Сторожук, І. В. Коц. - № u 200605904; Заявлено 29.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.
5. Сліпенька О. П., Коц І. В. Аналітичне дослідження автоклавних установок із аеродинамічним нагрівом / Вісник Хмельницького національного університету, 2006. – № 5. – С. 93 – 98.
6. Колісник О. П. Процеси тепломасобміну при теплової обробці бетонних виробів / Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – № 38. – С. 82–87.
7. Колісник О. П. Перспективи використання автоклавної обробки будівельних виробів / Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві : наук.-техн. зб. – 2007. – № 4. – С. 75–78.
8. Колісник О. П., І. В. Коц. Обґрунтування генерації теплової енергії в установках із аеродинамічним нагрівом / Науково-технічний збірник "Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві" – 2008. – № 1. – С. 138 – 143.
9. Патент 40453 RU. МПК С04В 40/00 Пропарювальна камера/ О. П. Колісник, І. В. Коц. - № u200812905; Заявлено 05.11.2008; Опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.
10. Патент 40455 RU. МПК С04В 40/00. Спосіб тепловологісної обробки будівельних виробів / О. П. Колісник, І. В. Коц. - № u200812911; Заявлено 05.11.2008; Опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.

**Слободянюк Сергій Анатолійович** – аспірант, кафедра інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, E-mail: sergford90@gmail.com;

**Коц Іван Васильович** – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник НДЛ гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

**Slobodyanyuk Serhii A..** – post graduate student, Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, E-mail: sergford90@gmail.com;

**Kots Ivan V.** – Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

## ПРОЦЕС СУШІННЯ СИПУЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРОЦИРКУЛЯЦІЙНИХ АПАРАТІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Робота присвячена дослідженню процесу сушіння сипучих будівельних матеріалів з використанням віброциркуляційних апаратів. У роботі розглядаються основні проблеми, пов'язані з вологою в будівельних матеріалах, а також розглядаються переваги використання віброциркуляційних апаратів для прискорення процесу сушіння. Дослідження включає аналіз різних типів віброциркуляційних апаратів, їх принцип роботи та ефективність у сушінні сипучих будівельних матеріалів. Результати дослідження показують, що використання віброциркуляційних апаратів дозволяє значно скоротити тривалість сушіння матеріалів і покращити їх якість.*

**Ключові слова:** сушіння сипучих будівельних матеріалів; вологість; віброциркуляційні апарати; тривалість; якість

### Abstract

*The work is devoted to the study of the process of drying bulk building materials using vibrocirculation devices. The paper examines the main problems associated with moisture in building materials, as well as the advantages of using vibrocirculation devices to accelerate the drying process. The research includes the analysis of various types of vibrocirculation devices, their working principle and effectiveness in drying loose building materials. The results of the study show that the use of vibrocirculation devices allows you to significantly reduce the duration of drying materials and improve their quality*

**Keywords:** drying of bulk building materials; humidity; vibrocirculation devices; duration; quality

### Вступ

**Актуальність роботи.** Сушіння сипучих будівельних матеріалів є важливим етапом в будівельному процесі, оскільки від нього залежить якість та тривалість експлуатації будівельних конструкцій. Віброциркуляційне устаткування може бути ефективним засобом для сушіння сипучих матеріалів, таких як пісок, цемент, гранульовані матеріали та інші. Використання віброциркуляційного устаткування дозволяє зменшити час сушіння та забезпечити рівномірну температуру та вологість у всьому об'ємі матеріалу. Крім того, цей метод дозволяє зменшити витрати енергії та зберегти час, що є важливим фактором в будівельній галузі. Таким чином, сушіння сипучих будівельних матеріалів із застосуванням віброциркуляційного устаткування є актуальним напрямком розвитку будівельної технології.

### Мета і завдання дослідження

Основною метою досліджень нового устаткування для сушіння сипучих будівельних матеріалів є покращення якості та ефективності будівельного процесу.

Завданнями досліджень можуть бути:

1. Вивчення властивостей різних сипучих будівельних матеріалів та їх поведінки під час сушіння.
2. Розробка нових методів та технологій сушіння сипучих будівельних матеріалів з використанням віброциркуляційного устаткування.
3. Визначення оптимальних параметрів сушіння для різних типів сипучих будівельних матеріалів.
4. Вивчення впливу віброциркуляційного устаткування на якість та міцність будівельних конструкцій, які виготовлені з сухих сипучих матеріалів.
5. Визначення економічної доцільності використання віброциркуляційного устаткування для сушіння сипучих будівельних матеріалів порівняно з іншими методами сушіння.

6. Розробка рекомендацій з використання нового устаткування для сушіння сипучих будівельних матеріалів в різних умовах та на різних будівельних об'єктах.

7. Розробка рекомендацій з використання нового устаткування для сушіння сипучих будівельних матеріалів в різних умовах та на різних будівельних об'єктах.

#### **Об'єкт дослідження**

Об'єктом наукового дослідження є процес сушіння сипучих будівельних матеріалів із врахуванням їх фізико-механічних властивостей і характеристик

#### **Предмет дослідження**

Предметом дослідження є застосування віброциркуляційних пристроїв в комбінації з гідроімпульсним генератором коливань для цього процесу. Дослідження має на меті визначити ефективність такої комбінації пристроїв для сушіння сипучих будівельних матеріалів, а також вивчити вплив параметрів пристроїв на якість та швидкість процесу сушіння

#### **Наукова новизна**

Наукова новизна полягає в тому, що використання гідроімпульсного генератора в комбінації з віброциркуляційними пристроями для сушіння сипучих будівельних матеріалів є новим методом, який дозволяє знизити час сушіння та збільшити ефективність процесу. Цей метод ґрунтується на використанні гідродинамічного тиску та вібраційних хвиль, які сприяють швидкому випаровуванню вологи з матеріалів. Такий підхід може бути використаний для сушіння різних типів сипучих матеріалів, що дозволяє розширити область застосування даного методу. Крім того, використання гідроімпульсного генератора коливань дозволяє знизити енергоспоживання та збільшити економічну ефективність процесу сушіння.

#### **Результати роботи**

Завдяки розробленим і застосованим віброциркуляційним пристроям у комбінації з гідроімпульсним генератором для сушіння сипучих будівельних матеріалів досягнуті такі результати:

1. Зменшені витрати на енергопостачання та збільшена продуктивність процесу сушіння.
2. Процес сушіння сипучих матеріалів здійснюється в автоматичному режимі, що зменшує залежність від людських факторів.
3. Використаний метод сушіння дозволяє забезпечити високу якість сухого матеріалу, оскільки процес сушіння відбувається швидко та рівномірно.
4. Передбачається розширення області застосування цього методу. Він може бути використаний для сушіння різних типів сипучих матеріалів.
5. Проведено моделювання процесу сушіння. Застосування математичних моделей дозволяє прогнозувати результати процесу сушіння та визначати оптимальні параметри застосування віброциркуляційних генераторів коливань з гідроімпульсним приводом для досягнення найкращих результатів.

#### **Висновки**

У цій роботі було досліджено процес сушіння сипучих будівельних матеріалів з використанням віброциркуляційних апаратів. Використання віброциркуляційних апаратів показало значні переваги у прискоренні процесу сушіння та покращенні якості матеріалів.

Результати дослідження підтвердили, що віброциркуляційні апарати дозволяють ефективно видаляти вологу з сипучих будівельних матеріалів шляхом створення вібраційного руху, який сприяє розподілу вологи та збільшенню поверхні взаємодії з повітрям. Це допомагає прискорити процес випаровування вологи та зменшити час сушіння.

Дослідження також показали, що використання віброциркуляційних апаратів дозволяє досягти більш однорідного сушіння матеріалів, що впливає на покращення їх якості. Вібраційний рух сприяє розподілу вологи по всій масі матеріалу, уникненню утворення зон зі збільшеним вмістом вологи та забезпеченню рівномірної сушки.

Отже, використання віброциркуляційних апаратів є ефективним методом для сушіння сипучих будівельних матеріалів. Цей метод дозволяє скоротити час сушіння, покращити якість матеріалів та забезпечити однорідність сушіння. Результати дослідження можуть бути корисні для фахівців у

галузі будівництва та дослідження будівельних матеріалів, які шукають ефективні методи сушіння сипучих матеріалів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артюхова Н. О. Вплив організації руху сушильного агента на якість сушіння матеріалів у гравітаційних полицних апаратах // Наукові праці ОНАХТ. – 2012. – Вип. 41, Т. 2. – С. 233–237.
2. Renaud M. Thibault J. Alvarez Influence of solids moisture content on the mean residence time in a rotary dryer // *Drying Technology*. – 2001. – Vol. 1. – P. 2131–2150.
3. Crowe C. T. *Multiphase flow handbook* / C. T. Crowe – Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006. – 1128 p
4. Kalita P, Mahanta P, Saha UK (2015). Pressurized circulating fluidized bed technology. *Energy Sci Technol Hydrogen Other Technol* 11: P. 481–526.
5. Kumar M. Sellakumar, Thomas W. Lamar Application of pressurized circulating fluidized bed technology for combined cycle power generation. *Heat Recovery Systems and CHP*. Volume 15, Issue 2, February 1995, Pages 163-170.
6. Патент № CN 109772600 А, Китай, В04В 5/00(2006.01), В04В 7/00(2006.01), В04В 11/02(2006.01), заявлено 21.02.2019, опубл. 21.05.2019.
7. Патент № CN 209589638 U, Китай, G01N 1/38(2006.01), В04В 5/12(2006.01), В04В 7/02(2006.01), В04В 9/02(2006.01), В04В 15/00(2006.01) заявлено 21.02.2019, опубл. 11.05.2019.
8. Патент № CN 110170385 А, Китай, В04В 7/00(2006.01), В04В 7/08(2006.01), В04В 1/00(2006.01), заявлено 26.06.2019, опубл. 27.08.2019.
9. Попович М. М., Коц І. В., Дец О. Ю. Вібраційні технології для підготовки складових сухих будівельних сумішей [Текст] // 36. доповідей IV Всеукр. конференції "Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві". - Вінниця : ВНТУ, 2003. - С. 197-200.
10. Патент 24535 UA, МПК F26B 17/10. Пристрій для вібраційного сушіння / А.Б. Насіковський, І.В. Коц, М.Ф. Друкований, В.В. Петрусь, О.Ю. Дец (Україна).– № u200613070; заявл. 11.12.2006; опубл. 10.07.2007, Бюл. 10.07.2007, Бюл. № 10, – 3 с.: кресл.

**Дацюк Вячеслав Ігоревич** – аспірант, кафедра інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, E-mail: sergford90@gmail.com;

**Коц Іван Васильович** – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник НДЛ гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

**Datsyuk Vyacheslav I.** - postgraduate student, department of engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, E-mail: sergford90@gmail.com;

**Kots Ivan V.** – Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

## СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ЛАБОРАТОРІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Системи забезпечення мікроклімату мають велике значення в лабораторіях харчових виробництв для забезпечення оптимальних умов виробництва та збереження якості продукції. Ця тема вивчає вплив температурного режиму, вологості, вентиляції, очищення повітря та інших параметрів мікроклімату на якість та безпеку продукції харчової промисловості.*

**Ключові слова:** енергоефективність, системи забезпечення мікроклімату, лабораторії харчових виробництв, температурний режим, вологість, вентиляція та кондиціонування повітря, очищення повітря, терморегуляція, харчові виробництва

### Abstract

*Microclimate systems are of great importance in food production laboratories to ensure optimal production conditions and preserve product quality. This topic studies the influence of temperature regime, humidity, ventilation, air purification and other microclimate parameters on the quality and safety of food industry products.*

**Keywords:** energy efficiency, microclimate support systems, food production laboratories, temperature regime, humidity, ventilation and air conditioning, air purification, thermoregulation, food production

### Вступ

Харчова промисловість є однією з найважливіших галузей, яка забезпечує наше щоденне життя якісною та безпечною продукцією. Цей сектор вимагає найвищих стандартів та технічних рішень для забезпечення бездоганної якості та безпеки продуктів харчування. Однак однією з найбільших викликів у цій галузі є збереження якості продукції та забезпечення санітарних стандартів при виробництві, особливо в умовах лабораторій та об'єктів харчового виробництва [1].

Мікроклімат приміщень, який включає в себе температурний режим, вологість, вентиляцію, очищення повітря та інші параметри, відіграє критичну роль у забезпеченні якості та безпеки продукції. Нестача або надлишок цих параметрів може призвести до змін якості, зберігання, а також створити умови для росту мікроорганізмів, що можуть бути шкідливими для здоров'я споживачів.

Тому системи забезпечення мікроклімату в лабораторіях харчових виробництв відіграють важливу роль у вирішенні цих завдань. Вони розробляються з метою забезпечення оптимальних умов для виробництва та зберігання продукції, відповідно до технологічних параметрів та санітарних норм. При цьому, системи забезпечення мікроклімату також спрямовані на підвищення енергоефективності та оптимізацію енергоспоживання [2].

У цьому контексті, дослідження і розробка систем забезпечення мікроклімату в лабораторіях харчових виробництв є актуальною та важливою темою, спрямованою на підвищення якості продукції та забезпечення безпеки споживачів. В даному дослідженні ми розглянемо ключові аспекти цієї теми та намагатимемося знайти оптимальні рішення для забезпечення мікроклімату в харчових лабораторіях.

### Основна частина

**Об'єкт дослідження:** Об'єктом дослідження є лабораторії харчових виробництв, в яких проводяться дослідження і тести харчових продуктів.

**Предмет дослідження:** Предметом дослідження є системи забезпечення мікроклімату цих лабораторій, включаючи системи опалення, кондиціонування повітря, освітлення та контролю вологості.

Проектні рішення систем забезпечення мікроклімату приміщення. У даному розділі МКР прийнята характеристика кліматичних умов району будівництва об'єкту, згідно вихідних даних про об'єкт (місце знаходження та огорожуючі конструкції) за допомогою програмного забезпечення «Microsoft Excel»



виконано: розрахунок тепловтрат огорожувальних конструкцій, які склали 63,44 кВт на опалення та 55 кВт на вентиляцію, змодельований гідравлічний розрахунок системи опалення, що показав сумарні гідравлічні втрати тиску 35 кПа, гідравлічний напір – 3,7 м і витрату рідини – 3,9 м<sup>3</sup>/год, згідно розрахунків підібрано необхідні діаметри трубопроводів (16, 20, 25, 32). Згідно сумарних тепловтрат на опалення і вентиляцію підібрані опалювальні котли загальною потужністю 160 кВт [3-4].

За результатом виконаних розрахунків розроблено: схема системи опалення на відмітці +0, аксонометричну схему системи опалення, схема систем вентиляції та кондиціонування ПВ1, ПВ2, В3, В4, В5 на відмітці +0,000, аксонометрична схема систем вентиляції та кондиціонування ПВ1, ПВ2, В3, В4, В5.

Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень.

У даному розділі МКР розроблено пропозиції щодо технології монтажу системи опалення, вентиляції та кондиціонування дослідницької лабораторії харчових виробництв. Визначено загальну масу матеріалів, їх кількість, потребу в допоміжних матеріалах, необхідні інструменти та витрати електроенергії на їх роботу (469,1 кВт·год), визначено склад ланок та розряд робітників [5-6].

Виконано розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт при монтажі системи опалення, яка склала 193 люд/дні і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення, яка склала 46 днів, загальну трудомісткість виконання робіт при монтажі системи вентиляції та кондиціонування, яка склала 443,5 люд/дні і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення, яка склала 38,5 днів.

За результатом виконаних розрахунків розроблено календарний план виконання монтажних робіт для даних систем і монтажні креслення систем.

### Висновок

На основі аналізу існуючих норм проектування, вимог до огорожувальних конструкцій та вимог до енергоефективності дошкільних навчальних закладів були визначені напрямки підвищення енергоефективності будівель та розроблені проектні рекомендації щодо огорожувальних конструкцій, систем опалення та вентиляції, а також організації та технології монтажу системи опалення будівлі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергозбереження Закон України від 01.07.1994р № 75/94-ВР від 01.07.9 Оновлення (редакція) від 23.07.2017 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Українська енергетична стратегія до 2035 року. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk>
3. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT)
4. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2021 - [Чинний від 2022-09-01]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2021 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
5. Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції: Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 108 с.
6. Ратушняк Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. для вузів / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. - Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2004. - 136 с. - ISBN 966-641-089-3

**Грабовий Нікіта Олександрович** – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [Nikitahraboviy@gmail.com](mailto:Nikitahraboviy@gmail.com)

**Панкевич Ольга Дмитрівна** – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

**Hrabovy Nikita** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [Nikitahraboviy@gmail.com](mailto:Nikitahraboviy@gmail.com)

**Olga Pankevych** – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

# МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ З ВРАХУВАННЯМ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

<sup>1</sup>Харківський національний університет повітряних сил

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Робота присвячена дослідженню методів розрахунку параметрів і характеристик систем опалення і вентиляції з урахуванням теплотехнічних неоднорідностей огороджувальних конструкцій. Врахування таких неоднорідностей є важливим аспектом при проектуванні ефективних систем опалення і вентиляції, оскільки вони можуть впливати на розподіл тепла та енергоефективність. Розглядаються різні методи розрахунку, включаючи аналітичні та числові підходи, для визначення теплових характеристик огороджувальних конструкцій. Зокрема, розглядаються методи оцінки теплопередачі через стіни, вікна, дахи та підлоги з урахуванням їхньої теплопровідності, теплового опору та інших факторів.

Дослідження показують, що врахування теплотехнічних неоднорідностей огороджувальних конструкцій може суттєво впливати на ефективність систем опалення і вентиляції. Дотримання оптимальних параметрів і характеристик системи може забезпечити економію енергії та забезпечити комфортні умови в приміщенні.

Отримані результати можуть бути корисними для проектувальників, інженерів та дослідників, які займаються розробкою та вдосконаленням систем опалення і вентиляції. Використання розроблених методів розрахунку може сприяти підвищенню енергоефективності будівельних систем та зниженню споживання енергії.

**Ключові слова:** термомодернізація, енергоефективність, теплове навантаження, термічний опір.

## Abstract

This work is devoted to the study of methods for calculating the parameters and characteristics of heating and ventilation systems, taking into account heat-technical inhomogeneities of enclosing structures. Consideration of such inhomogeneities is an important aspect when designing efficient heating and ventilation systems, as they can affect heat distribution and energy efficiency. The work discusses various calculation methods, including analytical and numerical approaches, for determining the thermal characteristics of enclosing structures. In particular, the methods of assessing heat transfer through walls, windows, roofs and floors are considered, taking into account their thermal conductivity, thermal resistance and other factors.

Studies show that taking into account thermal technical inhomogeneities of enclosing structures can significantly affect the efficiency of heating and ventilation systems. Compliance with optimal system parameters and characteristics can ensure energy savings and provide comfortable indoor conditions.

The obtained results can be useful for designers, engineers and researchers involved in the development and improvement of heating and ventilation systems. The use of the developed calculation methods can help increase the energy efficiency of building systems and reduce energy consumption.

**Keywords:** thermo-modernization, energy efficiency, thermal load, thermal resistance.

## Вступ

В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому нічого не змінюється. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках.

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котельень. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепло модернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [1].

Термічний опір зовнішніх стін у більшості житлових будинках не перевищує  $R_{3c}=1(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт})$ , при тому що за [2] мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін для першої температурної зони  $R_{3c}=3,3(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт})$ . Тому необхідно збільшити теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій відповідно новим, більш високим нормативним вимогам та удосконалити інженерні системи будівлі. Для цього виконуються теплотехнічні обстеження огорожувальних конструкцій та інженерних систем і техніко-економічним порівнянням їх ефективності.

### Виклад основного матеріалу

Метою теплотехнічних обстежень огорожувальних конструкцій є виявлення їх фактичних теплозахисних показників і їх відповідності сучасним нормативним вимогам, які в останні роки суттєво змінилися у зв'язку із проблемою економії й раціонального використання енергетичних ресурсів. В ході проведення випробувань за визначенням фактичних теплотехнічних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель виконують вимірювання величин, які характеризують теплопередачу через стіни, покриття та вікна обстежуваної будівлі: інструментальну реєстрацію температур внутрішнього і зовнішнього повітря, температури поверхонь фрагментів огорожувальних конструкцій, а також величин теплових потоків через фрагменти огорож. Після проведення даного обстеження виконують термомодернізацію будинку, тобто комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності чинним нормам.

Розпочинати процес термомодернізації треба з енергетичного аудиту, у результаті якого може бути визначений комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності, етапи та послідовність їх здійснення, окупність.

Для ефективної термомодернізації будинку важливо звернути увагу на кілька ключових аспектів.

По-перше, ізоляція огорожувальних конструкцій. Це включає утеплення стін, покрівлі, підлоги та використання вікон і дверей з високими показниками теплозахисту. Важливо вибрати оптимальні матеріали для ізоляції, які забезпечать мінімальні тепловтрати.

По-друге, покращення системи опалення і вентиляції. Застосування енергоефективних опалювальних систем, таких як конденсаційні котли, теплові насоси або сонячні колектори, може значно знизити споживання енергії на опалення. Крім того, важливо налагодити систему вентиляції з рекуперацією тепла, що дозволить зберігати тепло в будівлі.

По-третє, установка енергоефективного освітлення. Використання LED-ламп та автоматичного вимикача світла допоможе знизити споживання електроенергії.

По-четверте, вдосконалення системи управління енергією. Встановлення "розумних" термостатів, які автоматично регулюють температуру в будинку залежно від потреб, може сприяти ефективному використанню енергії та зниженню витрат.

Крім того, важливо врахувати фінансові аспекти термомодернізації. Розрахунок окупності і визначення доступних фінансових інструментів, таких як субсидії, кредити або дотації, можуть допомогти зменшити витрати на виконання робіт.

Загальне керівництво щодо термомодернізації будинку передбачає комплексний підхід і індивідуальний план дій для кожної будівлі. Професійна консультація та співпраця з експертами у цій галузі можуть бути корисними для досягнення максимальних результатів у покращенні енергоефективності будинку.

Приведення наявної будівлі лише до мінімальних сучасних вимог з утеплення та вимог до інженерних систем дозволяє заощадити 50–60% на опаленні й гарячому водопостачанні. Підвищенню теплоізоляції будівлі сприяє утеплення зовнішніх стін, горищних перекриттів, перекриттів над підвалом, а також заміна застарілих вікон і дверей на енергоефективні. Модернізація інженерних систем включає вдосконалення систем електропостачання, теплопостачання та гарячого водопостачання [3].

Як правило, термомодернізація житлового багатоквартирного будинку полягає в заходах з утеплення будівлі, іноді — заміни вікон у місцях загального користування та модернізації теплового пункту, ще рідше застосовують балансування стояків. На цьому все й закінчується. Однак це далеко не повна термомодернізація, до того ж не завжди грамотно виконана. Варто врахувати також, що утеплення будівлі — надто витратний захід, який окуповуватиметься протягом тривалого часу.

Утеплення є першочерговим завданням лише в тих випадках, коли будівля «хронічно» недогрівається, і регулювати, а отже, й економити нічого.

Одним із найменш витратних і найбільш ефективних заходів є встановлення радіаторних терморегуляторів. Однак при термомодернізації житлових будівель терморегулятори майже ніколи не встановлюються, незважаючи на те що відповідно до нормативних документів ще із 1999 року це є обов'язковим [3].

Ще одна проблема утеплення «своїї» квартири генерує ще одну проблему: зазвичай утеплення закінчується на швах між панелями будинку — на умовній "межі" квартир. Саме там різниця температур, особливо в сонячні місяці, може сягати 50°C. Це спричиняє напруження матеріалу, а відтак — тріщини. З часом у них потрапляє конденсат, який взимку замерзає і їх розширює, руйнуючи фасад.

Термічний опір підбраної конструкції огороження  $R_0^\Phi$  повинен бути не менше від нормативного  $R_0^n$ , тобто  $R_0^\Phi \geq R_0^n$ .

Повний фактичний термічний опір огороження (стінки) підраховується з виразу,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ : з виразу

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (1)$$

де:  $1/\alpha_{\text{в}}$  — термічний опір теплосприйяття внутрішньої поверхні стіни,  $R_{\text{в}}$ ;

$1/\alpha_{\text{з}}$  — термічний опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни,  $R_{\text{з}}$ ;

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$  — сума термічних опорів конструкції.

Але у випадку якщо це індивідуальне утеплення необхідно виконувати інший метод розрахунку треба розраховувати тепловий потік, що проходить через фрагмент захисної конструкції відповідно до розбивки по зонам.

Тоді, середній опір теплопередачі фрагмента огорожувальної конструкції може бути визначено за формулою :

$$R_c = \frac{T_2 - T_1}{q}, \text{ К}/\text{Вт} \quad (2)$$

де,  $T_2$  - температура початку ділянки, К;

$T_1$  - температура кінця ділянки, К;

$q$  - тепловий потік, Вт.

Авторами було розглянуто методи розрахунку параметрів і характеристик систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей огорожувальних конструкцій. Висновки, які можна зробити на підставі проведених досліджень, наступні:

1. Теплотехнічні неоднорідності в огорожувальних конструкціях мають значний вплив на ефективність систем опалення і вентиляції. Правильний розрахунок цих параметрів дозволяє забезпечити оптимальне функціонування системи та зменшити витрати енергії.

2. Один з методів розрахунку параметрів систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей полягає у використанні математичних моделей теплопередачі. Ці моделі дозволяють врахувати різні фактори, такі як теплові втрати через огорожувальні конструкції, теплові потоки від систем опалення та вентиляції, інші зовнішні впливи.

3. Важливим етапом розрахунку є визначення теплового балансу будівлі. Це дозволяє оцінити теплові потоки, що входять і виходять з будівлі, і встановити оптимальні параметри систем опалення і вентиляції.

4. При розрахунку параметрів систем опалення і вентиляції слід враховувати такі фактори, як місцеві кліматичні умови, коефіцієнт тепловитрат, характеристики будівельних матеріалів та інші.

5. Використання комп'ютерних програм і спеціалізованого програмного забезпечення допомагає ефективно проводити розрахунки параметрів систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей.

В цілому, розглянуті методи розрахунку дозволяють визначити оптимальні параметри систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей огорожувальних конструкцій. Це сприяє підвищенню енергоефективності будівель..

Крім основних аспектів термомодернізації, важливо також звернути увагу на додаткові фактори, які можуть покращити енергоефективність вашого будинку.

1. Заміна старих енергозатратних приладів на сучасні енергоефективні моделі. Це може включати холодильники, пральні машини, посудомийні машини та інші побутові прилади. Нові моделі часто мають режими економії енергії та використовують менше електрики або газу.

2. Встановлення сонячних панелей. Сонячна енергія є чистим та безкоштовним джерелом енергії. Встановлення сонячних панелей на даху будинку дозволить вам виробляти власну електроенергію та знизити витрати на її придбання.

3. Впровадження системи збору та використання дощової води. Збір та використання дощової води для поливу саду, мийки автомобілів та інших побутових потреб допоможе зменшити споживання прісної води та знизити витрати на її оплату.

4. Покращення теплоізоляції водопроводу та системи гарячого водопостачання. Втрати тепла через труби можуть бути значними. Встановлення теплоізоляційних матеріалів на труби допоможе зберегти тепло та знизити енерговитрати на нагрівання води.

5. Використання енергоефективних матеріалів у будівництві та ремонті. При облаштуванні або ремонті будівлі варто використовувати матеріали з високою теплоізоляційною властивістю, такі як енергозберігаючі вікна, двері, утеплювачі та інші будівельні матеріали.

Виконання термомодернізації будинку може не тільки знизити витрати на комунальні послуги, але й покращити комфортність проживання та зменшити негативний вплив на довкілля.

### Висновок

Впровадження економічно обґрунтованих технічних заходів з реконструкції, за результатами технічного обстеження і енергоаудиту, дозволить: знизити тепловитрати будівель до 70 %; забезпечити комфортні умови проживання; подовжити термін експлуатації будівель на 10-15 років; підвищити конкурентну здатність квартир, будинків, вулиць, кварталів; забезпечити архітектурно-естетичну виразність будівель. Слід пам'ятати, що кожен будинок має свої особливості, тому рекомендації можуть варіюватися в залежності від конкретної ситуації. Термомодернізація будинку може бути вигідною як з фінансової, так і з екологічної точки зору. Вона дозволить вам знизити витрати на енергію, поліпшити комфорт у будинку та зменшити вплив на навколишнє середовище.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350](http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350) – Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України.

2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України / Київ – 2017. – 162 с.

3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.osbb-inform.com.ua/2015/10/23/004/> – Термомодернізація житла як спосіб заощадити на тарифах.

**Бережний Олександр Іванович** — викладач факультету перепідготовки та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу ХНУПС (Харківського національного університету повітряних сил), Харків, e-mail: berezhnyi.oi@gmail.com;

**Скуйбіда Ярина Євгенівна** – студентка групи СМ-23б, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: skuybida.yar@gmail.com

**Коц Іван Васильович** — канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: ivkots@vntu.edu.ua

**Berezhny Oleksandr I.** - Lecturer of the Faculty of Retraining and Advanced Training of Aviation Personnel of KhNUPS (Kharkiv National University of the Air Force), Kharkiv, e-mail: berezhnyi.oi@gmail.com;

**Skuybida Yaryna Y.** - student of group SM-23b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: skuybida.yar@gmail.com

**Kots Ivan V.**— Ph. D., Professor of Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: ivkots@vntu.edu.ua

## ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГЛИБИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Розроблене навісне вібраційне обладнання з гідравлічним приводом від базової гідрофікованої вантажопідійомної машини. Проведені випробування, які підтвердили придатність і практичну доцільність цього устаткування до застосування у будівельній галузі. Наведені рекомендації щодо проектування та технології застосування цього устаткування у виробничих умовах.*

**Ключові слова:** глибинне ущільнення, гідропривод, вібратор, система автоматичного управління, ущільнення, бетонні суміші

### Abstract

*Designed mounted vibration equipment with hydraulic drive hydroficated from the base of the machine. Tests have been carried out, which confirmed the suitability and practical expediency of this equipment for use in the construction industry. The recommendations for the design and technology of the use of this equipment in the production conditions are given.*

**Key words:** deep seals, hydraulic actuator, vibrator, automatic control system, seals, concrete mixtures

### Вступ

Виконання досліджень обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші є дужеактуальним у будівельній галузі. Глибинне ущільнення бетонної суміші є важливим етапом при будівництві будівель та споруд. Цей процес полягає в стисненні бетонної суміші, щоб позбутися повітряних порожнин і забезпечити щільність та міцність будівельного матеріалу.

Дослідження обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші дозволяють вивчити технології та методи, які дають найкращий результат у процесі ущільнення. Це включає в себе вивчення різних типів машин і пристроїв, які дозволяють досягти високої якості ущільнення, а також оцінку їх ефективності та безпеки.

Будівельники постійно шукають нові способи покращення продуктивності та якості ущільнення бетону. Дослідження обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші допомагають розробити нові технології та вдосконалити існуюче обладнання для досягнення цих цілей. Крім того, виконання досліджень обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші є важливим з екологічної точки зору. Ущільнення бетону допомагає запобігти проникненню води, деструкції будівель та появі щілин, що може вплинути на її збереження та енергоефективність будівництва [2,3].

Отже, актуальність виконання досліджень обладнанням для глибинного ущільнення бетонної суміші полягає в пошуку нових технологій та методів, які дозволяють покращити якість та продуктивність ущільнення, забезпечити підвищення ефективності будівельних процесів.

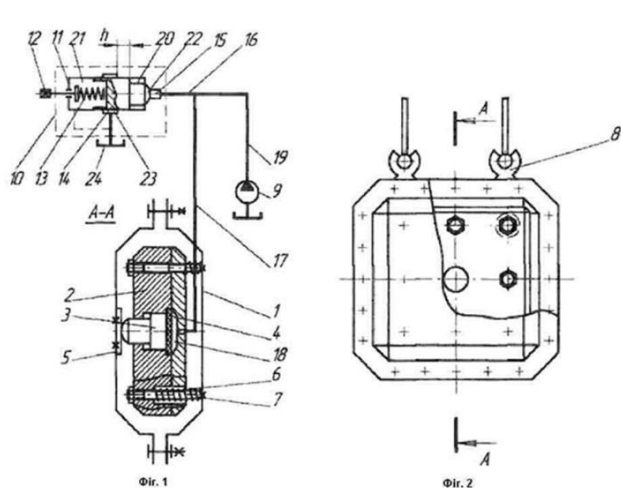
### Виклад основного матеріалу

Авторами запропоноване обладнання, яке відноситься до будівельних машин, а саме, до пристроїв для якісного глибинного ущільнення бетонних сумішей в армованих конструкційних спорудах [1].

Відомі вібратори для глибинного ущільнення бетонної суміші, наприклад, а.с. СРСР №340759, що містять двовипуклий корпус з розміщеним в його порожнині дебалансним збуджувачем направлених коливань. Недоліком вказаного віброущільнювача є те, що він має підвищену енергоємність, а крім того, збурююча сила тут утворюється у всій радіальній площині, а корисно використовується тільки в одному напрямку, що зменшує його ККД. Відомий також гідравлічний вібратор для глибинного ущільнення бетонної суміші, наприклад, а.с. СРСР №733227, що містить двовипуклий порожнистий корпус з розміщеним всередині нього збуджувачем направлених коливань, виконаний у вигляді порожнистої інерційної маси, підпружиненої відносно корпусу, обладнаного вмонтованими виконавчими гідроциліндрами, встановленими з можливістю взаємодії з двовипуклим

порожнистим корпусом і з'єднаними робочими порожнинами з джерелом тиску і гідроімпульсним клапаном. До недоліків даного конструктивного виконання слід віднести складність конструкції, внаслідок необхідності високоточного виготовлення рухомих з'єднань деталей і ущільнення цих з'єднань в зонах високого тиску.

В основу нової розробки була поставлена задача удосконалення гідравлічного вібратора для глибинного ущільнення бетонної суміші, в якому за рахунок зміни конструкції виконавчих гідроциліндрів і гідроімпульсного клапану, забезпечується спрощення конструкції. Поставлена задача досягається завдяки тому, що в гідравлічному вібраторі для глибинного ущільнення бетонної суміші, що містить двовипуклий порожнистий корпус з розміщеним всередині нього збуджувачем направлених коливань, виконаний у вигляді порожньої інерційної маси підпружиненої відносно корпусу, обладнаною вмонтованими виконавчими гідроциліндрами, встановленими з можливістю взаємодії з двовипуклим порожнистим корпусом і з'єднаними робочими порожнинами з джерелом тиску і гідроімпульсним клапаном, вмонтовані виконавчі гідроциліндри виконані у вигляді мембранного гідроциліндра, який містить штовхач, вільно з'єднаний з упором і мембрану, встановлену з утворенням робочої камери, що сполучена з джерелом тиску і гідроімпульсним клапаном, який складається з корпусу де розміщений підпружинений двоступеневий плунжер, що встановлений з можливістю додаткового перекриття зв'язку підплунжерної порожнини кільцевої розточки з'єднаної зі зливом. Технічний результат, а саме – спрощення конструкції, досягається за рахунок виготовлення виконавчих гідроциліндрів у вигляді мембранного гідроприводу, що дозволяє зменшити вартість виготовлення пристрою.



На Фіг.1 схематично зображене розроблене авторами устаткування – гідравлічний вібратор для глибинного ущільнення бетонної суміші, загальний вигляд; на Фіг.2 - розріз по А-А гідравлічного вібратора для глибинного ущільнення бетонної суміші

Гідравлічний вібратор для глибинного ущільнення бетонної суміші працює так [1].

При включенні приводного насосу 9 робоча рідина під тиском надходить по напірній магістралі 19, гідролінії 16 в підплунжерну порожнину 15, гідроімпульсного клапану 10 і по гідролінії 17 в робочу порожнину 18, діє на підймальну площу мембрани 4 і шляхом штовхача 3 з упором 5 передає виникаюче зусилля на двовипуклий порожнистий корпус 1, виконуючи при цьому переміщення інерційної маси 2 вздовж направляючих тяг 7 і стиск пружин 6. В напірній магістралі 19, гідролініях 16, 17 і порожнинах підплунжерної 15 і робочої 18 відбувається зростання тиску робочої рідини до заданого значення  $p_n$ , на яке налаштований гідроімпульсний клапан 10 зусиллям притискання регульованого за допомогою гвинта 12 пружини 13. Зусилля притискання останньої обирається виходячи із величини максимально необхідного тиску робочої рідини в гідросистемі і площі поперечного перерізу першого ступеня двоступеневого плунжера 14, яким він притиснутий по герметизуючій фасці до установочного сидла 22, слід відмітити, що над плунжерна порожнина 21 постійно гідравлічне зв'язана із зливною магістраллю.

Після подолання тиску робочої рідини в гідросистемі зусилля пружини 13 відбувається відрив тіла двоступеневого плунжера 14 від сидла 22 і робоча рідина, яка надходить в замкнену порожнину 20,

починає діяти на площу, що збільшилась - площу другого ступеня. Так як зусилля від тиску робочої рідини набагато перевищує зусилля пружини 13, то двоступеневий плунжер 14 різко зміщується вліво, при цьому відбувається проходження додаткового перекриття  $h$  і відкриття зв'язку зливної кільцевої розточки 23 в корпусі 11, з'єднаній зі зливом 24, з підплунжерною порожниною 15. Тиск робочої рідини в робочій порожнині 18, гідролініях 16, 17 і напірній магістралі 19, взаємоз'єднаних з підплунжерною порожниною 15, падає до зливного і так як зусилля протидії зливного тиску зі сторони підплунжерної порожнини 15 на торець двоступеневого плунжера 14 стає меншим зусилля стисненої пружини 13, то під дією цього зусилля двоступеневий плунжер 14 повернеться в вихідне положення. Після цього зростає тиск в системі і далі робочій цикл повторюється в автоматичному режимі. Завдяки підвісним шарнірам 8 корпус 11 гідравлічного вібратора для глибинного ущільнення бетонної суміші може вільно здійснювати коливальні рухи у товщі бетонної суміші внаслідок силової взаємодії із прилеглими шарнірами ущільнювального матеріалу.

Відповідним налагодженням пружини 13 двоступеневого плунжера 14, а також регулюванням продуктивності привідного насоса 9, можна в широких межах змінювати робочі параметри віброущільнення в наслідок зміни частоти і амплітуди коливань двовипуклого порожнистого корпусу 1, тривалості проходження силового імпульсу в ущільнюваному середовищі.

### Висновки

Згідно даного конструктивного рішення був виготовлений лабораторний зразок у вигляді нависного змінного устаткування на гідравлічний екскаватор, попередні випробування якого показали його високу ефективність при ущільненні бетонних сумішей. На даний час розробляються робочі креслення для виготовлення дослідного промислового зразка устаткування.

За результатами дослідження можливо зробити наступні висновки на основі їх результатів:

- 1) Обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші є ефективним із забезпеченням високоякісного ущільнення бетону на різні глибини.
  - 2) Використання такого обладнання дозволяє досягти однорідного ущільнення бетону на всіх глибинах, що забезпечує стійкість та якість структури.
  - 3) При використанні обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші можна досягти покращення міцності та довговічності бетонних конструкцій.
  - 4) Ефективність обладнання залежить від дозування та складу бетонної суміші, а також від правильної технології ущільнення.
  - 5) Використання обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші може зменшити витрати будівельних матеріалів і робочої сили, оскільки дозволяє скоротити тривалість ущільнення.
- В цілому, обладнання для глибинного ущільнення бетонної суміші є корисним і ефективним інструментом для покращення якості та ефективності будівництва з використанням бетону.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель № 17231 У Україна, МПК6 В28В 1/08. Гідравлічний вібратор для глибинного бетонної суміші / Коц І. В., Сліпенька О.П., Сторожук С.Б., Ніколайчук І.І.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет – № u200603245; заявл. 27.03.2006; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.
2. Загребя В. П., Дудар І. Н. Формування бетонних і залізобетонних виробів методом пульсуючого пресування бетонних сумішей // Монографія. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 37 с.
3. Арматурні і бетонні роботи. Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/armatura-beton/66.htm>.

**Куриленко Юрій Петрович**, директор Немирівського коледжу будівництва та архітектури Вінницького національного аграрного університету, м. Немирів, E-mail: urakurilenko1@gmail.com

**Коц Іван Васильович**, кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем в будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivvkots@ukr.net

**Kurilenko Yuriy P.**, director of the Nemyrivsky College of Construction and Architecture of Vinnytsia National Agrarian University, Nemiroff, E-mail: urakurilenko1@gmail.com

**Kots Ivan V.**, Ph.D. (Eng.), professor of Heat and Gas Supply Department, Faculty of Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, E-mail: ivvkots@ukr.net



# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗГИНУ ПЛАСТИН ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ТА АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

Національний транспортний університет

## Анотація

У матеріалах доповіді розглядаються теоретичні основи моделювання згину пластин жорстких дорожніх та аеродромних покриттів. Згин є одним з основних видів механічного навантаження, якому піддаються пластини під час експлуатації дорожніх та аеродромних покриттів. Розуміння процесу згину та його впливу на міцність та довговічність покриття є важливим для розробки оптимальних конструкцій та матеріалів. Представлені основні аспекти пов'язані з методами проектування цементобетонних перекриттів, надано теорію згину пластин, дано аналіз теоретичних рішень та даних отриманих з використанням комп'ютерних технологій в програмі Ansys.

**Ключові слова:** жорсткий дорожній одяг, перехідний коефіцієнт, пластина, прогин, згинальний момент.

## Abstract

The paper discusses the theoretical foundations of modeling the bending of plates in rigid road and airport pavements. Bending is one of the main types of mechanical loading that plates are subjected to during the operation of road and airport pavements. Understanding the bending process and its impact on the strength and durability of the pavement is important for the development of optimal designs and materials. The main aspects related to the design methods of reinforced concrete slabs are presented, the theory of plate bending is provided, and an analysis of theoretical solutions and data obtained using computer technology in the Ansys program is given.

**Key words:** rigid pavement, transition factor, slab, deflection, bending moment.

## Вступ

Інноваційний розвиток дорожньої галузі повинен бути спрямований на досягнення нових споживчих властивостей доріг, а не на мінімальний показник витрат при русі по ним. Відповідно до забезпечення більшої надійності існуючих дорожніх покриттів навіть при збільшених навантаженнях на покриття та відновлення діючих автомобільних доріг з асфальбетонним покриттям використовують технологію ремонту існуючих покриттів цементобетоном. Тому важливо мати розрахунковий апарат для оцінки напружено-деформованого стану жорстких покриттів.

## Основні результати

Розглянемо пластину товщиною  $h$  (рисунок), віднесено до декартової системи координат  $x, y, z$ . Площину  $x, y$  сумістимо з серединною площиною пластини. Теорія згину пластин базується на гіпотезах Кірхгофа. Згідно з першою з них вважатимемо, що відрізки нормальні до серединної площини лишаються нормальними до серединної площини і не змінюють своєї довжини. Друга гіпотеза постулює, що шари пластини паралельні до серединної площини, не спричиняють тиску один на одного. Що означає, що ми нехтуємо нормальним напруженням  $\sigma_{zz}$  у порівнянні з іншими компонентами. Ці гіпотези дозволяють звести тривимірну задачу розрахунку пластини до двовимірної в якій всі величини, що характеризують напружено-деформований стан, виражаються через одну функцію координат – прогин  $w(x, y)$ .

Якщо прийняти, що прогини пластини малі у порівнянні з її товщиною (скажімо,  $\frac{w}{h} < \frac{1}{5}$ ), тоді можна знехтувати деформаціями серединної площини. У цьому випадку переміщення  $u_x$  та  $u_y$  точок пластини змінюються по товщині пропорційно координаті  $z$ :

$$u_x = -z \frac{\partial w}{\partial x}; \quad u_y = -z \frac{\partial w}{\partial y}. \quad (1)$$

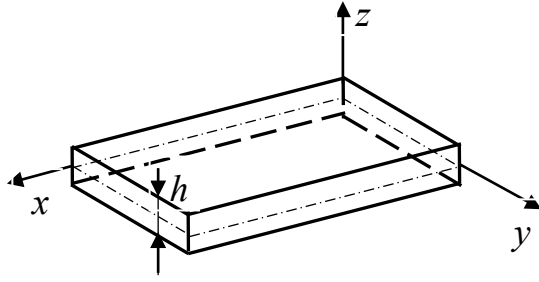


Рисунок – Схема пластини в декартовій системі координат

Деформації шарів паралельних серединній площині, визначаються формулами:

$$\varepsilon_{xx} = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_{yy} = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (2)$$

де  $\varepsilon_{xx}$ ,  $\varepsilon_{yy}$  – нормальні деформації,  $\gamma_{xy}$  – деформація зсуву. Решта деформацій виявляються рівними нулю:

$$\gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0; \quad \varepsilon_{zz} = 0. \quad (3)$$

Шари пластини, які є паралельними до серединній площині, знаходяться в умовах плоского напруженого стану з напруженнями  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\sigma_{xy}$ . Їхні результуючі по товщині зводяться до погонних згинаючих  $M_x$ ,  $M_y$  та крутного  $M_{xy} = M_{yx}$  моментів, які зв'язані  $w(x, y)$  наступними співвідношеннями:

$$M_x = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \quad M_y = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right); \quad M_{xy} = -D(1 - \mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \quad (4)$$

$$\text{де } D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)} \quad (5)$$

– вигиниста жорсткість ( $E$ ,  $\mu$  – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона пластини).

Через  $M_x$ ,  $M_y$  та  $M_{xy}$  напруження виражаються наступним чином:

$$\sigma_{xx} = \frac{12M_x}{h^3} z; \quad \sigma_{yy} = \frac{12M_y}{h^3} z; \quad \sigma_{xy} = \frac{12M_{xy}}{h^3} z; \quad (6)$$

Крім цих основних напружень в перерізах пластини площинами  $x = const$  та  $y = const$  виникають також поперечні тангенціальні напруження  $\sigma_{xz}$ ;  $\sigma_{yz}$ . Їхні рівнодійні по товщині пластини являють собою погонні перерізуючі сили  $Q_x$ ;  $Q_y$ , які виражаються через  $w(x, y)$  за допомогою формул:

$$Q_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 w; \quad Q_y = -D \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 w. \quad (7)$$

де  $\nabla^2$  – оператор Лапласа:  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ . А самі напруження можуть бути вираховані за формулами:

$$\sigma_{xz} = \frac{3Q_x}{2h} \left( 1 - \frac{4z^2}{h^2} \right); \quad \sigma_{yz} = \frac{3Q_y}{2h} \left( 1 - \frac{4z^2}{h^2} \right). \quad (8)$$

Функція  $w(x, y)$  повинна задовольняти диференціальному рівнянню четвертого порядку у частинних похідних

$$D\nabla^2\nabla^2 w = p(x, y) \quad (9)$$

або в розгорнутому вигляді:

$$D \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = p(x, y) \quad (10)$$

тут  $p(x, y)$  – поперечне навантаження на пластину.

Розв'язок рівняння (10) слід підпорядкувати граничним умовам. Будемо розглядати випадок вільних країв пластини:

$$\text{при } x = \text{const} \quad M_x = 0, \quad Q_x^* = Q_x + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} = 0;$$

$$\text{при } y = \text{const} \quad M_y = 0, \quad Q_y^* = Q_y + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} = 0$$

тут  $Q_x^*$  та  $Q_y^*$  так звані узагальнюючі перерізуючі сили в сенсі Кірхгофа.

Аналітичний розв'язок рівняння (10) існує лише для певних граничних умов. Для наших умов необхідним є використання чисельних методів. Практика показує, що безпосереднє застосування чисельних методів (скажімо методу скінченних різниць) до рівнянь порядку вищого за другий призводить до значних проблем (не стійкість обчислень, крайові ефекти та інш.). У цьому випадку використовуються варіаційні принципи, знаходження наближеного розв'язку рівняння замінюється знаходженням наближеного значення стаціонарності енергетичного функціоналу.

Знайдемо вираз потенційної енергії згину пластини через функцію  $w(x, y)$ :

$$U = \int_{\tau} W d\tau \quad (11)$$

тут  $\tau$  – об'єм тіла;  $W$  – питома потенціальна енергія деформації:

$$W = \frac{1}{2} \left( \varepsilon_{xx} \sigma_{xx} + \varepsilon_{yy} \sigma_{yy} + \varepsilon_{zz} \sigma_{zz} + \gamma_{xy} \sigma_{xy} + \gamma_{xz} \sigma_{xz} + \gamma_{yz} \sigma_{yz} \right) \quad (12)$$

Стосовно згину пластини, коли  $\gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0$ ;  $\sigma_{zz} = 0$ , рівняння для  $W$  має більш простий вигляд:

$$W = \frac{1}{2} \left( \varepsilon_{xx} \sigma_{xx} + \varepsilon_{yy} \sigma_{yy} + \gamma_{xy} \sigma_{xy} \right) \quad (13)$$

Якщо підставити у це рівняння значення з (2) та з (6), будемо мати  $W = -\frac{6z^2}{h^3} \left( M_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + M_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2M_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)$ . Якщо представити у формулі (13)  $d\tau$  у вигляді

добутку  $d\tau = z d\omega$ , де  $\omega$  – площа пластини у плані, та виконуючи інтегрування по координаті  $z$ ,

отримаємо, що  $U = -\frac{1}{2} \iint_{\omega} \left( M_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + M_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2M_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) d\omega$ . Підстановка співвідношень (4),

дає  $U = -\frac{1}{2} \iint_{\omega} D \left[ \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2(1-\mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right] d\omega$ .

Розкриємо тут дужки, додамо та віднімемо у квадратних дужках вираз  $2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ . Це дозволить нам записати отриманий інтеграл у більш компактному вигляді

$$U = -\frac{1}{2} \iint_{\omega} D \left\{ (\nabla^2 w)^2 - 2(1-\mu) \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} d\omega. \quad (14)$$

Можна показати, що для випадку коли контур пластини жорстко закріплений, або контур окреслений прямими лініями та вільно опертий, інтеграл  $U = \iint_{\omega} \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] d\omega$

дорівнює нулю. Отже, для пластини постійної жорсткості, вираз для потенціальної енергії у цих випадках можна записати у вигляді:

$$U = \frac{D}{2} \iint_{\omega} (\nabla^2 w)^2 d\omega. \quad (15)$$

Випишемо також рівняння для потенціалу  $\Pi$  зовнішніх сил. При дії розподіленого по поверхні тиску  $p(x, y)$  будемо мати

$$\Pi = -\int_{\omega} p \omega dx dy. \quad (16)$$

При дії зосереджених сил  $P_i$ , нормальних до площини пластини і зосереджених моментів  $M_i$

$$\Pi = -\sum_1^n P_i w_i - \sum_1^m M_i \varphi_i. \quad (17)$$

тут  $w_i$  прогин у точці прикладання  $i$ -тої сили;  $\varphi_i$  – кут повороту нормалі у точці прикладання  $i$ -того моменту;  $n$  та  $m$  – кількість сил та моментів відповідно.

Повна потенціальна енергія зігнутої пластини

$$V = U + \Pi. \quad (18)$$

Для наближених розрахунків можна скористатися методом Рітця. У цьому випадку наближене значення функції  $w(x, y)$  будемо шукати у вигляді

$$w(x, y) \approx \tilde{w}(x, y) = \sum_{i=1}^n c_i \psi_i(x, y). \quad (19)$$

Тут  $\psi_i$  – система базисних функцій, які задані наперед. Кожна з функцій повинна задовольняти геометричним граничним умовам. Коефіцієнти  $c_i$  визначаються виходячи з умови мінімуму потенціальної енергії (18). Виведемо рівняння для знаходження  $c_i$ . Підставимо (19) у (14), (16) та (18):

$$V = \frac{1}{2} \iint_{\omega} D \left\{ \left( \sum_1^n c_i \nabla^2 \psi_i \right)^2 - 2(1-\mu) \left[ \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial y^2} - \left( \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} d\omega - \int_{\omega} p \sum_1^n c_i \psi_i d\omega. \quad (20)$$

Необхідною умовою мінімуму  $V$  є вимога, щоб частинні похідні по кожному з коефіцієнтів дорівнювали нулю:  $\frac{\partial V}{\partial c_j} = 0$ . Виконуючи диференціювання (20), отримаємо

$$\frac{\partial V}{\partial c_j} = \iint_{\omega} \left\{ D \sum_1^n c_i \nabla^2 \psi_i \nabla^2 \psi_j - (1-\mu) \left[ \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial y^2} + \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial x^2} - 2 \sum_1^n c_i \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial x \partial y} \right] \right\} d\omega - \int_{\omega} p \psi_j d\omega = 0. \quad (21)$$

Рівняння (21) записані для  $j = 1, 2, \dots, n$ , дають систему рівнянь відносно коефіцієнтів  $c_i$ , яку можна записати у матричному вигляді

$$[A][c] = [b]. \quad (22)$$

$$\text{тут } c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}; \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}; \quad A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Коефіцієнти при невідомих  $A_{ij}$  та праві частини обчислюються за формулами

$$A_{ij} = \iint_{\omega} D \left[ \nabla^2 \psi_i \nabla^2 \psi_j - (1-\mu) \left( \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 \psi_j}{\partial x \partial y} \right) \right] d\omega, \quad (24)$$

$$b_i = \int_{\omega} p(x, y) \psi_i d\omega. \quad (25)$$

Якщо пластина жорстко закріплена по контуру або вільно обперта та її контур обмежений прямими лініями, тоді для  $A_{ij}$  можна використовувати більш простий вираз

$$A_{ij} = \iint_{\omega} D \nabla^2 \psi_i \nabla^2 \psi_j d\omega; \quad (26)$$

Розв'язавши систему рівнянь (22) по формулі (19) отримаємо наближений розв'язок задачі.

### Висновки

У доповіді були розглянуті теоретичні основи моделювання згину пластин жорстких дорожніх та аеродромних покриттів. На основі проведеного аналізу та дослідження були отримані наступні висновки:

1. Згин пластин є складним механічним процесом, який відбувається під впливом зовнішнього навантаження.

2. Використання різних теоретичних підходів, таких як теорія пружності, теорія пластичності та теорія пружно-пластичної деформації, дозволяє більш точно моделювати згин пластин та прогнозувати їх поведінку під навантаженням.

3. Врахування геометрії пластини, властивостей матеріалу та умов навантаження є важливими факторами при моделюванні згину пластин жорстких дорожніх та аеродромних покриттів.

4. Використання комп'ютерних технологій, зокрема програми Ansys, дозволяє проводити більш точне моделювання згину пластин та отримувати значення напружень та деформацій у реальному часі.

5. Результати моделювання згину пластин можуть бути використані для розробки нових конструкцій та матеріалів, які забезпечують оптимальну міцність та стійкість дорожніх та аеродромних покриттів.

У цілому, дослідження теоретичних основ моделювання згину пластин жорстких дорожніх та аеродромних покриттів мають велике значення для покращення якості та довговічності покриттів, а також для розвитку дорожнього будівництва та реконструкції.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AASHTO, „Design of Pavement Structures. Part II. Rigid Pavement Design & Rigid Pavement Joint Design”. AASHTO 1998.
2. Minnesota Department of Transportation, „Whitetopping Design Procedure” Minnesota Department of Transportation Office of Materials & Road Research Pavement Engineering Section, marzec 2012.
3. Родченко О. В. Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів за допомогою програмного комплексу «ЛИРА» / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2008. – №9. – С. 37-41.
4. Advisory Circular 150/5320-6F. Airport Pavement Design and Evaluation, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2016. USA Standard.
5. Шуляк І.С. Удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг. - Дис. автореф. канд. техн. наук, К.: НТУ. – 2018. – 245 с.
6. Гамеляк І.П. Родченко О.В. Комп'ютерні технології проектування жорстких дорожніх одягів // Промислове будівництво та інженерні споруди Вип. 3. - 2020, С. 17-23.

**Гамеляк Ігор Павлович**, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри аеропорти, e-mail: gip65n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9246-7561.

**Лоза Ігор Андрійович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки, Національний транспортний університет, e-mail: meh kaf@ntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2678-6908

**Gameliak Igor P.**, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9246-7561.

**Loza Ihor A.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, National Transport University, e-mail: meh kaf@ntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2678-6908

## НОВА СТРУКТУРА КРИТЕРІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ДЛЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ В ПЛАСТИНЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Розроблено на основі узагальнення експериментальних даних нову структуру критеріального рівняння для коефіцієнта тепловіддачі гофрованих пластин. Застосування цього критеріального рівняння дозволяє скоротити так звану маржу (*margin*) при розрахунку поверхні теплообміну пластинчастого теплообмінника.

**Ключові слова:** критеріальне рівняння; коефіцієнт тепловіддачі; пластинчастий теплообмінник; теплообмін; гофровані пластини

### Abstract

Based on the generalization of experimental data, a new structure of the criterion equation for the heat transfer coefficient of corrugated plates has been developed. The application of this criterion equation allows to reduce the so-called margin when calculating the heat exchange surface of a plate heat exchanger.

**Key words:** criterion equation; heat transfer coefficient; plate heat exchanger; heat exchange; corrugated plates

### Вступ

Актуальність тематики виконуваного дослідження полягає в тому, що коефіцієнт тепловіддачі має велике значення для ефективності роботи теплообмінників. Високий коефіцієнт тепловіддачі забезпечує швидку передачу тепла і зниження температури робочого середовища. Отже, розробка нової структури критеріального рівняння для коефіцієнта тепловіддачі в пластинчастому теплообміннику може принести позитивні результати, оскільки дозволить покращити ефективність його роботи та знизити витрати на енергію.

### Огляд публікацій

Пластинчасті теплообмінні апарати (ПТА) є одними із найпоширеніших типів. На сьогоднішній день в енергетиці, комунальному господарстві, промислових технологіях та на транспорті їхня частка перевищує 80% від усього встановленого теплообмінного обладнання. При визначенні потрібної передаючої поверхні, практично всі виробники ПТА пропонують замовнику скористатися програмою наявною у відкритому доступі і за вихідними даними отримати результат. Так фірма  $\alpha$ -Laval, наприклад, пропонує програму CASH-2000. Однак, певна частка, визначена таким чином поверхня, або містить, або при визначенні фактичної поверхні ПТА при замовленні збільшується на величину, так званої «маржі» («margin»), величина якої може коливатися від 9-20% і більше від розрахункового значення. Виробник зумовлює таке збільшення похибок, запасом на забруднення поверхні та іншими факторами. Слід особливо наголосити, що виробнику вигідно збільшувати поверхню, оскільки це збільшує обсяг продажу виготовленої поверхні практично без витрат. З іншого боку, таке збільшення поверхні підвищує капітальні витрати. Вимагає більшого обсягу ПТА та його маси. Це, у свою чергу, якщо не критично для стаціонарного обладнання, то стосовно транспортних машин знижує їх корисний об'єм та масу. Підвищення величини поверхні для компенсації забруднень взагалі сумнівно, що неодноразово обговорювалося у низці публікацій [1,3,5,7]. У зв'язку з цим виникає завдання розробки критеріального рівняння, яке дозволяє визначати теплообмінну поверхню з достатньою точністю, що видаляє "margin".

### Основний матеріал

Основним етапом при проектуванні ПТА є визначення коефіцієнта тепловіддачі для відповідного типу поверхні, з урахуванням конструктивних розмірів гідродинамічного потоку та інших специфічних факторів. Проте слід розуміти, що коефіцієнт пропорційності рівняння

Ньютона-Фрідмана для конвективної тепловіддачі. Таким чином це не фізична величина, а розрахунковий коефіцієнт, який може бути визначений по-різному залежно від того, до якої поверхні він віднесений, як визначено температурний напір і тепловий потік. Певним коефіцієнтам тепловіддачі присвячені роботи Фрааса А., Оцісіка М., Керна А., Крауса А., Рамеша К., Шаха К., Коваленко Л.М. та інших авторів, таких як Ашер, Керор і не припиняються до теперішнього часу [1-4, 6, 8] . Однак, всі автори дотримуються однакової структури критеріального рівняння у вигляді (для турбулентного режиму):

$$N_u = CR_e^{\text{ш}} Pr^u; \quad (1)$$

де  $C$ ,  $\text{ш}$  і  $u$  – коефіцієнт і показники степені, які підлягають визначенню в процесі дослідження для відповідної конструктивної поверхні. Причому, починаючи з 1930-х років показники степені і при числі Прандтля зразу будуть рівними 0,43 і, таким чином, задача суттєво спрощується, скорочується необхідна кількість експериментів.

Так в монографії [4] для гладенької пластини пропонується критеріальне рівняння:

$$N_u = 0,033R_e^{0,73} Pr^{0,43} (Pr/P_{r\text{ст}})^{0,25}; \quad (2)$$

Для гофрованої пластини шевронного профілю [4]:

$$N_u = 0,1R_e^{0,73} Pr^{0,43} (Pr/P_{r\text{ст}})^{0,25}; \quad (3)$$

Для пластини 0,3 ( $R_{\text{скр}} = 100 - 200$ ):

$$N_u = 0,17R_e^{0,73} Pr^{0,43} (Pr/P_{r\text{ст}})^{0,25}; \quad (4)$$

Для пластини «ялинка» з площадкою:

$$N_u = 0,098R_e^{0,73} Pr^{0,43} (Pr/P_{r\text{ст}})^{0,25}; \quad (5)$$

Як можна бачити, що незважаючи на те, що не існує подібності між течією вздовж гладкої поверхні (рівняння (2)) і вздовж гофрованої поверхні степені при числі  $Re$  та  $Pr$  однакові. Тобто внесок степеня турбулізації потоку та теплофізичних властивостей теплоносія однакові. Не дивлячись на те що, що гофровані поверхні підвищують компактність, але й вони турбулізують потік. Так, для гофрованих пластин критичне значення числа  $Re$  становить вже 50-100. Мало відрізняються результати публікацій зарубіжних авторів [1-3,5,6]. Так Ашер та Перкор пропонують критеріальне рівняння для гофрованих пластин у вигляді:

$$N_u = 0,2R_e^{0,67} Pr^{0,4} (\eta/\eta)^{0,1} \quad (6)$$

Аналіз виразів (2) - (6) показує, що похибка визначення коефіцієнта тепловіддачі за цими рівняннями міститься у величині коефіцієнта  $C$ . У той же час конструктивні параметри гофр-висота ( $H$ ) та крок ( $2T$ ) [ ]. Вплив ТФХ теплоносія «затиснути» у постійних показниках степенів при числах  $Re$  та  $Pr$ .

Все це в сукупності призводить до непередбачуваної похибки у визначенні коефіцієнта тепловіддачі та необґрунтованого збільшення розрахункової поверхні.

#### Результати досліджень

З використанням експериментальної установки проведено велику кількість експериментів щодо визначення коефіцієнта тепловіддачі гофрованої поверхні з урахуванням впливу відносного



конструктивного параметра ( $T/H$ ), швидкості теплоносія при турбулентному русі та впливу властивостей теплоносія [7]. В результаті узагальнення та аналізу цих даних розроблено наступну структуру критеріального рівняння:

$$K(T/H) \cdot \left(\frac{Re}{Re_{кр}}\right)^n \cdot Pr^m \cdot Pr \quad (7)$$

$$Nu = k(T/H) \cdot \left(\frac{cRe}{Re_{кр}}\right) \cdot Pr. \quad (8)$$

Як видно, така структура позбавлена зазначених вище недоліків. Крім того, було встановлено, що показник ступеня при Прандті залежить від числа  $Pr$ . З урахуванням розробленої структури для діапазону  $1 \leq T/H \leq 1,9$  було отримано критеріальне рівняння у вигляді:

$$Nu = (0,213 - 0,037 T/H) \left(\frac{cRe}{Re_{кр}}\right)^4 \cdot Pr^{(0,33 + \frac{3,43}{Pr+33})}; \quad (9)$$

Для зазначеного діапазону коефіцієнт тепловіддачі визначений (9) дозволяє визначити теплообмінну поверхню з похибкою не більше 5-7% і виключити «margin».

### Висновок

Розроблено нову структуру критеріального рівняння для гофрованих пластин ПТА, яка дозволяє з прогнозованою точністю визначити площу теплообмінної поверхні з урахуванням конкретних конструктивних особливостей ( $T/H$ ), ступеня турбулізації потоку ( $Re/Re_{кр}$ ) та теплофізичних властивостей теплоносія (критерій Прандті). Це, у свою чергу, дозволяє виключити «margin», що у свою чергу призводить до зниження капітальних витрат, експлуатаційних витрат на прокачування теплоносіїв та знизити масу та габарити ПТА.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. John Willey. New York – London 1970. 672 p.
2. Donald Q. Kern, Allan D. Kraus. Extended surface Heat Transfer New York, 2002. 1120 p.
3. Heat Transfer design Handbook, 1983. 1500 p.
4. Коваленко Л.М., Глушков Н.Ф. Теплообмінники з інтенсифікацією теплообміну, 1986. 240 с.
5. Аніпко О.Б. Раціональні теплообмінні поверхні, Харків, 1998. 196 с.
6. Ramesh K. Shah, Dusian P. Sehic Fundamentals of Heat Exchanger Design Willey, 2003.
7. Аніпко О.Б., Клімов В.Ф., Мочерамов Л.К. До питання про ціну впливу теплофізичних властивостей теплоносія на тепловіддачу // ІТЕ №2, 2009. С. 14-17.
8. Гунько І.В., Севостьянов І.В., Орлюк Ю.Т. Дослідження напрямків удосконалення пластинчастих теплообмінників // Техніка, енергетика, транспорт АПК, № 2 (105) / 2019. С. 59-65.

**Аніпко Олег Борисович**, д.т.н., професор, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, Email: anipko.ob2023@gmail.com

**Коц Іван Васильович**, к.т.н., професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Email: ivvkots@ukr.net

**Anipko Oleg B.**, Dr. Sci. (Techn.), professor, Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozheduba, Kharkiv. Email: anipko.ob2023@gmail.com

**Kots Ivan V.**, Ph.D. (Techn.), professor of the department of engineering systems in construction, head and scientific leader of the hydrodynamics research laboratory, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivvkots@ukr.net

## ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ККД ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Систематизовано інформацію про ефективності сучасних газотурбінних установок від провідних виробників енергетичного устаткування. Показано, що ефективність ГТУ простого циклу в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С становить 30...40 %. Розвиток ПТУ проходить в напрямку підвищення початкових параметрів пари і зниження кінцевих. Передові установки наразі мають початкові параметри пари  $P=35$  МПа і  $t=720$  °С. Найбільш перспективним напрямком розвитку великої енергетики є створення парогазових установок, в тому числі з внутрішньоцикловою газифікацією твердого палива.

**Ключові слова:** газотурбінна установка, паротурбінна установка, парогазова установка, парогазова установка з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля, коефіцієнт корисної дії.

### Abstract

Systematized information on the efficiency of modern gas turbine installations from leading manufacturers of power equipment. It is shown that the efficiency of simple-cycle gas turbines in the temperature range from 1000 °C to 1510 °C is 30...40%. The development of vocational training takes place in the direction of increasing the initial parameters of the steam and decreasing the final ones. Advanced installations currently have initial parameters of steam  $P=35$  MPa and  $t=720$  °C. The most promising direction for the development of the large energy industry is the creation of steam-gas plants, including those with intra-cycle gasification of solid fuel.

**Keywords:** gas turbine plant, steam turbine plant, steam-gas plant, steam-gas plant with intra-cycle gasification of coal, efficiency factor.

### Вступ

Зараз у світі 65 % електричної енергії виробляється тепловими електростанціями, для чого щорічно спалюється більше 12 млрд. т. у.п.. При цьому в навколишнє середовище викидаються забруднювальні речовини (зола, оксиди азоту, оксиди сірки, поліциклічні ароматичні вуглеводні, парникові гази, тощо). Основним способом зменшення викидів вуглекислого газу є підвищення ККД енергетичних установок. Теплові електростанції постійно вдосконалюються з метою створення надійного, економічного, маневреного, екологічно чистого технологічного обладнання.

**Мета роботи** – систематизація інформації про енергетичні характеристики сучасних ТЕС.

### Основна частина

Провідні фірми в галузі енергетичного машинобудування (Siemens, Alstom, ABB, Westinghouse, Mitsubishi) ефективно працюють в напрямку підвищення термодинамічної ефективності всіх типів енергетичних установок [1-3].

Основним напрямком покращення енергетичної ефективності ГТУ є підвищення початкової температури газів. На рис. 1 нами систематизовано інформацію про ККД ГТУ різних виробників залежно від температури газів перед турбіною. З рисунку видно, що в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С, ККД знаходиться в межах 30...40 %. Більший ККД (до 64 %) досягають у комбінованих циклах [1]. Фірма Mitsubishi в 2020 році розробила турбіну M501JAS з початковою температурою 1650 °С. Турбіна проходить випробування і тестування. ГТУ з високою початковою температурою газів як правило використовують в комбінованих циклах.

Варто відзначити, що виробники не завжди вказують всі технічні характеристики ГТУ, тому досить важко провести комплексний аналіз обладнання.

ГТУ українського виробництва не поступаються по ККД більшості виробників аналогічного обладнання.

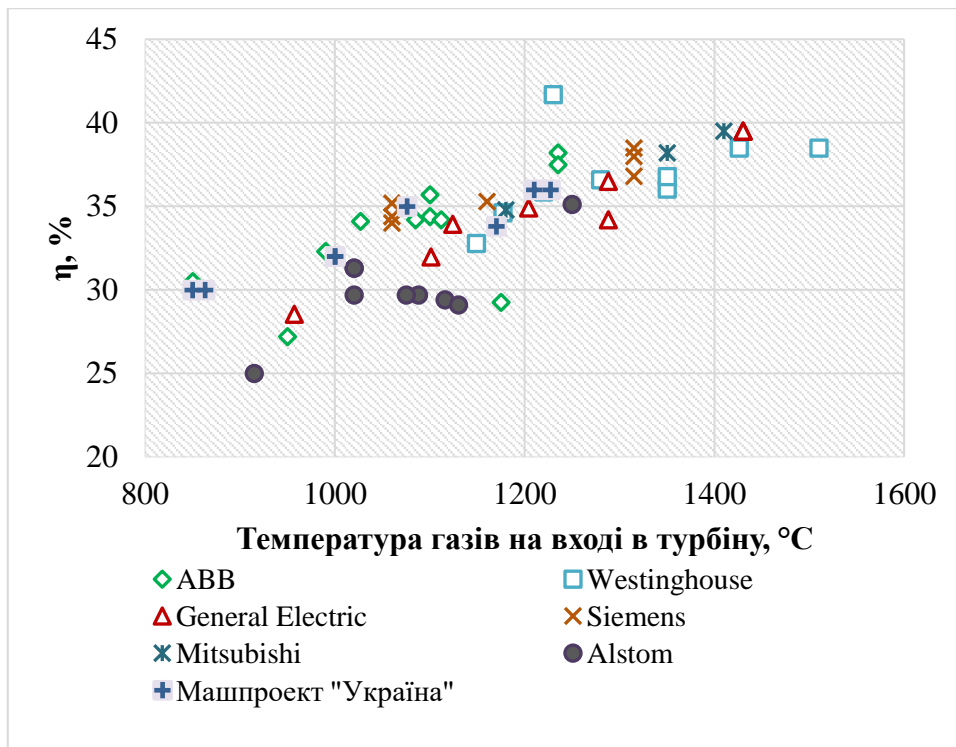


Рисунок 1 – Коефіцієнт корисної дії газівиз турбін простого циклу основних світових виробників залежно від температури газів перед турбіною

Подальше зростання температури можливе за умови створення нових матеріалів і принципово нових систем охолодження з малою витратою повітря для охолодження.

На початку 20 століття передові паротурбінні установки того часу працювали з параметрами пари 9 МПа і  $t=535$  °С. На початку 21 століття більшість паросилових установок мали такі початкові параметри:  $P=24$  МПа і  $t=540$  °С. Сучасні тенденції підвищення економічності ПТУ можна показати на прикладі фірм Siemens і консорціуму GE/ABB. Спільним для них є: підвищення початкових параметрів пари до рівня 280...310 атм і 580...630 °С, зниження тиску в конденсаторі до 0,023 атм, застосування подвійного проміжного перегріву пари. Це дозволяє довести ККД ПТУ нетто до 47 % на вугіллі і до 49 % на природному газі [5]. Фірма Mitsubishi розробила ПТУ з початковими параметрами пари  $P=35$  МПа і  $t=720$  °С. (рис. 2). [1]

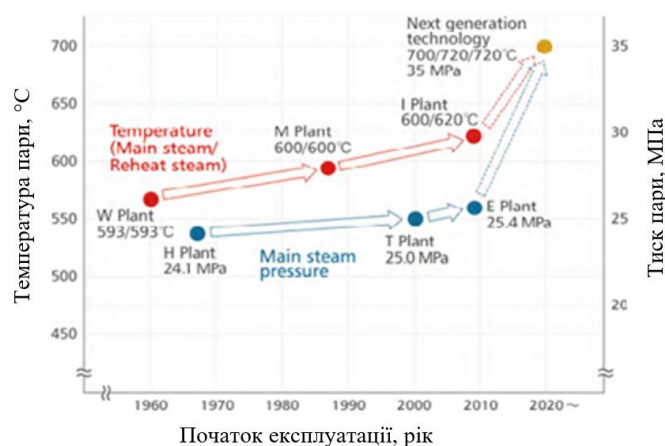


Рисунок 2 – Розвиток паротурбінних технологій Mitsubishi

Турбіна STF D 1250 від GE SteamPower [3] має початкові параметри пари 330 бар,  $t=670$  °С, а ККД ПТУ, за даними виробника,  $\eta=54$  %.

Незважаючи на значний прогрес в енергетичному машинобудуванні, слід зазначити, що за окремими показниками вже досягнуто рівень "насичення", коли подальше їх поліпшення потребує істотних витрат і дає незначний ефект.

Перспективним напрямком підвищення ККД теплових електростанцій є створення парогазових установок. Ефективність ПГУ фірми Siemens знаходиться в межах 54,4...60% [2], Mitsubishi – 64% [1].

Ефективним є поєднання ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля. Такі установки мають кращі енергетичні (ККД до 48%) та екологічні показники, ніж ТЕС із традиційним спалюванням вугілля.

Вважається, що технологія газифікації вугілля забезпечує найбільш універсальний і чистий спосіб перетворення вугілля в електричну енергію, водень та інші цінні енергетичні продукти. Саме газифікація може стати основою для створення електростанцій нового покоління на найближчі десятиліття. [6].

Установки газифікації і піролізу вугілля не отримали широкого застосування в Україні. Для вирішення цієї проблеми необхідно подолати ряд важливих теплофізичних проблем газифікації, забезпечити стійкість цього процесу в технологічних апаратах і ефективно очищення синтез-газу, розробити теоретичні основи проектування установок [7].

Більш віддалені перспективи підвищення к.к.д. ТЕС пов'язані зі створенням гібридних установок, що являють собою поєднання високотемпературних електрохімічних джерел струму (паливних елементів) з парогазовою установкою [8].

## ВИСНОВКИ

Вдосконалення енергетики, впровадження передових енергозберіжних технологій є головною задачею сьогодення, оскільки дозволяє економити паливо і, відповідно, зменшувати викиди шкідливих речовин. Систематизовано інформацію по ефективності сучасних газотурбінних установок від провідних виробників енергетичного устаткування. Показано, що ефективність ГТУ простого циклу в діапазоні температур від 1000 °С до 1510 °С становить 30...40 %. Розвиток ПТУ проходить в напрямку підвищення початкових параметрів пари і зниження кінцевих. Передові установки наразі мають початкові параметри пари  $P=35$  МПа і  $t=720$  °С. Найбільш перспективним напрямком розвитку великої енергетики є створення парогазових установок, в тому числі з внутрішньоцикловою газифікацією твердого палива.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mitsubishi Power URL <https://power.mhi.com/products/gasturbines/lineup/m701j>
2. Siemens energy URL <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product-offerings/gas-turbines.html>
3. GE SteamPower URL <https://www.ge.com/steam-power/products/steam-turbines>
4. Power services URL <https://powerservices.com.au/parts-services/alstom-gt13/>
5. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Варламов Г. Б. – К. : ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.
6. Перспективи розвитку теплової енергетики <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-6>
7. Халатов А. А. Перспективные энергетические технологии и проблемы теплофизики. Часть 1. //Промышленная теплотехника. 2011. №1. С. 5– 18.
8. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Паливні елементи. Сучасний стан розроблення. Відновлювана енергетика. 2013. №1. С. 90 – 96.

*Боднар Лілія Анатоліївна*, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net)  
*Вакалюк Роман Юрійович*, студент, [yakalukroma619@ukr.net](mailto:yakalukroma619@ukr.net)

*Bodnar Lilia*, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net).  
*Vakalyuk Roman*, student, [yakalukroma619@ukr.net](mailto:yakalukroma619@ukr.net)

## КРИТЕРІЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Проаналізовано літературну інформацію по способах оцінки взаємозамінності горючих газів. Досліджено взаємозамінність горючих газів (генераторного, біогазу, біометану, водню) у суміші з природним газом за критеріями Даттона. Показано, що за критерієм сажоутворення майже всі досліджувані суміші є взаємозамінними. Розрахунки за індексом неповного згорання показали, що у всьому досліджуваному діапазоні показники сумішей  $ICF < 0,48$ . За індексом відриву полум'я найбільш надійно працюватиме пальник на суміші біогазу і природного газу та біометану і природного газу. За вмісту генераторного газу в суміші з природним газом 50 % і більше ймовірно відривання полум'я від пальника.

**Ключові слова:** біогаз, природний газ, генераторний газ, біометан, водень, спалювання, суміш газів, число Воббе, індекс неповного згорання, індекс відриву полум'я, індекс сажоутворення.

### Abstract

Literary information on methods of assessing the interchangeability of combustible gases was analyzed. The interchangeability of combustible gases (generator gas, biogas, biomethane, hydrogen) in a mixture with natural gas according to Dutton's criteria was investigated. It is shown that according to the criterion of soot formation, almost all the investigated mixtures are interchangeable. Calculations based on the index of incomplete combustion showed that in the entire studied range, the indices of the ICF mixtures were  $< 0.48$ . According to the flame separation index, the burner will work most reliably on a mixture of biogas and natural gas and biomethane and natural gas. If the content of generator gas in a mixture with natural gas is 50% or more, the flame may break off from the burner.

**Keywords:** biogas, natural gas, generator gas, biomethane, hydrogen, combustion, mixture of gases, Wobbe number, incomplete combustion factor, lift index, soot index.

### Вступ

У різних країнах діють різні критерії взаємозамінності горючих газів (критерій Воббе, індекс Кноу, метод Вівера, критерій Даттона, метод Дельбурга, індекси АГА) [1-3]. У вітчизняній нормативній документації використовується критерій Воббе, що оцінює в основному можливість забезпечення сталої теплової потужності агрегату при переході з одного горючого газу на інший. В роботі [1] нами обґрунтовано на основі критерію Воббе можливість спалювання суміші природного газу і біогазу в різних пропорціях на ТЕЦ спиртзаводу. Слід зазначити, що вітчизняною нормативною документацією [4] встановлюється допустиме відхилення меж числа Воббе для замінного газу і того, що заміняє  $\pm 5\%$ , в той час як в США  $\pm 4\%$ , в Німеччині  $\pm 10\%$ , Франції  $\pm 7\%$ . В роботі [2] досліджено умови заміни природного газу сумішшю природного газу і водню у комунально-побутових і промислових паливоспалювальних установках з використанням комплексу критеріїв взаємозамінності.

Індекс Воббе став найбільш прийнятим параметром для опису взаємозамінності, проте варто комплексно підходити до оцінки взаємозамінності газів.

**Мета роботи** – обґрунтування можливості спалювання сумішей штучних газів з природним газом з врахуванням критеріїв взаємозамінності Даттона.

### Основна частина

В даній роботі розглянуто критерії взаємозамінності Даттона (індекс неповноти згорання, індекс відриву полум'я, індекс сажоутворення).

Індекс неповного згорання (Incomplete combustion factor)

$$ICF = (W_o - 50,73 + 0,03 \cdot PN) / 1,56$$

$W_o$  – критерій Воббе;  $PN$  – сума пропану і азоту в еквівалентній суміші, %. Індекс неповного згорання повинен бути меншим за 0,48.

Індекс відриву полум'я (Lift Index)

$$LI = 3,25 - 2,41 \cdot \arctan \left[ (0,122 + 0,0009 \cdot H_2) \cdot \left[ (W_0 - 36,8 - 0,0119 \cdot PN) + (0,775 - 0,118 \cdot PN^{1/3} \cdot H_2) \right] \right]$$

де  $H_2$  – вміст водню в газі, %.

Індекс сажоутворення (Soot Index)

$$SI = 0,896 \arctan (0,0255 \cdot C_3H_8 - 0,0233 \cdot N_2 + 0,617),$$

де  $C_3H_8$  – вміст пропану в газі, %. Індекс сажоутворення повинен бути меншим за 0,6.

Характеристики газів, що взято для числових досліджень наведено в роботі [5].

На рисунку 1 показано результати числових досліджень.

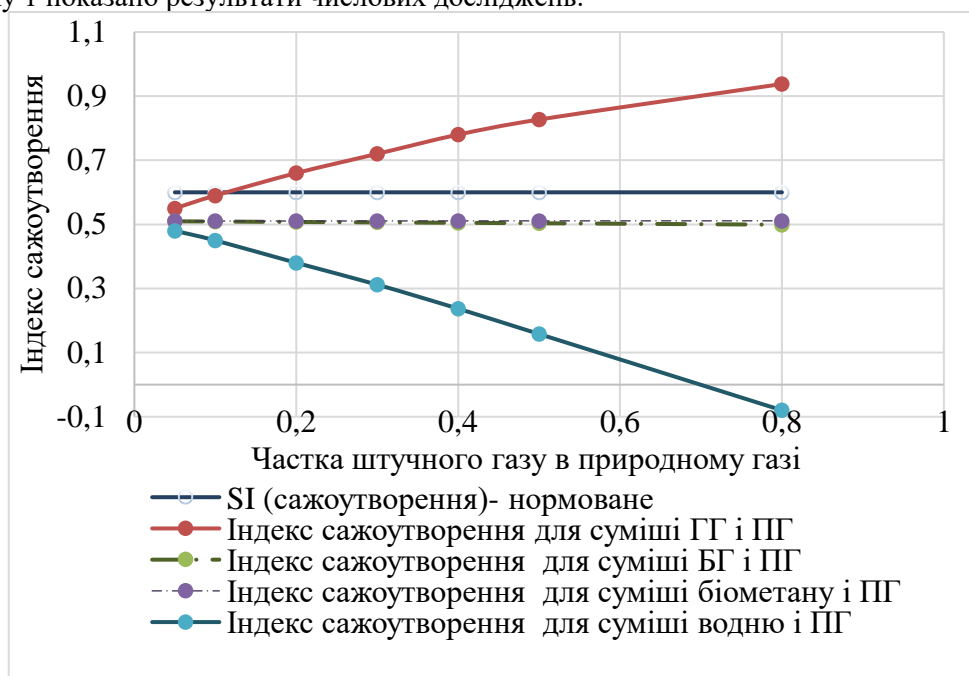


Рисунок 1 – Дослідження впливу частки газів у суміші з природним газом на індекс сажоутворення

За критерієм сажоутворення майже всі досліджувані суміші є взаємозамінними. Вийняток є суміш природного і генераторного газів. При вмісті ГГ в суміші більше 10 % можливе утворення сажистих частинок.

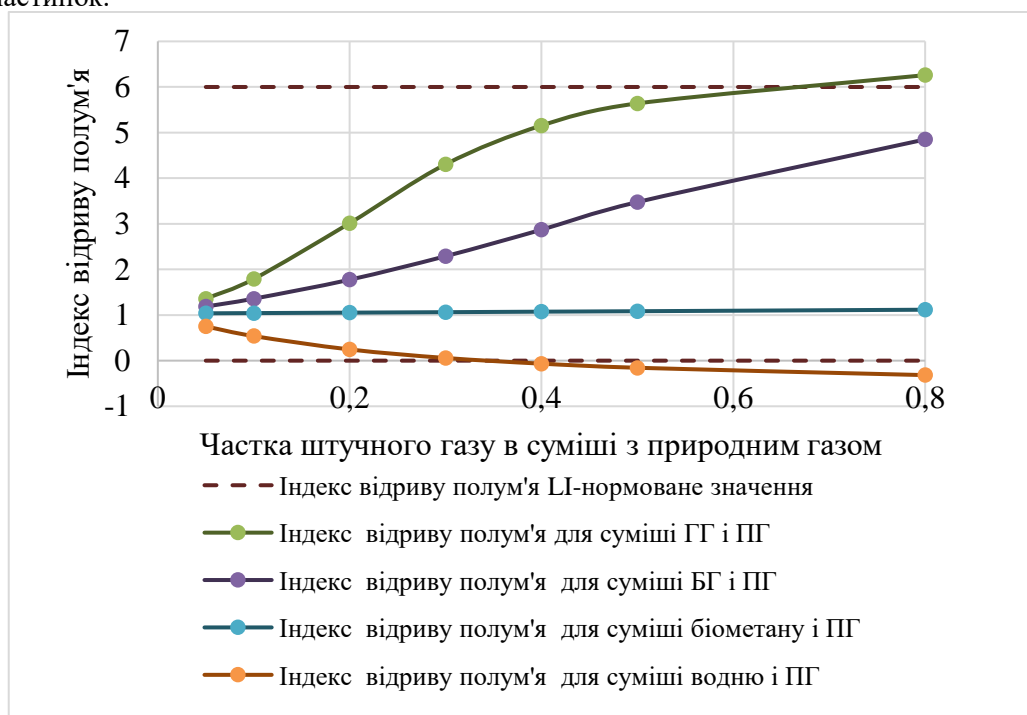


Рисунок 2 – Дослідження впливу частки газів у суміші з природним газом на індекс відриву полум'я LI

Нормоване значення індексу LI знаходиться в межах від 0 до 6. Значення LI ближче до 0 свідчить про відсутність видимого відокремлення основ полум'я від пальника. Значення індексу близькі до 6 свідчать про відрив 50...100 % полум'я. Коли індекс менше нуля, то можливий проскок полум'я в корпус пальника. Як бачимо з рисунку 2, найбільш надійно працюватиме пальник на суміші біогазу і природного газу та біометану і природного газу. За вмісту генераторного газу в суміші з природним газом 50 % і більше ймовірно відривання полум'я від пальника. За вмісту водню в суміші більше 30 % можливий проскок полум'я в пальник. Розрахунки за індексом неповного згорання показали, що у всьому досліджуваному діапазоні показники сумішей  $ICF < 0,48$ .

Як показали результати досліджень [5], взаємозамінними є суміш біометану і природного газу (ПГ), оскільки у всьому діапазоні зміни частки біометану у суміші витримується рівність (1). Для суміші водню (до 20 %) і ПГ рівність (1) дотримується. Спалювання біогазу у суміші з природним газом без зміни конструкції пальника можливе за вмісту БГ у суміші до 10 %. Дослідження також показали, що генераторний газ (ГГ) в суміші з ПГ неможливо спалювати в існуючому пальнику, оскільки в досліджуваному діапазоні частки ГГ в суміші 5 % до 80 % критерій Воббе становить від 44,7 до 11 МДж/м<sup>3</sup>, що суттєво менше від такого показника для природного газу (47,56 МДж/м<sup>3</sup>).

Проведені дослідження показали ряд проблем, що виникають на етапі оцінки взаємозамінності газів, оскільки одні й ті ж суміші за різними критеріями можуть бути взаємозамінними і навпаки.

Огляд літературної інформації показав, що практичних рекомендацій по переведенню промислових котлів на спалювання сумішей газів з різною теплою згорання вкрай обмаль. Разом з тим цей напрямок досліджень є надзвичайно актуальним, оскільки спалювання альтернативних газів (біогазу, біометану, генераторного газу, водню) дозволить частково вирішити проблему дефіциту традиційних енергетичних палив.

## ВИСНОВКИ

Проведено числові дослідження впливу частки горючих газів (генераторного, біогазу, біометану, водню) у суміші з природним газом на індекси Даттона. Показано, що за критерієм сажоутворення майже всі досліджувані суміші є взаємозамінними. Винятком є суміш природного і генераторного газів. При вмісті ГГ в суміші більше 10 % можливе утворення сажистих частинок. Розрахунки за індексом неповного згорання показали, що у всьому досліджуваному діапазоні показники сумішей  $ICF < 0,48$ . За індексом відриву полум'я найбільш надійно працюватиме пальник на суміші біогазу і природного газу та біометану і природного газу. За вмісту генераторного газу в суміші з природним газом 50 % і більше ймовірно відривання полум'я від пальника. За вмісту водню в суміші більше 30 % можливий проскок полум'я в пальник.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боднар Л. А. Особливості синтезу системи виробництва і спалювання біогазу на спиртзаводі /Л. А. Боднар, Д. І. Денесяк, А. С. Лук'янець// Науково-технічний збірник "Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві". – 2018. – №2. – С. 112– 117.
2. Колієнко А. Г. Умови заміни природного газу сумішшю природного газу і водню у комунально-побутових і промислових паливоспалювальних установках [Електронний ресурс]. URL <https://epg-kolvi.com/statti/sumish-pryrodnogo-gazu-i-vodnyu-u-yakosti-palyva-chastyna-1/>
3. Guidebook to gas interchangeability and gas quality URL <https://www.igu.org/resources/guidebook-to-gas-interchangeability-and-gas-quality-august-2011/>
4. ДСТУ ISO 13686:2015 «Природний газ. Показники якості»
5. Боднар Л. А. Особливості спалювання суміші газів в промислових теплогенеруючих установках / Л. А. Боднар, О. Куленко // Електронне наукове видання матеріалів ЛІІ Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, 21-23 червня 2023 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/schedConf/presentations>

*Боднар Лілія Анатоліївна*, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ, <https://orcid.org/0000-0001-9497-214X>, e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net)

*Куленко Олександр Олексійович*, студент, e-mail: [sasha.kulenko@gmail.com](mailto:sasha.kulenko@gmail.com)

*Bodnar Lilia*, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net).

*Kulenko Olexandr*, student, e-mail: [sasha.kulenko@gmail.com](mailto:sasha.kulenko@gmail.com)

# ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ З ВНУТРІШНЬОЦИКЛОВОЮ ГАЗИФІКАЦІЄЮ ВУГІЛЛЯ

Вінницький національний технічний університет

*Виконано огляд літературної інформації по впровадженню технологій парогазових енергетичних установок з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля (ПГУ з ВГВ) у світі та Україні. Проведено розрахунки ПГУ з ВГВ з метою визначення енергетичної ефективності.*

**Ключові слова:** синтез-газ, паротурбінна установка, газифікація, парогазова установка, газотурбінна установка, газифікатор, вугілля, коефіцієнт корисної дії.

## Abstract

A review of literature information on the implementation of technologies of steam-gas power plants with intra-cycle gasification of coal (SGP with ICGC) in the world and in Ukraine was carried out. Calculations of a steam-gas plant with intra-cycle gasification of coal were carried out in order to determine the energy efficiency.

**Keywords:** synthesis gas, steam turbine plant, gasification, steam and gas plant, gas turbine plant, gasifier, coal, efficiency.

## Вступ

Сучасний період характеризується дефіцитом паливно-енергетичних ресурсів і електроенергії, підвищенням вимог до рівня викидів забруднювальних речовин. Одним із головних напрямків вирішення екологічних проблем в паливно-енергетичному комплексі є розробка екологічно-чистих технологій і процесів. Однією з таких технологій є внутрішньоциклова газифікація вугілля. За кордоном відома як Integrated gasification combined cycle (IGCC).

На даний час комерційні парогазові енергетичні установки з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля (ПГУ з ВГВ) є найбільш екологічно чистими в порівнянні з іншими вугільними ТЕС [1]. Для України є надзвичайно актуальним завданням впроваджувати екологічно чисті технології, оскільки викиди на ТЕС у нас на 77...99 % вищі, ніж середні показники в ЄС (рис.1) [2].

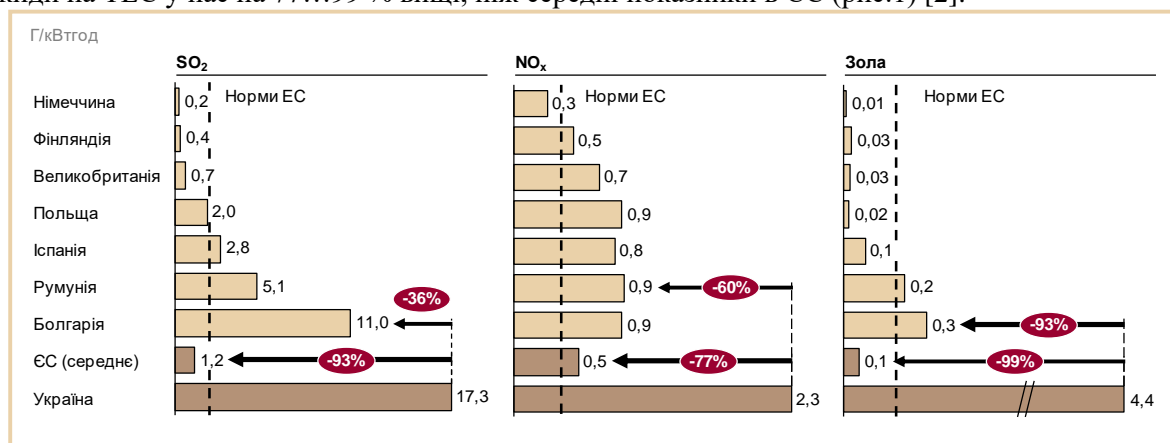


Рис. 1 Викиди шкідливих речовин великих теплових станцій (ЄС – 2006 р., Україна – 2009 р.) [2].

У роботі [3] вказано, що в Україні парогазові установки (ПГУ) не набули поширення. Встановлена електрична потужність кожної ПГУ (працюють на природному газі) становить від 20 до 150 МВт. На даний час в Україні не існує ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією твердого та рідинного видів



палива. В роботі [4] зазначено що застосування сучасних технологій спалювання вугілля показало, що при застосуванні шарового і пилевидного спалювання вугілля внутрішні втрати в котлоагрегаті складають 4% при загальному ККД до 33 %, киплячого шару – відповідно 8 і 42%, внутрішньоциклової газифікації – 16 і 55 %. Тобто у випадку застосування сучасних технологій спалювання вугілля підвищується загальний ККД установки, але одночасно зростають внутрішні втрати, капітальні і експлуатаційні затрати.

**Метою роботи** є оцінка енергетичної ефективності парогазової установки з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля.

### Результати дослідження

На рис. 2 показано принципову схему ПГУ з ВГВ. В ПГУ з ВГВ зберігається енергетична частина звичайних бінарних парогазових установок. До неї додається система газифікації вугілля і очищення, в якій виробляється очищений від сполук сірки і золи низько- (4–6 МДж/м<sup>3</sup>), середньокалорійний (8–12 МДж/м<sup>3</sup>), висококалорійний (більше 12 МДж/м<sup>3</sup>) горючий газ, придатний для спалювання в камерах згорання високотемпературних ГТУ.

Синтез-газ з реактора газифікації надходить у високотемпературну систему очищення.

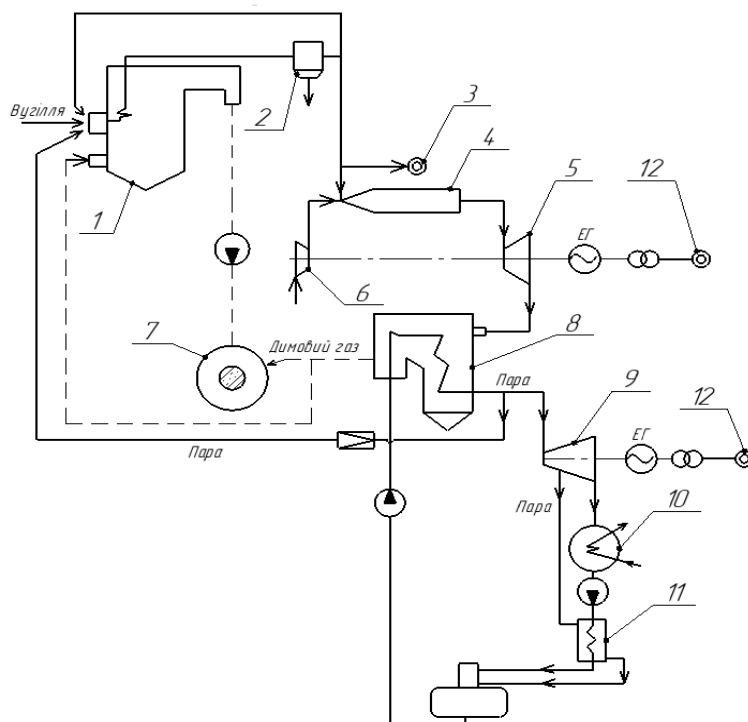


Рис. 2. Принципова теплова схема бінарної ПГУ

1 – реактор газифікації вугілля; 2 – високотемпературна система очищення синтез-газу; 3 – споживач синтез-газу; 4 – камера згорання ГТУ; 5 – газова турбіна ГТУ; 6 – компресор ГТУ; 7 – димова труба; 8 – котел-утилізатор; 9 – парова турбіна; 10 – конденсатор; 11 – система регенерації; 12 – споживачі електричної енергії.

Після очищення, частина синтез-газу надходить в камеру згорання газової турбіни, інша частина (20%) надходить до споживачів. Димові гази з ГТУ надходять в котел утилізатор. Вироблена пара частково надходить в реактор газифікації в якості дуття, більша частина надходить в конденсаційну турбіну. В газифікаторі здійснюється алотермічний процес.

Алотермічні газифікатори призначені для одержання газу з підвищеним вмістом водню порівняно з автотермічними газифікаторами. Непряме нагрівання призводить до отримання газу з високою теплою згорання, який не розбавлений азотом. Пара вводить з сировиною в реактор для прискорення реакцій газифікації і збільшення виходу водню.

Розрахунки виконано для таких початкових даних: температура синтез-газу перед газовою турбіною 1000 °С; електрична потужність ГТУ 70 МВт, міра підвищення тиску в компресорі 15. В пароту-

рбінній частині передбачена конденсаційна турбіна з початковим тиском 90 бар і тиском конденсації  $P_k = 0,05$  бар. Система регенерації включає підігрівник низького тиску при температурі живильної води 105 °С (яка характерна для бінарної ПГУ). 20 % отриманого синтез-газу надходить до споживачів. Характеристики вугілля: теплота згорання  $Q_{\text{н}}^{\text{с}} = 23$  МДж/кг, вміст вуглецю в паливі становить  $C^{\text{с}} = 0,65$  кг/кг.вугілля.

Алгоритм розрахунку ПГУ з ВГВ такий: розрахунок ГТУ- ступені, розрахунок реактора газифікації, розрахунок ПТУ-ступені, узгодження показників ГТУ і ПТУ ступенів, оцінка енергетичної ефективності циклу. Розрахунки циклів ГТУ і ПТУ проведено за методиками [5].

В результаті розрахунків визначено, що температура газів на виході з газової турбіни становить  $T_4 = 449$  °С. Температура пари перед турбіною приймалась за рекомендаціями за такою формулою  $T_0 = T_4 - \delta t_0$ , де  $\delta t_0 = 10 \dots 20$  К,  $t_0 = 430$  °С. В результаті розрахунків визначено, що кількість синтез-газу, що необхідна для роботи ГТУ становить 8,6 кг/с, необхідна кількість вугілля на реактор 7,79 кг/с, електрична потужність ПТУ 19,7 МВт. Температура відхідних газів за котлом утилізатором 115 °С. Для розрахунку коефіцієнта корисної дії на основі даних літературного джерела [4] внутрішні втрати взято 15 %. Коефіцієнт корисної дії ПГУ 42 %.

### Екологічні показники роботи ПГУ з ВГВ

За екологічними показниками ТЕС України не відповідають нормативам, прийнятим в економічно розвинутих країнах. Наші ТЕС оснащені лише системами уловлювання твердих частинок. Наприклад, директивою ЄС 2001/80/ЄС для установок більше 300 МВт норми викидів для твердих частинок становлять 50 мг/м<sup>3</sup>, для SO<sub>2</sub> – 400 мг/м<sup>3</sup>, для NO<sub>x</sub> – 1300 мг/м<sup>3</sup>, в той час як реальні показники ТЕС України 400 – 3200 мг/м<sup>3</sup>, 600 – 9000 мг/м<sup>3</sup>, 400 – 1600 мг/м<sup>3</sup> відповідно [6].

ПГУ з ВГВ відрізняються високими екологічними показниками. В роботі [7] описано принцип дії ПГУ з ВГВ де відхідні гази після котла-утилізатора містили NO<sub>x</sub> 60–80 мг/м<sup>3</sup>, SO<sub>x</sub> 10–20 мг/м<sup>3</sup>, що суттєво менше, ніж при факельному спалюванні твердого палива. На демонстраційній установці Nacoso (IGCC цикл) потужністю 250 МВт від Mitsubishi Power, отримано такі екологічні показники: SO<sub>x</sub> = 8 ppm, NO<sub>x</sub> = 5 ppm при вмісті кисню в димових газах 16 %. Газифікація ускладнює і здорожчує процес виробництва енергії, але ця технологія є екологічно чистою, тому перспективною.

### Висновки

Проведено огляд літературної інформації по сучасних методах ефективного використання вугілля в якості джерела енергії. Проведено оцінку енергетичної ефективності парогазової установки з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля. Визначено, що коефіцієнт корисної дії розглянутої в роботі ПГУ з ВГВ становить 42 %. Газифікація ускладнює і здорожчує процес виробництва енергії, але ця технологія є екологічно чистою.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Дудник О. М. Застосування технологій парогазових установок з внутрішньоцикловою газифікацією твердого та рідинного видів палива у світовій енергетиці та перспективи їх впровадження в Україні / О. М. Дудник, Н. І. Дунаєвська // The problems of general energy. - 2019. - №3. - С. 37-44.
- [2] Енергетична стратегія України на період до 2030 року/ Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 1071. Режим доступу: <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStratagy2030.pdf>
- [3] Патон Б. Перспективи розвитку вітчизняної парогазової технології / Б. Патон, А. Долінський, А. Халатов// Вісник НАН України. - 2009. - №4. - С. 3-10.
- [4] Кулин В. А. О замене угля на газ, полученный из угля, на тепловых электростанциях/ В. А. Кулин// Уголь Украины. - 2016. - №1. - С. 38-42.
- [5] Чепурний М. М. Технічна термодинаміка в прикладах і задачах (навчальний посібник). – Вінниця: ВНТУ, 2002. – 132 с.
- [6] Теплова енергетика - нові виклики часу / уклад. А. Акімов, за ред. П. Омеляновського, Й. Мисака. – Л. : НВФ "Українські технології", 2009. 660 с.
- [7] Ткаченко С.Й. Підвищення ефективності спалювання палива та охорона навколишнього середовища/ С. Й. Ткаченко, Л. А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 58 с.
- [8] Mitsubishi Power. URL <https://power.mhi.com/products/igcc/>

**Боднар Лілія Анатоліївна** – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ <https://orcid.org/0000-0001-9497-214X>, e-mail: [Bobnar06@ukr.net](mailto:Bobnar06@ukr.net)

# СВІТОВИЙ ДОСВІД ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Проведено систематизацію літературної інформації по сучасних методах зменшення викидів парникових газів. Проаналізовано технології, що можуть зменшити викиди парникових газів. Виконано систематизацію систем зв'язування та зберігання викидів CO<sub>2</sub>. Виконано огляд літературної інформації по техніко-економічним показникам енергетичного устаткування з системами CCS.

**Ключові слова:** парникові гази, вуглекислий газ, спалювання палива, енергоефективність, технологія уловлювання і зберігання вуглекислого газу.

## Abstract

Literature information on modern methods of reducing greenhouse gas emissions has been systematized. Technologies that can reduce greenhouse gas emissions are analyzed. Systematization of CO<sub>2</sub> emission binding and storage systems has been carried out. A review of literature information on technical and economic indicators of energy equipment with SSS systems was performed.

**Keywords:** greenhouse gases, carbon dioxide, fuel combustion, energy efficiency, carbon dioxide capture and storage technology.

## Вступ

Основним джерелом викидів парникових газів антропогенного походження є процеси спалювання палива під час виробництва електричної (на ТЕС), теплової (котельні) і механічної енергії. Найбільше в навколишнє середовище викидається вуглекислого газу.

Об'ємна частка вуглекислого газу CO<sub>2</sub> в атмосфері в даний час складає 0,03 – 0,032%, однак є тенденція до його збільшення на (0,6 – 0,7) 10<sup>-4</sup>% на рік в результаті активної промислової діяльності людини. По даним дослідників, збільшення об'ємної частки CO<sub>2</sub> в атмосфері до 0,06 % призведе до підвищення середньорічної температури на землі на 3 – 4 °С. Це викличе танення льодовиків і морського льоду і, як наслідок, затоплення приблизно четвертої частини суші [1]. Енергетика на основі спалювання викопного палива залишається джерелом основних глобальних забруднювачів.

Україна є однією з найбільш енергоємних економік у Європі. У питанні споживання енергії на одиницю продукції Україна має один з найвищих рівнів у світі, що дорівнює 2,369 тоннам еквіваленту CO<sub>2</sub> на мільйон доларів ВВП, це у п'ять разів перевищує середній показник ЄС [2].

Оскільки кліматичні норми в глобальному масштабі стають все більш суворими, Україна матиме потребу у технологіях зменшення викидів CO<sub>2</sub> для вирішення проблем майбутніх викидів від електростанцій на викопному паливі і енергоємних галузей, таких як чорна металургія.

**Мета роботи** – огляд літературної інформації по сучасних методах зменшення викидів парникових газів.

## Основна частина

Провідна роль у зниженні рівня антропогенних викидів ПГ у національних планах і програмах надається енергетиці, енергозбереженню, підвищенню енергоефективності, розвитку поновлюваних джерел енергії.

Міжнародним енергетичним агентством (МЕА) оцінено вклад різних технологій у зменшення викидів ПГ у світовій практиці (рис.1). На енергоефективну промисловість відводиться 19 % від загального можливого зменшення викидів, на енергоефективні будівлі 14 %, на іншу генерацію (окрім зазначеної на рис.1) 22%.

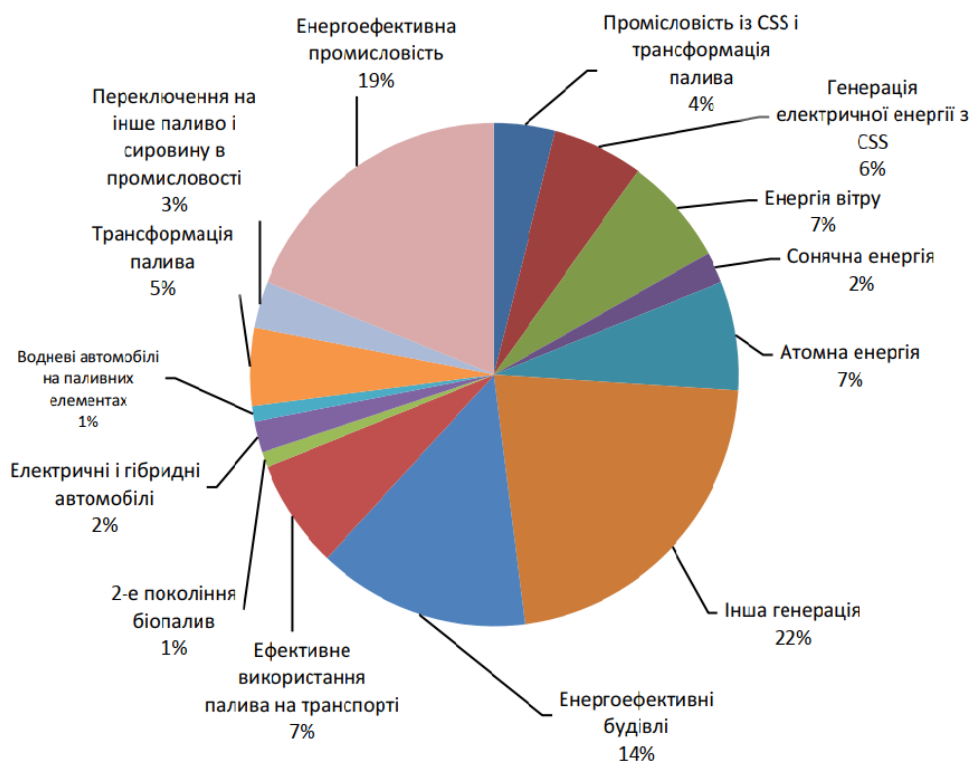


Рисунок 1 – Можливий вклад технологій у зменшення обсягу викидів парникових газів у світі (CCS – carbon capture and storage)

Найбільш результативним методом скорочення обсягів ПГ є впровадження енергоефективних і енергозберіжних технологій. На основі огляду літературної інформації нами виділено такі технології в енергетиці, що дозволяють ефективно спалювати паливо, мають високий ККД, що дозволяє економити паливо, а, отже, зменшити викиди парникових газів.

1. Ефективні методи спалювання вугілля (ТЕС з циркулюючим киплячим шаром; ТЕС ПГУ з киплячим шаром під тиском (КШТ); ТЕС на супернадкритичних параметрах пари ; ТЕС на основі ПГУ з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля).

2. Установки на основі комбінованого парогазового циклу (під час спалювання природного газу ККД становить 60 %).

3. Когенерація.

Ефективним напрямком зменшення викидів є впровадження технологій поновлюваної енергії (фотоелектрика, вітрова енергія, енергія біомаси, гідроенергія).

### Системи уловлювання та зберігання вуглекислого газу на електростанціях

Повна екологічна чистота теплової енергетики може бути забезпечена шляхом уловлювання та зберігання вуглекислого газу. Це найрадикальніший і дорогий шлях боротьби з потеплінням клімату. Суть технології полягає в такому [2]: діоксид вуглецю спочатку необхідно уловити і відокремити від точкового джерела за допомогою використання різних хімічних або механічних процесів. Бездомішковий потік CO<sub>2</sub> потім стискається до стану рідини високого тиску, для зручності транспортування, як правило, в трубопроводах. Потім CO<sub>2</sub> доставляється до відповідного місця зберігання, де він, вловлений і іммобілізований (позбавлений рухливості), вводиться на відстань, більше ніж кілометр нижче поверхні землі, у шари гірських порід.

Система CCS (carbon capture and storage) [3, 4] може бути організованою під час роботи котла на повітрі або кисні двома способами: уловлюванням до спалювання палива (Pre Combustion Capture) і після (Post Combustion Capture). У разі використання технології зв'язування вуглецю після спалювання палива в повітрі весь потік газів направляєтся в систему абсорбції CO<sub>2</sub>. В якості абсорбентів використовують аміак, моноетаноламін, суміш аміаку і карбонату калію. Недоліком цього методу є зниження ККД ТЕС та збільшення витрат на власні потреби. Ефективність методу – 90% уловлювання вуглекислого газу.

Перевагою методу уловлювання вуглекислого газу до спалювання є можливість отримання додаткових продуктів з вугілля, а також вищого ККД ТЕС порівняно з пиловугільними блоками з системами CCS завдяки технології ПГУ IGCC/CCS і зниженню витрат на газоочищення. В таблиці 1 наведено техніко-економічні показники ТЕС з різними технологіями використання органічного палива і системами CCS. Такі системи дорогі, мають нижчий ККД, але екологічно чисті, тому перспективні.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники ТЕС з різними технологіями використання органічного палива і системами CCS

Технологія	Ефективність	Капітальні затрати
Вугілля, IGCC [4]	42,6 %	1694 \$/кВт
Вугілля, IGCC + система CCS [4]	35	2233 \$/кВт
Біомаса, IGCC [4]	41,6	1745 \$/кВт
Біомаса IGCC + система CCS [4]	36,4	2247 \$/кВт
Пиловугільні ТЕС без систем CCS [6]	47	1125 євро/кВт
Пиловугільні ТЕС з системою CCS [6]	33	1675 євро/кВт

## ВИСНОВКИ

Стратегія боротьби з парниковими газами повинна полягати у комплексних заходах : зменшенні використання викопних джерел енергії: вугілля, нафти й газу; ефективнішому використанню енергії; впровадженні енергозбережних технологій та розвиток альтернативної енергетики; впровадження нових екологічно чистих і низьковуглецевих технологій; відновлення лісів – природних поглиначів вуглекислого газу з атмосфери; застосуванням технологій уловлювання та зберігання вуглекислого газу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Боднар Л.А. Екологічні аспекти виробництва енергії. Вінниця: ВНТУ, 2017. 83 с.
2. Bellona. Уловлювання та зберігання вуглецю: українські перспективи для промисловості та забезпечення енергетичної безпеки [Електронний ресурс] URL [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/UKRAINE\\_CCS\\_Energy\\_Security\\_Industry\\_Ukrainian.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/UKRAINE_CCS_Energy_Security_Industry_Ukrainian.pdf)
3. Carbon Capture and Storage (CCS): The Future of Climate Change Mitigation URL <https://blog.verde.ag/en/carbon-capture-and-storage-ccs/>
4. Carbon capture, utilisation and storage (CCS). URL <https://www.iea.org/reports/fossil-fuel-supply#dashboard>
5. Biomass Energy for Transport and Electricity: Large scale utilization under low CO2 concentration scenarios. URL [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-19124.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-19124.pdf)

**Боднар Лілія Анатоліївна**, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net)  
**Яремчук Валентин Володимирович**, студент, [volkua01089@gmail.com](mailto:volkua01089@gmail.com)

**Bodnar Lilia**, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net).

**Valentin Yaremchuk**, student, [vakalukroma619@ukr.net](mailto:vakalukroma619@ukr.net)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ТИПУ «ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ»

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Вказано на актуальність впровадження теплонасосних технологій для енергоефективного екологічно чистого постачання теплової енергії житловим і комерційним будівлям, а також в мережі централізованого тепlopостачання. Запропоновано експериментальний стенд для дослідження енергетичної ефективності теплового насоса типу «повітря-повітря».*

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, тепловий насос, випарник, конденсатор, компресор.

### *Abstract*

*The relevance of the implementation of heat pump technologies for energy efficient and environmentally clean supply of thermal energy to residential and commercial buildings, as well as in the network of centralized heat supply, is indicated. An experimental stand for researching the energy efficiency of an air-to-air heat pump is proposed.*

**Key words:** renewable energy sources, heat pump, evaporator, condenser, compressor.

### Вступ

Відомо, що спалювання викопного палива супроводжується значними викидами оксидів азоту, сірки та вуглецю. Для забезпечення сталого розвитку існує потреба в значному скороченні викидів парникових газів в процесі виробництва теплової енергії [1-3]. Декарбонізація джерел тепlopостачання будівель є основною метою переходу до низьковуглецевих енергетичних систем. Очікується, що в майбутньому теплові насоси відіграватимуть важливу роль у постачанні теплової енергії житловим, комерційним будівлям і мережам централізованого тепlopостачання [4-6]. Системи тепlopостачання з ґрунтовими тепловими насосами мають високі першопочаткові капітальні витрати [7]. Повітряні теплові насоси вимагають менших капітальних вкладень на придбання, порівняно ефективно використовують електроенергію, не завдають шкоди навколишньому середовищу за місцем їх встановлення, проте теплова потужність теплових насосів «повітря-повітря» зменшується зі зниженням температури і збільшенням вологості зовнішнього повітря [8-10].

**Мета роботи** – запропонувати експериментальний стенд для дослідження енергетичної ефективності теплового насоса типу «повітря-повітря».

### Основна частина

Об'єктом дослідження є тепловий насос типу «повітря-повітря» (рис. 1), який складається з таких складових: ротаційний компресор (поз. 2), конденсатор (поз. 3), випарник з вентилятором (поз. 1), терморозширювальний вентиль (поз. 4), чотириходовий клапан (поз. 5), термopари (поз. 6), манометри (поз. 7). Чотириходовий клапан реверсує напрям холодоагента для зміни конденсатора на випарник і навпаки що дає можливість охолоджувати повітря з приміщення влітку і нагрівати взимку.

Принцип роботи установки наступний: теплова енергія відбирається від зовнішнього повітря, проходить певні перетворення і передається внутрішньому повітрю. Холодоагент R410A кипить у випарнику (поз. 1), забирає низькопотенційну теплоту від зовнішнього повітря. Далі пара холодоагента поступає в компресор (поз. 2). Компресор стискає пару холодоагента, при цьому температура пари

зростає до 90...130 °С. Пара поступає в конденсатор (поз. 3). В повітряному тракті конденсатора нагрівається повітря з приміщення, а пара холодоагента конденсується до рідкого стану в хладоновій порожнині теплообмінника. Рідкий холодоагент поступає на терморозширювальний вентиль (поз. 4), в якому відбувається різке зниження тиску під час розширення. Після терморозширювального

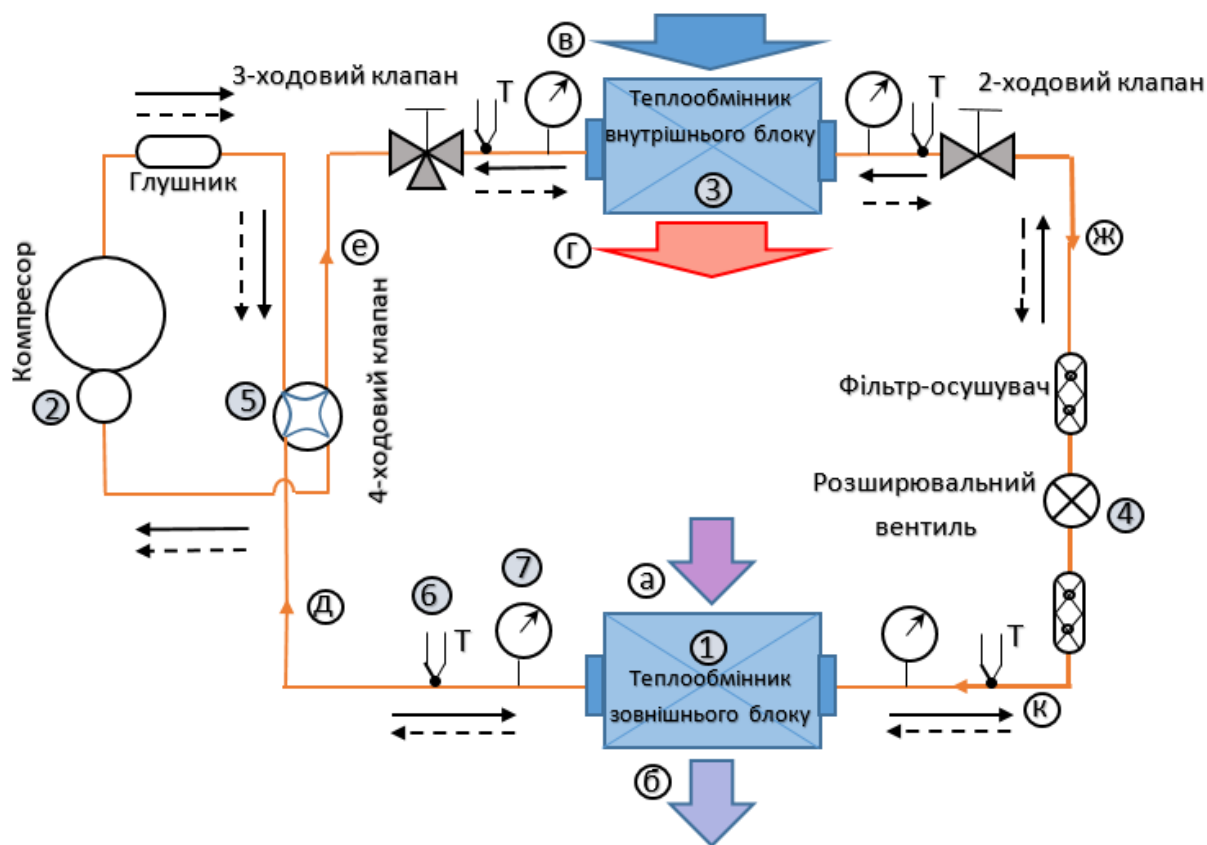


Рисунок 1 – Схема теплового насоса типу «повітря-повітря»

вентилля холодоагент поступає у випарник і цикл повторюється. На рис. 1 позначено: а) зовнішнє повітря на вході в у випарник теплового насоса; б) охоложене зовнішнє повітря на виході із випарника; в) повітря приміщення на вході в конденсатор; г) підігріте повітря приміщення на виході з конденсатора; д) всмоктування холодоагенту компресором; е) нагнітання холодоагента в конденсатор; ж) подача сконденсованого холодоагенту до терморегулюючого вентилля; к) подача холодоагента у випарник.

Експериментальний стенд призначений для проведення досліджень інтенсивності тепловіддачі в теплообмінниках зовнішнього і внутрішнього блоків, енергетичної ефективності теплового насоса типу «повітря-повітря» для різних температурних режимів випарника та конденсатора.

### Висновки

Вказано на актуальність впровадження теплонасосних технологій для енергоефективного екологічно чистого постачання теплової енергії житловим і комерційним будівлям, а також в мережі централізованого тепlopостачання.

Запропоновано експериментальний стенд для дослідження енергетичної ефективності теплового насоса типу «повітря-повітря» для різних температурних режимів випарника та конденсатора, дослідження інтенсивності тепловіддачі в теплообмінниках зовнішнього і внутрішнього блоків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Rosenow, N. Eyre. Reinventing energy efficiency for net zero. *Energy Research & Social Science*. 2022, Vol. 90, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629622001062?via%3Dihub>
2. Climate Target Plan: Impact assessment (European Commission, 2020). URL: <http://surl.li/nigdk>
3. Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector (IEA, 2021). URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
4. R. Lowes et al. Hot stuff: Research and policy principles for heat decarbonisation through smart electrification. *Energy Research & Social Science*. 2020, Vol. 70. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620303108?via%3Dihub>
5. M. Lämmle et al. Performance of air and ground source heat pumps retrofitted to radiator heating systems and measures to reduce space heating temperatures in existing buildings. *Energy*. 2022, Vol. 242. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778815001462>
6. J. Rosenow et al. Heating up the global heat pump market. *Nature Energy*. 2022, Vol. 7. URL: <https://www.nature.com/articles/s41560-022-01104-8/>
7. F. Alshehri et al. Techno-economic analysis of ground and air source heat pumps in hot dry climates. *Journal of Building Engineering*. 2019, Vol. 26. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710219302001>
8. Chunling Wu et al. Low-temperature air source heat pump system for heating in severely cold area: Long-term applicability evaluation. *Building and Environment*. 2022, Vol. 208. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321009860>
9. D. Gibb. et al. Coming in from the cold: Heat pump efficiency at low temperatures. *Joule*. 2023, Vol. 7. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435123003513>
10. Impact of Compressor Drive System Efficiency on Air Source Heat Pump Performance for Heating Hot Water. *Sustainability*. 2020, 12(24). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10521>

**Степанов Дмитро Вікторович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

**Резидент Дмитро Миколайович**, аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [rezidentdmitrij@gmail.com](mailto:rezidentdmitrij@gmail.com)

**Резидент Наталія Володимирівна**, канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net)

**Dmytro Stepanov**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

**Dmytro Rezydent**, postgraduate student of the Chair of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [rezidentdmitrij@gmail.com](mailto:rezidentdmitrij@gmail.com)

**Nataliia Rezydent**, Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net)



## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗАХОДИ НА ТОВ «ПОНІНКІВСЬКА КАРТОННО-ПАПЕРОВА ФАБРИКА»

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Робота присвячена аналізу стану енергозбереження на підприємстві «Понінківська картонно-паперова фабрика» та пошуку шляхів підвищення його енергоефективності, економічності та екологічності. Запропоновані заходи, що дозволять зменшити витрати теплової та електричної енергії на підприємстві*

**Ключові слова:** паливно-енергетичні ресурси, ТЕЦ, енергозбереження, енергоефективні технології, тепла енергія, протитискова турбіна.

### Abstract

*The work is devoted to the analysis of the state of energy saving at the enterprise "Poninkivska cardboard and paper factory" and the search for ways to increase its energy efficiency, economy and environmental friendliness. Proposed measures to reduce heat and electrical energy costs at enterprises*

**Keywords:** fuel and energy resources, CHP, energy saving, energy-efficient technologies, thermal energy, back pressure turbine.

### Вступ

Ефективне розв'язання проблеми енергозбереження в Україні – ключове завдання, вирішити яке необхідно для стійкого розвитку країни, проведення незалежної її зовнішньої політики, створення внутрішньої політичної і соціальної стабільності з підвищенням економічного і культурного рівня життя людей [1].

Енергозбереження – це комплексне впровадження правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних і економічних заходів спрямованих на зменшення споживання електричної енергії споживачами і на збільшення частки енергії, що споживається від відновлювальних джерел енергії, а також раціональне використання енергії, що дозволяє перетворювати її параметри і транспортувати до споживача з мінімальними втратами.

В основі створення реалістичного плану дій для економії енергії лежить відповідне законодавство в галузі теплоенергетики, а також наявність у суспільстві відповідних стандартів і норм. Щоб упровадити програму енергозбереження, треба провести попередній економічний аналіз, оснований на точних даних про дійсне споживання енергії, на прийнятній системі тарифів, інформації про окупність і т. ін [2].

### Основна частина

Важливою передумовою успішності реалізації програми енергозбереження є готовність у країні інфраструктури, за допомогою якої можна одержати відповідні дані для її реалізації. Це потребує вирішення ряду інженерно-технічних завдань з модернізації устаткування, оптимізації умов його експлуатації. Треба послідовно виконати такі заходи:

- складання переліку і вибір з нього першочергових заходів щодо оптимізації споживання теплової та електричної енергії;
- прийняття рішення про здійснення обраних найефективніших заходів;
- визначення умов оптимізації роботи ТЕЦ і вибір потрібного алгоритму теплоенергетичного споживання та контролю;
- регулярне оцінювання результатів;
- регулярне інформування всіх зацікавлених сторін про стан системи.

Створення ТЕЦ на базі Понінківської картонно-паперової фабрики потребує запровадження відповідних заходів з енергозбереження і економному використанню паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), серед яких можна виділити наступні:

1. Створити ТЕЦ на базі Понінківської картонно-паперової фабрики, що дає змогу використовувати власновироблену електроенергію. Добре відомо, що протитискові турбіни є найекономічними [3, 4], тому вибраний варіант встановлення турбіни Р-6-35/6. Оскільки промислові споживачі споживають пару з тиском 0,6 МПа, то належить установити протитискову турбіну з тиском пари за нею 0,6 МПа. Такий захід дозволить зменшити експлуатаційні витрати, оскільки забезпечить певну кількість власної електроенергії з використанням існуючого котельного обладнання.

2. Пропонується установити бойлери для постачання гарячої води в систему теплофікації. Бойлери мають бути заживлені парою низького тиску (0,18-0,2 МПа). В зв'язку з цим пропонується також установити протитискову прибудовану турбіну, яка буде заживлена парою з протитиску основної турбіни ( $P_{пр} = 0,6$  МПа) [5]. Це дозволить зекономити витрати на електричну енергію.

3. Розробити і ввести в дію положення про матеріальне стимулювання за економію ПЕР.

4. Провести теплоізоляцію внутрішніх теплопроводів на ТЕЦ.

5. Замінити котли SHP-E-10 на більш потужні котли ТС-35, що дозволять більш ефективно спалювати гранули лущиння соняшника. Це забезпечить економію палива на 609,76 млн.грн в рік, з врахуванням ціни на день публікації.

6. Провести заміну зовнішніх труб тепломереж на попередньо ізольовані труби.

7. Подачу теплоносія в будівлі проводити тільки після підписання акту її готовності до опалювального сезону.

8. В приміщенні котельні розмістити плакати, які закликають до економного використання ПЕР.

9. В опалювальний період котли працюватимуть згідно графіка залежності температури теплоносія від температури навколишнього середовища.

10. Всі стінові панелі та дах ТЕЦ теплоізолювати мінераловатами товщиною не менше 100 мм.

11. Для зменшення витрати гранул лущиння соняшника автоматизувати систему паливоподачі.

12. На підприємстві вести енергетичний паспорт, який призначений для відображення фактичної наявності енергогенеруючого, енергоспоживаючого та енергопостачального обладнання, енергоспоживаючих технологічних процесів, цехів, дільниць, споруд та ін., їх характеристик та стану використання паливно-енергетичних ресурсів у виробництві, залучення до енергетичного балансу вторинних енергетичних ресурсів, поновлювальних та альтернативних джерел енергії та інші відомості, які забезпечують можливість аналізу стану енергоспоживання підприємства і ефективності використання ПЕР, а також розробки заходів щодо енергозбереження, розвитку та технічного переозброєння [6-7].

13. Установка приладів обліку та регулювання споживання енергоносіїв, перехід на погодинні тарифи.

14. Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі світлодіодні.

## Висновки

Отже, енергоефективні заходи є ключовою задачею сьогодення для кожного підприємства і житлово-комунального сектора.

Для цього необхідно запроваджувати не тільки заходи щодо зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів, але й впроваджувати нові технології на основі альтернативних і відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), зменшувати викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

В результаті впровадження запропонованих енергоефективних заходів можна забезпечити економію ПЕР за рахунок власного виробництва електричної енергії, регулювання подачі теплоносія, перехід на погодинні тарифи, теплоізоляції трубопроводів, зменшення експлуатаційних витрат, в результаті ведення енергетичного паспорта, утеплення конструкцій будівлі вцілому, автоматизацію паливоподачі палива в топки, заміни ламп розжарювання, а також відповідне зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інноваційні технології енергозбереження промислових житлових будівель URL: <https://library.nung.edu.ua/%D1%96nnovats%D1%96in%D1%96-tekhnolog%D1%96%D1%97-energozberezhennya-promislovikh-zhitlovikh-bud%D1%96vel.html> (дата звернення: 18.11.2023 р.).
2. Державна інспекція енергетичного нагляду України URL: <https://sies.gov.ua/news/v-regionah-perevireno-teplovigospodarstva> (дата звернення: 11.11.2023 р.).
3. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Теплові мережі. Вінниця: ВНТУ, 2009. 135 с.
4. Паротурбінна установка типу Р-0,75-0,4/0,03 в турбінному відділенні Охтирської ТЕЦ. Робочий проект. Розділ 2. Тепло механічні рішення. Кіровоград: ВАТ «Укргіпроцукор», 2008. 60 с.
5. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Показники ефективності роботи енергетичних установок для сумісного виробництва теплової та електричної енергії. Наукові праці ВНТУ, 2010. С.65-70.
6. Чепурний М. М. Енергозбережні технології в теплоенергетиці. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 115 с.
7. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
8. Енергозбереження і енергоефективність URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/21708/1/EnergySaving%20I.pdf> (дата звернення: 19.11.2023 р.).

**Оникієнко Сергій Миколайович** – студент кафедри теплоенергетика, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [onikienkos@gmail.com](mailto:onikienkos@gmail.com)

**Степанов Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [stepanovdv@ukr.net](mailto:stepanovdv@ukr.net)

**Onykienko Sergiy** – student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: : [onikienkos@gmail.com](mailto:onikienkos@gmail.com)

**Stepanov Dmytro** – Dr. of Technical Sciences, associated Professor, Head of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: [stepanovdv@ukr.net](mailto:stepanovdv@ukr.net)

# АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ СИСТЕМАХ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*У роботі досліджено питання ефективності використання холодильних агентів для використання у теплових насосах. Результатом дослідження стало обґрунтування необхідності та модернізація теплонасосних систем на існуючі холодоагенти при зіставленні вартості втілення мір по найбільш повному виключенні емісії холодоагентів і рівня енергетичної вигоди.*

**Ключові слова:** холодоагенти, теплопродуктивність, теплові насоси.

## *Abstract*

*The paper investigates the efficiency of using refrigerants in heat pumps. The research results lead to the justification of the necessity and modernization of heat pump systems using existing refrigerants, considering the cost of implementing measures aimed at the most comprehensive elimination of refrigerant emissions and the level of energy efficiency.*

**Keywords:** Refrigerants, heat productivity, heat pumps.

## Вступ

Низькотемпературні системи створення мікроклімату у приміщеннях в першу чергу передбачають використання теплових насосів для потреб теплопостачання. Стимулом для широкого практичного використання теплових насосів (ТН) являється практично необмежені ресурси джерел тепла низькотемпературного потенціала, які не являються цінними для прямого технологічного використання. Так передусім це теплові насоси типу «повітря-вода», «вода-вода» та «повітря-повітря». Незалежно від типу теплового насосу, для передачі теплоти від низькотемпературного джерела до теплоносія в системі теплопостачання слугують холодильні агенти. Різні холодоагенти мають різні теплові показники при різних температурах. Особливо важливо враховувати ефективність на низьких температурах, оскільки це може вплинути на опалення в холодні періоди.

Мета роботи є вибір оптимального і ефективного холодильного агента в низькотемпературних системах створення мікроклімату приміщень.

## Результати дослідження

Переваги теплопостачання за допомогою теплонасосних установок (ТНУ) можуть бути оцінені з різних поглядів, і вони можуть залежати від конкретних умов і характеристик системи. Найперша з переваг застосування ТНУ) є економічність, що впливає із високої ефективності, (для передачі в систему опалення 1кВт·год теплової енергії установка витрачає 0,2÷0,35 кВт·год електричної енергії); спрощені вимоги до систем вентиляції приміщень і високого рівня пожежної безпеки (всі системи функціонують з використанням замкнутих контурів і практично не потребують експлуатаційних витрат, крім вартості електричної енергії, необхідної для роботи обладнання); можливість перемикання з режиму теплопостачання на режим охолодження влітку; надійність компактність [1].

Принцип роботи парокомпресійного теплового насосу полягає тому, що при випаровуванні холодоагента в випарнику відбирається низькопотенціальна теплота з джерела теплоти. Отримана пара

холодоагента стискається в компресорі, що приводить до підвищення температури охолоджувача до необхідного рівня, після чого він прямує в конденсатор, де відає своє тепло нагрітому середовищу.

Раціональний вибір холодильних агентів ускладнюється одною із серйозних проблем – необхідність переведення теплових насосів, котрі розробляються, випускаються і знаходяться в експлуатації, на альтернативні, або екологічно чисті робочі рідини. Мотивацією цієї проблеми став Монреальський протокол, який звинуватив в руйнуванні озонового шару молекулу хлору. Як відомо у вітчизняних холодильних та теплонасосних установках наряду з аміаком широко застосовується фреон R22. Сьогодні для заміни забороненого R22 рекомендуються наступні суміші: R404, R507, R410A, R407, R407C [2] та R134a.

Речовини на основі гідрофторвуглеводів, такі як R404 та R507, все частіше приходять на заміну застарілим холодоагентам. Два холодоагенти підходять до діапазону температур випаровування від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ , однак коефіцієнт теплопередачі в азеотропічної суміші R507, як правило, вище, чим в неазотропічної R404. Тому теплообмінник, в якому використовується R507, при будь яких рівних умовах характеризується меншою площею теплообміну або більш високою температурою випаровування та більш нижчою температурою конденсації, що призводить до значної економії енергії.

Холодоагент R507 задовільняє основні вимоги по заміні R502 в модернізованих системах. Окрім цього, використання R507 підвищує надійність роботи компресорів, оскільки температура нагрівання в цьому випадку на  $1-2^{\circ}\text{C}$  нижче, ніж для R404, на  $11-12^{\circ}\text{C}$  нижче, ніж для R502 та ще більш нижча – для R22.

Перспективним виявляється використання холодоагента R407C, основною перевагою якого являється, що в переході з R22 на R407C, непотрібно значного змінення теплонасосної системи, і він являється оптимальною альтернативою для R22 по теплопродуктивності і тиску насиченої пари.

В порівнянні з R22 холодоагент R407C надає значно менше шкоди навколишньому середовищу. В той час, при більш низькій температурі нагнітання та трішки більшому тиску всмоктування енергетична ефективність R407C ближча до енергоефективності R22.

Разом з тим більшість компаній занепокоєні великим температурним дрейфом ( $5-7^{\circ}\text{C}$ ), характерним для R407C. При цьому, масові частки компонентів пропонованих сумішей варіюються в широких межах. Дана обставина затруднює обслуговування холодильних систем. Так, в системах з декількома випаровувачами можливе порушення вхідної концентрації робочої суміші, заправленої в систему. Однак, незважаючи на очевидну перевагу та потенційні вигоди застосування R410A в кондиціонуванні, рахується, що з R410A тяжкіше працювати оскільки установки, де він використовується, повинні бути розраховані на більш високий робочий тиск. При більшій питомій продуктивності, чим R22, діапазон нормальних робочих тисків для R410A в півтора рази вищий ніж R22.

Більш висока об'ємна теплопродуктивність R410A в порівнянні з R22, в зв'язку з більш високим коефіцієнтом теплопередачі дозволяє конструювати компактне обладнання, знижуючи тим собівартість установки та розширює можливості монтажу. ТНУ, спеціально сконструйовані для роботи з R410A, на 5% енергетично більш ефективні у порівнянні з R22 і на 12% з R407C [3].

Після заборони використання R22 стає широко використовуватись фреон R134a, який як і більшість холодильних агентів є парниковим газом, має порівняно з іншими низький тиск, що робить його більш безпечним у використанні. Проте, через його потенційний вплив на глобальне потепління, деякі країни досліджують альтернативні холодоагенти для майбутнього.

Аналізуючи технічні специфікації виробників теплонасосного обладнання виявлено, що найбільш застосовуваними холодильними агентами є : R410A, R407C, R134a.

Прийнято рішення провести порівняння ефективності використання даних холодоагентів у циклі теплового насоса за допомогою програмного продукту SOLKANE 8. Порівняння виконувалося за таких умов: продуктивність конденсатора 10 кВт, температура випарника ( $-5^{\circ}\text{C}$ ), температура конденсатора  $40^{\circ}\text{C}$ . Крім того проведено співставлення даних фреонів із застрілим R22 . Результати показані у табл. 1.

Як видно із табл. 1, найбільш ефективний за об'ємною теплопродуктивністю є холодоагент R410A, а найближчий до нього R22, але він заборонений. Найнижчу об'ємну теплопродуктивність має R134a, який також має досить високий вплив на глобальне потепління. Фреон R407C має на 53,1% вищу об'ємну теплопродуктивність ніж R134a і на 22% нижчий вплив на глобальне потепління.

Таблиця 1 – Порівняння показників продуктивності холодильних агентів

Холодильний агент	Потужність випарника, кВт	Потужність компресора, кВт	COP	Об'ємна теплопродуктивність, кДж/м <sup>3</sup>
R410A	7,72	2,29	4,37	5165,0
R407C	7,82	2,22	4,5	3275,7
R134a	7,86	2,17	4,61	2139,04
R22	7,88	2,15	4,65	3525,96

## Висновки

Отже, має сенс модернізація теплонасосних систем на існуючі холодоагенти при зіставленні вартості втілення заходів по найбільш повному виключенні емісій холодоагентів і рівня енергетичної вигоди. Це особливо важливо для країн з низьким економічним рівнем розвитку. Для таких країн до яких, відноситься напревеликий жаль, і Україна. Неefективність переходити на альтернативні холодоагенти можливо аргументувати наступним:

- ні один з альтернативних фреонів, а також холодильних масел до них, не виробляються в Україні, тому, при переході на ці холодоагенти, відчизняні споживачі змушені повністю залежати від закордонних виробників фреону;

- несумісність ряду мінеральних масел з холодоагентами викликають необхідність їх заміни на дорогі гігроскопічні синтетичні масла;

- фреони певного ступені шкідливі, зв'язку з чим необхідно дотримуватися особливих вимог, пред'явлені до розміщених холодильних установок, в яких вони використовуються.

Також експлуатація теплонасосного обладнання, працюючого на нових багатокомпонентних сумішах, потребує високої технічної культури обслуговуючого персоналу. Ускладнюється процедура заправки і дозаправки холодильних агентів. Це обумовлено зміненням першочергового співвідношення холодильних сумішей, в наслідок неминучого витікання холодоагента, що приводить до змін термодинамічних характеристик сумішей і, як наслідок, до порушення умов експлуатації обладнання.

Встановлено найбільш ефективний холодоагент для заміни є R410A оскільки має найвищу у порівнянні із R407C, R134a, R22 об'ємну теплопродуктивність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 176 с.

2. M. O. McLinden, C. J. Seeton, and A. Pearson, “New refrigerants and system configurations for vapor-compression refrigeration,” *Science* (New York, N.Y.), vol. 370, no. 6518, pp. 791–796, 2020, DOI: 10.1126/science.abe3692.

3. T. Bai, G. Yan, and J. Yu, “Thermodynamic assessment of a condenser outlet split ejector-based high temperature heat pump cycle using various low GWP refrigerants,” *Energy*, vol. 179, pp. 850–862, 2019, DOI: 10.1016/j.energy.2019.04.191

4. V. Masson-Delmotte et al., *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press, 2021. [Online]. Available: [HTTPS://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/)

**Снісарчук Дмитро Михайлович** – аспірант групи 144-23а, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Степанова Наталія Дмитрівна** – канд. тех. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Snisarchuk Dmytro M.**—postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Stepanova Nataliya D.**, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ СУШІННЯ ЦУКРУ В БАРАБАННИХ СУШАРКАХ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Досліджено вплив швидкості теплоносія на інтенсивність сушіння цукру-піску в сушарках барабанного типу. Визначено критичну швидкість витання цукрової пудри в сушарці в процесі сушіння.

**Ключові слова:** сушіння, барабанна сушарка, теплоносій, цукор-пісок.

### Abstract

The influence of the speed of the heat carrier on the intensity of drying granulated sugar in drum-type dryers was studied. The critical speed of sugar powder floating in the dryer during the drying process was determined.

**Key words:** drying, drum dryer, coolant, granulated sugar.

### Вступ

Барабанні конвективні сушарки досить широко застосовуються в різних галузях промисловості для сушки шматкових, порошкоподібних, кристалічних та зернистих, матеріалів, найчастіше в крупнотоннажних виробництвах, що зумовлено їх економічністю, великою продуктивністю та високою надійністю в експлуатації [1].

Метою роботи є дослідження методами математичного моделювання впливу швидкості руху теплоносія на параметри процесу сушіння в барабанних сушарках для сушіння цукру при адіабатному випаровуванні води з поверхні сировини.

### Основна частина

Однією з основних вимог, які пред'являються до сушарок, є забезпечення повного збереження, а в необхідних випадках і покращення якості продукту відповідно до його призначення. У зв'язку з цим, конструкція сушарки повинна, передусім, забезпечувати рівномірне нагрівання і сушіння матеріалу за надійного контролю тепловологісних параметрів теплоносія. При цьому повинні бути виключені втрати сировини, пов'язані з її винесенням з відпрацьованим теплоносієм [2].

Аналіз процесу сушіння цукру в барабанних сушарках показує, що найбільший вплив на інтенсивність мають температура сушильного агента і його вологість та швидкість сушильного агента над поверхнею випаровування.

Керувати вологістю сушильного агента досить складно, оскільки забір свіжого повітря проводиться з навколишнього середовища і на його параметри впливають погодні умови.

Підвищення температури теплоносія за якусь межу є небажаним, оскільки, як правило, вона є максимальною для сушіння цукру і її підвищення може призвести до процесу карамелізації, особливо з врахуванням того, що рух теплоносія і сировини (цукру) в барабані є протитоковим.

Збільшення швидкості руху теплоносія підвищує інтенсивність сушки, але можливе до якоїсь певної межі, щоб вище часточок цукру з відпрацьованим теплоносієм не був занадто великим.

Мінімальний діаметр часток цукру, який залишається в масі висушеного цукру дорівнює, в середньому, 100 мкм. Часточок такої величини в масі цукру знаходиться не більше 0,2%. Для визначення максимальної швидкості руху теплоносія, за якої починається витання часточок, можна скористатися законом Ньютона, отримавши з нього швидкість для витання.

$$\omega_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_T - \rho_r)}{3 \cdot \rho_r \cdot \xi}}$$

де  $\xi$  - коефіцієнт опору, для  $Re > 500$   $\xi = 0,44$  [5];

$\rho_f, \rho_t$  – густина теплоносія і цукру відповідно,  $кг/м^3$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $м^2/с$ ;

$d$  – діаметр часток;

$\omega_{вит}$  – мінімальна швидкість, при якій часточки з площею поверхні  $F$  захоплюються потоком.

Значне підвищення швидкості руху може призвести до виносу частини кристалів з сушарки, тому при виборі швидкості руху необхідно проводити розрахунок швидкості початку витання кристалів. Вибрана швидкість руху не повинна перевищувати швидкості витання  $\omega < \omega_{вит}$ .

Разом з тим, відомо [3, 4], що збільшення швидкості руху теплоносія над поверхнею сировини підвищує швидкість та інтенсивність процесу сушіння.

Для дослідження нами виконано числовий експеримент, результати якого представлені на рис. 1.

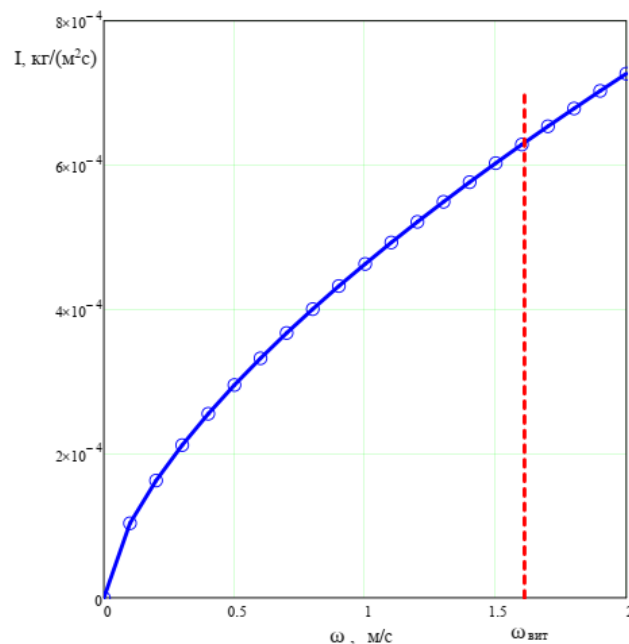


Рис.1 Вплив швидкості теплоносія на інтенсивність сушіння цукру-піску

На рис.1 пунктирною лінією вказана критична швидкість сушіння (максимально можлива без значного виносу цукрової пудри).

З рис.1 видно, що зі збільшенням швидкості теплоносія зростає і інтенсивність сушіння цукру, але це збільшення обмежується критичною швидкістю витання частинок, яка, за нашими розрахунками, для цукрової пудри складає 1,61 м/с.

### Висновки

Змінюючи швидкість теплоносія в барабанній сушарці можна суттєво змінювати інтенсивність сушіння цукру.

Для підвищення швидкості теплоносія найдоступнішими є два способи. Перший – збільшити витрату теплоносія, установивши потужніші вентилятори, але при цьому зростає витрата теплоносія, а це призведе до підвищення енерговитрат і так малоенергоєфективного процесу.

Другий – зменшення прохідного перерізу барабана, що можливо зробити шляхом збільшення висоти скребкових лопаток.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Штангеев, К. О., Сушка цукру та жому в бурякоцукровій галузі. [Електронний ресурс] URL : <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/28354/1/Sugar%20and%20pulp%20drying.pdf> (дата звернення 19.11.2023 р.).
2. Ткаченко, С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навч. посібн. Вінниця, : ВНТУ. 2008. 98с.



3. Співак, О. Ю., «Вплив швидкості теплоносія на інтенсивність сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл» в Матеріали конференції «XLVIII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2019)», Вінниця, 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegr/index/pages/view/zbirn2018> Дата звернення: Лист. 2023.
4. Малезик, І. Ф., Дубковецький, І. В., Стрельченко, Л. В. «Вплив швидкості руху повітря на процес конвективно-терморадіаційного сушіння яблучних снєків», SW, vol 82, no 1, Сер 2018.

Слободян Максим Віталійович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [slobodanmaks55@gmail.com](mailto:slobodanmaks55@gmail.com).

Капусевич Ігор Віталійович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [igorcapusievich22@gmail.com](mailto:igorcapusievich22@gmail.com).

*Співак Олександр Юрійович* – доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [spivak000@gmail.com](mailto:spivak000@gmail.com).

*Maxim Slobodyan* – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [slobodanmaks55@gmail.com](mailto:slobodanmaks55@gmail.com).

*Igor Capusievic* – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [igorcapusievich22@gmail.com](mailto:igorcapusievich22@gmail.com).

*Olexandr Spivak* – associate professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [spivak000@gmail.com](mailto:spivak000@gmail.com).

## ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Наведено актуальність робіт з термомодернізації громадських та житлових будівель. Виконано енергоаудит громадської будівлі, визначені її енергопотреба, енергоспоживання, витрати первинної енергії та викиди парникових газів. Запропоновано заходи, що дозволять досягти енергоефективності, що задовільняє мінімальні вимоги для будівель такого класу.

**Ключові слова:** енергоефективність, енергопотреба, енергоспоживання, витрати первинної енергії, викиди парникових газів

### Abstract

The relevance of works on thermal modernization of public and residential buildings is given. An energy audit of a public building was performed, its energy demand, energy consumption, primary energy consumption and greenhouse gas emissions were determined. Measures are proposed to achieve energy efficiency that meets the minimum requirements for buildings of this class

**Keywords:** energy efficiency, energy demand, energy consumption, primary energy consumption, greenhouse gas emissions

### Вступ. Постановка задачі

Значна частина загального споживання енергоресурсів в Україні відбувається при теплопостачанні будівель. Найбільшою складовою будівель є житлові будинки. Застарілі будівлі мають низькі теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, застарілі системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, електропостачання, тощо.

Проектні будівлі та будівлі, в яких проведена термомодернізація повинні мати енергетичний сертифікат, в якому вказані основні показники енергоефективності будівлі, а саме енергоспоживання будівлі, витрати первинної енергії та викиди парникових газів [1, 2]. Методика розрахунку цих показників деталізована в ДСТУ 9190:2022 [3].

Для існуючих будівель, в яких проведено капітальний ремонт чи реконструкцію показник енергоефективності, а саме питоме енергоспоживання, повинен відповідати мінімальним вимогам до енергоефективності будівель, наведеним в [2].

Метою даної роботи є дослідження впливу енергоефективних заходів термомодернізації громадської будівлі на її енергоспоживання і забезпечення відповідного класу енергоефективності.

### Результати досліджень

Для проведення моделювання ефективності обрана двоповерхова громадська будівля загальною площею 1400 м<sup>2</sup> у Вінницькій області. Термічні опори зовнішніх огорожень будівлі (зовнішні стіни, перекриття неопалюваного горища, перекриття неопалюваного підпілля, вікна, двері) не відповідають вимогам ДБН В.2.6-31:2021 [4]. Розрахункова питома енергопотреба будівлі складає 73,1 кВт·год/м<sup>3</sup>. Питоме енергоспоживання будівлі на потреби опалення та охолодження складає 133,5 кВт·год/м<sup>3</sup>, що відповідає класу енергоефективності G.

Енергоаудит показав характерний розподіл енергоспоживання: система опалення 74%; система вентиляції 2%; система гарячого водопостачання 9%; охолодження 7%; система освітлення та ін. 8%.

Для виявлення доцільності запровадження енергоефективних заходів термомодернізації будівлі використана математична модель, побудована на основі «Методики визначення енергетичної ефективності будівель» [1].

Результати досліджень показані в таблиці.

Для проведення досліджень обрані такі варіанти енергоефективних заходів [4, 5] :

- теплоізоляція зовнішніх стін до рівня термічного опору неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції не менше 4,0 згідно [6];
- заміна світлопрозорих огорожувальних конструкцій з дотриманням термічного опору не менше 0,9 ( $\text{м}^2\text{К/Вт}$ );
- теплоізоляція перекриття неопалюваного горища мінераловатними плитами із забезпеченнями термічного опору не менше 6,0 ( $\text{м}^2\text{К/Вт}$ );
- теплоізоляція перекриття неопалюваного підпілля екструдованим пінополістиролом з досягненням термічного опору не менше 5,0 ( $\text{м}^2\text{К/Вт}$ );
- заміна вхідних дверей на вироби з термічним опором не менше 0,7 ( $\text{м}^2\text{К/Вт}$ );
- балансування системи опалення;
- встановлення індивідуального теплового пункту в будівлі з погодним регулюванням, виконання теплоізоляції магістральних трубопроводів системи опалення, що прокладені і неопалюваного підпілля згідно вимог ДБН [7];
- встановлення локальних систем вентиляції приміщення з рекуператорами.

Таблиця – Результати розрахунку доцільності впровадження енергоефективних заходів

Енергоефективний захід	Інвестиції, тис. грн	Чиста економія, тис.кВт·год/рік	Чиста економія, тис. грн/рік	Термін окупності, років
Теплоізоляція зовнішніх стін	680,3	60,6	217,0	3,14
Заміна світлопрозорих огорожувальних конструкцій	1 195	60,4	216,1	5,53
Теплоізоляція перекриття неопалюваного горища	234,0	91,1	326,1	2,57
Теплоізоляція перекриття неопалюваного підпілля	289,6	76,4	273,6	1,06
Заміна вхідних дверей	50	20,0	71,7	0,7
Балансування системи опалення	103,4	28,9	103,4	1,22
Встановлення індивідуального теплового пункту	260,0	79,0	282,8	0,92
встановлення локальних систем вентиляції	720,	88,4	316,3	2,28
Комплексна термомодернізація будівлі	3 555, 0	330,	1 184,6	3,00

В результаті комплексного впровадження запропонованих заходів розрахований показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, становить  $32,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ . Відповідно до «Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель» при реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин, мінімальною вимогою до енергетичної ефективності будівель є виконання умови, коли загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні для вказаної будівлі не повинен перевищувати  $43,3 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ . Отже, умова виконується, а запропоновані заходи з підвищення енергоефективності будівлі можуть бути рекомендовані до впровадження під час капітального ремонту чи реконструкції будівлі.

## Висновки

Енергоаудит наявного фонду житлових та громадських будівель дозволить виявити шляхи для зменшення енергоспоживання будівель, скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище. Термомодернізація будівель вимагає значних інвестицій і тому вимагає зваженого підходу до підбору енергоефективних заходів. Енергоаудит будівлі, що розглядається в даній роботі показав, що термічні опори огорожувальних конструкцій в 3...7 разів нижче, ніж дозволені сьгоднішніми нормами. Тому питоме енергоспоживання будівлі перевищує показник мінімальних вимоги до енергоефективності в 3,7 рази.

В роботі запропоновано ряд енергоефективних заходів, що стосуються підвищення термічних опорів огорожувальних конструкцій, балансування системи опалення, встановлення теплового пункту з погодним регулюванням, використання локальних систем вентиляції з рекуператорами.

Рівня енергоефективності, що забезпечує виконання Мінімальних вимог до енергоефективності будівель можливо досягти тільки в результаті комплексного впровадження запропонованих заходів. Тоді показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні для даної будівлі становитиме 32,1 кВт·год/м<sup>3</sup>, що менше «Мінімальних вимог ...» при реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин, (43,3 кВт·год/м<sup>3</sup>). Отже, комплекс запропонованих заходів з підвищення енергоефективності будівлі можна рекомендувати до впровадження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/gu/z0822-18#Text>. (дата звернення: 25.10.2023)
2. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, затверджені Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 27 жовтня 2020 року № 260. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (дата звернення: 25.10.2023)
3. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП УкрНДНЦ, 2022.
4. Степанов Д.В. Вплив показників джерела тепlopостачання будівлі на рівень її енергоспоживання та клас енергоефективності./ Д. В. Степанов, О.В. Бабенко, Л.В.Скорозієвська, Р. В. Ящук. Доповідь на МНТК «Енергоефективність в галузях економіки України - 2021», Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14027/11881> (дата звернення: 25.10.2023)
5. Бабенко О. В. Моделювання комплексної дії заходів з термомодернізації будівлі з урахуванням інвестиційних обмежень [Текст] / О. В. Бабенко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова. *Вісник Хмельницького національного університету. серія «Економічні науки»*. 2023. № 1 (314). С. 85-88.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012 р. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-v.2.6-31.pdf> (дата звернення: 25.10.2023).
7. ДБН В 2.5-67:2013 – Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. – К.: Мінрегіон України, 2014. 83 с

**Степанов Дмитро Вікторович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

**Бабенко Олексій Вікторович**, доцент кафедри кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

**Stepanov Dmitro**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

**Babenko Oleksiy**, Associate Professor of the Department of Electrotechnical Systems of Power Consumption and Energy Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [oleksij\\_babenko@ukr.net](mailto:oleksij_babenko@ukr.net)

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*З метою виявлення енергоефективних технологій отримання теплоти та холоду розглянуті і проаналізовані системи тепло- та холодопостачання громадських будівель: централізовані та автономні котельні, теплові насоси, сонячні колектори, системи когенерації з використанням органічного циклу Ренкіна, теплоакумулятори, системи «розумного будинку». Встановлено оптимальну енергоефективну систему тепло- та холодопостачання.*

**Ключові слова:** енергоефективність, холодопостачання, системи тепlopостачання, опалення громадських будівель, енергозбереження, енергоспоживання.

### *Abstract*

*In order to identify energy-efficient technologies for obtaining heat and cold, the heat and cold supply systems of public buildings were considered and analyzed: centralized and autonomous boiler houses, heat pumps, solar collectors, cogeneration systems using the organic Rankine cycle, heat accumulators, "smart house" systems. An optimal energy-efficient heating and cooling system has been installed.*

**Keywords:** energy efficiency, cooling supply, heat supply systems, heating of public buildings, energy saving, energy consumption.

### Вступ

Громадські будівлі - це об'єкти інфраструктури, де люди збираються для виконання певних соціальних, культурних, розважальних чи адміністративних функцій. Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату у таких будівлях і різні пори року забезпечують системи опалення, вентиляції та кондиціонування [1], потребу у теплоносіях для яких забезпечують системи тепло- та холодопостачання. Сучасна система тепlopостачання громадської будівлі включає джерела теплоти та теплові мережі, що забезпечують транспортування теплової енергії у виді гарячої води або пари до теплових споживачів. Системи холодопостачання для громадських будівель використовують різноманітні технології та рішення для забезпечення ефективного охолодження приміщень у теплий період року, що забезпечує оптимальні параметри мікроклімату у них.

Метою роботи є огляд енергоефективних технологій для отримання теплоти і холоду в системах тепло- та холодопостачання громадських будівель.

### Результати дослідження

Системи тепло- та холодопостачання громадських будівель розробляються з урахуванням конкретних потреб і характеристик громадської будівлі. Наведемо деякі загальноприйняті системи забезпечення мікроклімату.

Громадські будівлі часто використовують централізовані системи тепlopостачання та холодопостачання. Такі як центральні котельні, теплові насоси, холодильні станції або інші джерела тепла та холоду, які обслуговують весь будівельний комплекс. Як центральні так і автономні котельні можуть бути побудовані на основі теплогенераторів на різних видах палива, в тому числі і на біомасі.

Теплові насоси або реверсивні холодильні машини можуть використовуватися для як тепlopостачання, так і охолодження. Вони використовують теплоту з природних джерел, таких як ґрунт, вода або повітря, і ефективно перетворюють його в теплоту чи холод для будівлі. Дана

технологія отримання теплоти і холоду в одному устаткуванні є досить перспективним напрямком у сучасній практиці [2].

Сонячні колектори можуть використовуватися для збору сонячної енергії для опалення води чи надання додаткової теплоти для системи теплопостачання.

Деякі громадські будівлі можуть використовувати системи когенерації, які одночасно виробляють теплоту та електроенергію, підвищуючи загальну ефективність. Використовуючи когенерацію на котельнях можна підвищити енергоефективність за рахунок перетворення частини теплової енергії в електричну, яка покриває як власні потреби котла та котельні, так і потреби в електроенергії всієї системи опалення. Такі системи можливі з використанням органічного циклу Ренкіна [3].

Теплоакумулятори можуть використовуватися для накопичення теплоти в періоди низького енергоспоживання та його подальше використання в періоди пікового навантаження. Такі технології можуть використовуватися у системах із сонячними колекторами, котельнями на твердому паливі або електрокотельнях.

Одним з найефективніших способів економії енергії у системах тепло- та холодопостачання є використання систем "розумного будинку", які автоматично контролюють інженерні системи будівлі (опалення, вентиляцію, кондиціонування та освітлення). Електронний інтелект автоматично регулює температуру в приміщенні і переводить будинок у "сплячий режим" на час відсутності власника, тим самим мінімізуючи операції з вентиляції та опалення. Домовласник також може увімкнути всі системи через Інтернет, підготувавши таким чином будинок до приїзду господаря. Звичайно, встановлення та використання таких систем коштує недешево. Однак, оскільки питання енергоефективності стає все більш актуальним з кожним днем, ймовірність того, що муніципальне житло буде обладнано цією системою, зростає.

Основними факторами, що впливають на енергоефективність будівель, є сонячна радіація, температура, вологість і використання відновлюваних джерел енергії. На енергоефективність будівель безпосередньо впливають нормативні та технічні вимоги до сонячної радіації, природного освітлення, акустики, шумоізоляції та вентиляції.

Для забезпечення енергоефективності використовуються спеціальні пристрої, які вимикають опалення, вентиляцію та електроживлення, коли їх немає. Підвищення енергоефективності також досягається за рахунок використання енергозберігаючих ламп, методів автоматизації та будівельних рішень.

Одним з основних споживачів теплової енергії є системи нагріву води. Тому пропонується підвищити енергоефективність та управління попитом на них. Вода грає значну роль в рішенні з використанням відновлювальних джерел енергії. Для організації ефективного енергопостачання будь-якого об'єкта необхідно вирішити такі найважливіші завдання як вимір, відображення, оцінка і оптимізація енергетичних потоків.

Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря (ОВіК) [4]. З огляду на процеси ОВіК, вдосконалені компоненти обладнання, наявні на ринку, можуть встановлюватися, замінюючи існуючі неефективні компоненти. Типова схема системи ОВіК показана на рис. 1. Складові системи ОВіК

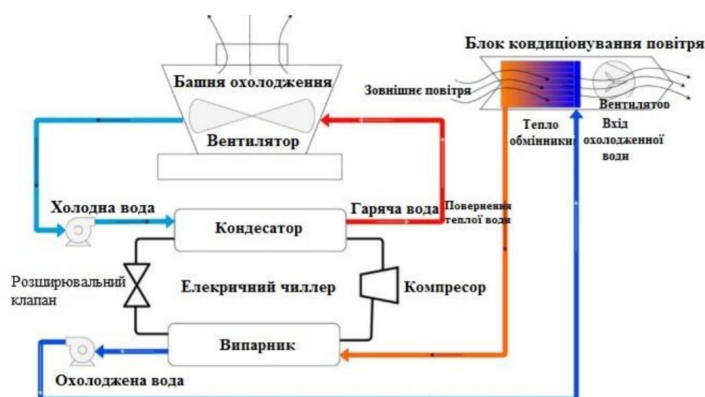


Рисунок 1 – Схема системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВіК)

можна розділити на чотири категорій: вентилятори, охолодження, опалення, насоси. Споживання електроенергії для охолодження та опалення становлять 27% і 17%, відповідно. Насоси і градирні

споживають 16% і 6% відповідно. Заміна двигунів в таких системах може підвищення енергоефективності до 10,4%

## Висновки

Розглянуті і проаналізовані різні системи тепло- та холодопостачання громадських будівель. У результаті аналізу енергоефективності цих систем, можемо зробити висновки, що джерела теплоти такі як водогрійної котельні є доцільними, але й водночас проблемою є те, що в даний час тарифи на енергію постійно підвищуються оскільки зростає вартість палива для теплогенераторів. Водночас виробництво теплоти та холоду на одному обладнанні є перспективним напрямком у системах створення мікроклімату громадської будівлі, оскільки дозволяє використати низькопотенційну теплоту навколишнього середовища із незначним підведенням електроенергії для приводу нагнітального устаткування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67-2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 232 с. URL:[https://e-construction.gov.ua/files/new\\_doc/3074971619479783152/2023-04-06/a17254e7-6897-442c-8ecd-8b1984e4ebee.pdf](https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3074971619479783152/2023-04-06/a17254e7-6897-442c-8ecd-8b1984e4ebee.pdf) (дата звернення 17.11.2023 р)
2. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. № 1. С. 118-122.
3. Щербаков С.В., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Підвищення енергоефективності систем опалення. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 05 - 25 квітня 2021 р.) С. 103 - 105. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/14886> (дата звернення 17.11.2023 р.).
4. Eskom. Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems: Energy-Efficient Usage and Technologies; *Eskom Energy Management Information Pack: Brochure 5*; Eskom Holdings SOC Ltd.: Johannesburg, South Africa, 2015.

4.

**Степанова Наталія Дмитрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)

**Ковтун Катерина Русланівна**, студентка групи ТЕ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [kovtunkata70@gmail.com](mailto:kovtunkata70@gmail.com).

**Ільчук Катерина Петрівна**, студентка групи ТЕ-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [katiailchuk2302@gmail.com](mailto:katiailchuk2302@gmail.com)

**Stepanova Nataliya D.**, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)

**Kovtun Kateryna R.**, student of TE-21b group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [kovtunkata70@gmail.com](mailto:kovtunkata70@gmail.com).

**Ilichuk Kateryna P.**, student of TE-22b group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [katiailchuk2302@gmail.com](mailto:katiailchuk2302@gmail.com)

## ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ НА СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Встановлено, що вибір оптимального з екологічної та економічної точки зору джерела теплоти для промислової парової котельні є доцільним. Проаналізовано техніко-економічні та екологічні показники котельні при спалюванні у парогенераторі природного газу та біомаси. Обрано найбільш оптимальний варіант джерела теплоти для котельні.*

**Ключові слова:** котельня, біомаса, тріска деревини, природний газ, SimaPro

### *Abstract*

*It has been established that the choice of the optimal source of heat for an industrial steam boiler room from an ecological and economic point of view is expedient. The technical, economic and ecological indicators of the boiler house during combustion in a steam generator of natural gas and biomass were analyzed. The most optimal option of the heat source for the boiler room is selected*

**Keywords:** boiler room, biomass, wood chips, natural gas, SimaPro.

### **Вступ**

Переведення промислових газових котелень на спалювання біомаси в сучасних умовах має декілька актуальних аспектів, які враховують екологічні, економічні та соціальні вигоди [1, 2]. Ось деякі з ключових аспектів.

Перший – екологічний, що передбачає зменшення викидів шкідливих речовин, оскільки спалювання біомаси може бути більш екологічно дружнім порівняно з традиційними газовими котельнями, особливо якщо біомаса добувається та обробляється в екологічно стійкий спосіб; оскільки є відновлюваним джерелом енергії, і її згорання викидає стільки ж CO<sub>2</sub>, скільки було поглинуто рослинами під час їхнього росту, що робить процес більш збалансованим в екологічному відношенні.

Другий – доступність біомаси: використання біомаси може дозволити використовувати місцеві відходи та біомасу, що може зменшити залежність від імпортованих енергетичних ресурсів.

Третій – економічна ефективність, оскільки в деяких випадках біомаса може бути економічно вигідною, зокрема якщо вона доступна локально або якщо існують сприятливі умови для її вирощування чи виробництва.

Четвертий - підтримка відновлювальної енергетики і може відповідати вимогам сучасних енергетичних політик та стандартів, спрямованих на зменшення викидів та підтримку відновлювальних джерел енергії.

П'ятий – розвиток сектора біомаси може призвести до створення нових робочих місць, особливо в сільських районах, де може вирощуватися біомаса.



У котельнях України використовуються різноманітні види біомаси для виробництва тепла та енергії, а саме: деревина або деревні відходи (тріска), солома, біопаливні гранули, біогаз, енергетичні культури, паливні брикети, лузга соняшника. Найбільшого поширення набуло спалювання тріски деревини в теплогенераторах для отримання теплоти у вигляді пари або гарячої води.

Оскільки біомаса містить в собі різні мінеральні речовини та неорганічні компоненти. Під час горіння біомаса розкладається на гази, твердий залишок (вугілля) та золу.

Мета роботи: вибір екологічно та економічно доцільного варіанту палива для промислової парової котельні.

### Результати дослідження

Використання природного газу в промислових парогенераторах має ряд переваг: відсутність золи при спалюванні, високий коефіцієнт корисної дії, зручність використання, низькі затрати на обслуговування. На ряду із перевагами є і суттєві недоліки, такі як: залежність від постачальника, висока вартість, обмежений резерв. Тому переведення котельні на місцеві види палива є досить актуальним питанням.

Виконаємо порівняння техніко-економічних показників роботи котельні з парогенераторами на газовому паливі та на біомасі. Враховуючи попередній досвід [3], в якості біомаси обираємо тріску деревини. Результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники парової промислової котельні

Показник	Паливо	
	Природний газ	Тріска деревини
Річне виробництво теплоти, ГДж	141635	
Річна витрата палива	4716,4 тис. м <sup>3</sup> /рік	15259 т/рік
Річні витрати на паливо, тис. грн./рік	175555	56797
Річні експлуатаційні витрати, млн. грн./рік	199,05	73,17
Собівартість виробництва теплоти	1405,6	516,6

Очевидним висновком із табл. 1 є те, що переведення промислової котельні на спалювання біомаси у вигляді тріски деревини є економічно доцільним.

Розглянемо екологічні питання переведення котельні на спалювання біомаси також у порівнянні із газовою котельнею. За допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2 оцінено вплив даних джерел теплоти протягом життєвого циклу на екосистему (Ecosystems), на вичерпання ресурсів (Resources) та на здоров'я людини (Human Health) і загальний вплив. Життєвий цикл прийнято 10 років. Результати представлені на рис. 1.

З рис. 1 видно, що за усіма показниками варіант газової промислової котельні є більш екологічно недоцільним.

Незважаючи на вищенаведені екологічні та економічні переваги переведення котельні на спалювання біомаси існує і недолік – необхідність очищення відхідних газів після парогенератора від золи. Широко відомі методи електростатичного осадження пилу, фільтрації тканинними та рукавними фільтрами з використанням зносостійких матеріалів та методів самоочищення. Але одним з поширених методів очищення повітря та газів у подібних технологічних процесах є використання різноманітних фільтрів циклонного типу [4]. У штучно створеному у межах такого апарату вихровому потоці повітря та газу (циклоні) завдяки дії на тверді та рідкі частки відцентрових сил інерції відбувається їх відокремлення від основного потоку та утилізація у спеціальних бункерах. Ступінь очищення газів може досягати 95%, що вважають досить ефективним з точки зору екологічної безпеки виробництва. Ефективність очищення газу в циклонах в основному визначається дисперсним складом і щільністю частинок пилу, що вловлюється, а також в'язкістю газу, яка залежить від його температури.

Враховуючи витрату димових газів після парогенератора для даної котельні обрано груповий циклон ЦН-15-900х2УП [5].

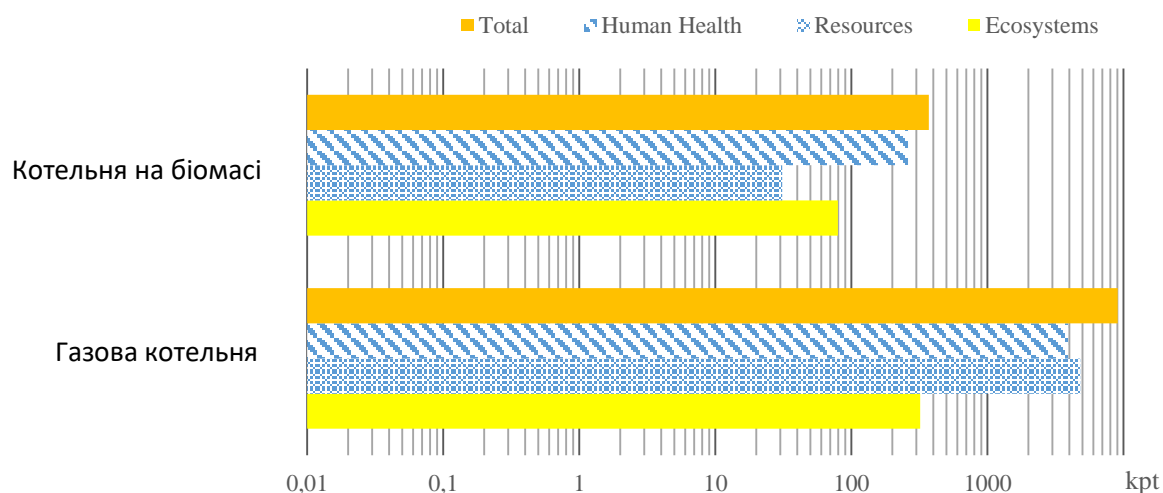


Рис. 1. Показники впливу методів отримання теплоти для технологічних потреб на навколишнє середовище протягом життєвого циклу у екобалах (pt)

### Висновки

В результаті аналізу ключових аспектів заміщення природного газу встановлено, що є вибір екологічно та економічно доцільного варіанту палива для промислової парової котельні є актуальним.

Для природного газу та біомаси у вигляді тріски деревини проаналізовані техніко-економічні та екологічні показники котельні. Встановлено, що найбільш економічно доцільно використовувати як джерело теплоти тріску деревини з твердих порід, оскільки у такому варіанті нижча у порівнянні із газовою котельнею собівартість виробництва теплоти.

Аналогічну картину показала екологічна оцінка за допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2, тобто найменший вплив на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант спалювання тріски деревини із твердих порід.

Тобто з екологічної та економічної точки зору оптимальним варіантом є твердопаливна котельні на трісці деревини із твердих порід, що потребує встановлення системи очищення димових газів від золи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uabio.org/materials/328/>. (дата звернення 18.11.2023 р.)
2. Гелетуґа Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.
3. Степанова Н.Д. Екологічні та економічні аспекти вибору джерела теплоти для котельні / Н. Д. Степанова, Є. С. Ранда, К. П. Ільчук // Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві", Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16695/13863> (дата звернення 18.11.2023 р.)
4. Ляшеник А. В. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі / А. В. Ляшеник, Л. О. Тисовський, Л. М. Дорундяк, Ю. Р. Дадак // Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.9. С. 119-125.
5. Циклон ЦН-15-900х2УП. URL: <https://ventoprom.com.ua/product/cn-15-900-2up-ciklon/> (дата звернення 18.11.2023)

*Степанова Наталія Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний університет, м.Вінниця, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)*

*Глеба Ярослав Олександрович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [yaroslavg1389@gmail.com](mailto:yaroslavg1389@gmail.com)*

*Чорнобай Олександр Сергійович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

**Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)**

*Gleba Yaroslav Oleksandrovych - student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [yaroslavg1389@gmail.com](mailto:yaroslavg1389@gmail.com)*

*Chornobai Oleksandr Sergijovych - student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,*

## ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ КОТЛІВ НА ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЖК».

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Наведено переваги і недоліки роботи різних способів очищення води для парових котлів. Наведено актуальність впровадження системи зворотного осмосу для хіміводоочищення в теплоенергетичному цеху ПРАТ «Вінницький ОЖК». Проаналізовано ефективність використання системи зворотного осмосу.

**Ключові слова:** хіміводоочищення, зворотній осмос, мембрана.

### Abstract

Advantages and disadvantages of various methods of water purification for steam boilers are given. The relevance of the implementation of the reverse osmosis system for chemical water purification in the thermal power plant of PRT "Vinnytsia Oil and fat plant" is presented. The efficiency of using the reverse osmosis system was analyzed.

**Keywords:** chemical water treatment, reverse osmosis, membrane

### Вступ. Постановка задачі

Надійна та ефективна робота парогенераторів в великій мірі визначається водним режимом котла та якістю підготовки води для живлення парових котлоагрегатів [1].

Для теплоенергетичних об'єктів використовується поняття докотлової водопідготовки, яка призначена для забезпечення якості вихідної води (з відкритого джерела, водопроводу, свердловини тощо) до рівня нормативних вимог для такого типу обладнання.

Для парогенераторів кращим варіантом живлення є конденсат відпущеної пари, але на даному підприємстві присутні втрати конденсату, що сягають іноді 50%. Тому є необхідність у підготовці води для підживлення системи. Вибір методу очищення води залежить від різних факторів, наприклад, виду встановленого устаткування, якості вхідної води, типу параметрів парових котлів, фінансової спроможності підприємства [2].

До розчинених домішок, які містяться в технічній воді і негативно впливають на роботу парогенератора, відносяться солі жорсткості. Такі солі призводять до утворення накипу на стінці, а це погіршує тепловіддачу поверхні, відбувається її перегрів і руйнування в подальшому.

### Основна частина

До основних способів пом'якшення технічної води можна віднести:

1. Пом'якшення на Na-катіонітовій смолі;
2. Вапнування;
3. Пом'якшення, зниження загального солемісту на установках зворотного осмосу;
4. Пом'якшення, зниження загального солемісту послідовним пропусканням води через H та OH-іонообмінні фільтри.

Хімічна водопідготовка (ХВО) - основний спосіб водоочистки на ПРАТ «Вінницький ОЖК». Вода з Південного Бугу, яка використовується на ПРАТ «Вінницький ОЖК» з огляду на її якість сьогодні, вимагає серйозної водопідготовки. На даний момент станція хіміводоочищення теплоенергетичного цеху ПРАТ «Вінницький ОЖК» містить триступеневу систему очищення води, що включає механічні фільтри, натрій-катионові фільтри та H-каїнітові фільтри.

Метод іонного обміну на Na-катионітових фільтрах на даний момент є основним способом пом'якшення води для котелень [2]. В фільтрах використовується наповнювач у вигляді гранул, який заміщує іони кальцію і магнію води на іони натрію, що є розчинними і не утворюють накип.

Для отримання високої якості води використовують метод зворотного осмосу, що дозволяє крім

пом'якшення води знизити лужність води, зменшити хлориди або сульфати. «Серцем» системи зворотного осмосу є зворотно-осмотична мембрана. Існує безліч типів і видів зворотно-осмотичних мембран [3].

Після очищення на мембранах зворотного осмосу вода називається «пермеат». Перевагами зворотного осмосу є:

- універсальність методу («чистить» все відразу) – розчинені солі, органіку, мікробіологічні забруднення;
- кольоровість, каламутність, окиснюваність знижується в рази – вода «блищить»;
- надійність методу;
- компактність;
- екологічність – не потрібні ні сіль, ні кислоти, ні луги для регенерації;
- невисока енергоємність в порівнянні з іншими методами знесолення;
- низькі експлуатаційні витрати;
- ремонтпридатність.

Недоліками системи очищення води зворотним осмосом є:

- не підходить для питних цілей – надмірна ступінь знесолення;
- зниження рН перміату;
- необхідність жорсткого контролю вихідного і трансмембранного тиску для виключення поривів (зазвичай автоматично);
- можливість зниження продуктивності і селективності (відсотка видалення солей) через забивання мембран при неправильному розрахунку технологічної схеми;
- потреба в скиданні концентрату (15-30% в залежності від складу води і вимог до перміату);
- необхідність установки бака перміату, щоб уникнути надлишкового протитиску.

Мембранні елементи розрізняються за такими основними параметрами:

- селективність – ступінь очистки води від солей, яка може коливатися від 99% до 99,99%, що в виробництві грає дуже велику роль;
- вихідний вміст солі: від цього параметра залежить чи буде мембрана працювати; якщо мембрана, розрахована на низький солевміст, але буде використовуватися на морській воді – вона швидко вийде з ладу;
- тиск: залежно від якості води – підбирається тиск мембрани, мембрани підрозділяються на зверх-низьконапірні, низьконапірні і високонапірні.

Якість очищення води із системи зворотного осмосу, переважно, залежить від правильності підбору мембранного елемента. Зворотний осмос застосовує тиск, щоб подолати осмотичний тиск, а це сприяє рівномірному розподілу. Зворотний осмос може видаляти розчинені або зважені хімічні речовини, а також біологічні речовини (переважно бактерії), і використовується в промислових процесах. Зворотний осмос утримує розчинену речовину на стороні мембрани під тиском, а очищений розчинник переходить на іншу сторону. Він покладається на відносні розміри різних молекул, щоб визначити, що саме проходить. «Селективні» мембрани відкидають великі молекули, приймаючи менші молекули (наприклад, молекули розчинника – води) [5].

Заміна системи ХВО на систему зворотного осмосу може бути добрим рішенням для покращення якості водопостачання. Система зворотного осмосу здатна видаляти більшість забруднень. Процес водопідготовки, звичайно досить складна й витратна справа, установки системи ХВО, здійснюється з урахуванням витрат на певний технологічний процес, тому встановлення системи фільтрації зворотного осмосу є чудовою альтернативою.

## Висновки

Проаналізована існуюча система підготовки води для живлення парогенераторів на ПрАТ «Вінницький ОЖК». Проведено аналіз переваг і недоліків системи очищення води з використання зворотно-осмотичних мембран.

Вказано, що встановлення системи зворотного осмосу на підприємстві має перелік переваг, таких як покращення якості води для забезпечення виробничих потреб підприємства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко, С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки : навчальний посібник Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.
2. Долінський А.А., Ободович О.М., Сидоренко В.В., Лимар А.Ю. Особливості водопідготовки для котельних. *Теплофізика та теплоенергетика*, 2021, т. 43, №4, С. 17 – 24.
3. Ткаченко Я.Р. Хімоводоочищення води для котельних систем. 2022. С. 171. URL :[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/51644/1/Magistr\\_Tkachenko.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/51644/1/Magistr_Tkachenko.pdf) (дата звернення 20.11.2023)
4. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод. 2017. URL :  
<https://core.ac.uk/download/pdf/83143629.pdf> (дата звернення 20.11.2023)
5. Мальцева Д.Я «Відділення підготовки знесоленої води». URL :  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38868/1/MaltsevaD\\_V\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38868/1/MaltsevaD_V_magistr.pdf) (дата звернення 20.11.2023)

*Степанов Дмитро Вікторович*, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

*Лисюк Денис Ярославович*, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

*Stepanov Dmitro*, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

*Lysyuk Denis*, student on Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОТЛА КОЛВІ-1500 НА РІЗНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Наведено область застосування, переваги і недоліки газових водогрійних котлів. Наведено актуальність врахування та досліджень показників роботи котла КОЛВІ-1500 на зменшених навантаженнях. Проаналізовано номінальну потужність котла при спалюванні в ньому біогазу.

**Ключові слова:** водогрійний котел, ККД котла, навантаження, температура відхідних газів, біогаз.

### Abstract

The field of application, advantages and disadvantages of gas water heating boilers are given. The relevance of considering and researching performance indicators of the KOLVI-1500 boiler at reduced loads is given. The nominal power of the boiler when burning biogas in it was analyzed.

**Keywords:** water heating boiler, boiler efficiency, load, waste gas temperature, biogas

### Вступ. Постановка задачі

В невеликих системах централізованого опалення та системах теплопостачання окремих бюджетних або комерційних організацій (школи, лікарні тощо) зазвичай використовуються газові водогрійні котли, такі як КОЛВІ-1500. Використання газових котлів як джерела теплоти має свої переваги і недоліки. Перевагами є зручність експлуатації та зменшена кількість шкідливих викидів. Недоліки газового палива – його вичерпність, висока ціна та відсутність можливості приєднатись до газової мережі [1, 2].

Промисловий жаротрубний котел КОЛВІ-1500 – водогрійний газотрубний котел, поверхні нагріву якого складаються з циліндричної горизонтальної топки тупикового типу та пучка труб, зварених між передньою та задньою трубними решітками. Теплообмінні поверхні розміщені в водяному об'ємі котла. На верхній твірній корпусу розміщені патрубки для підводу та відводу води. В газотрубному пучку встановлені турбулізатори. Передні двері котла не охолоджуються, але захищені шаром жароміцного бетону. Зовнішня поверхня водяного контуру котла вкрита шаром теплоізоляції. Згідно паспортних даних температура відхідних газів котла не менше 160°C при цьому ККД котла не менше 92% [3].

Особливістю роботи опалювальних систем є значна нерівномірність роботи обладнання протягом сезону. Середнє за опалювальний період навантаження в 2 рази нижче навантаження котельні для розрахункової температури. Із зменшенням навантаження змінюються температурні показники роботи котла і можливі негативні наслідки як для самого котла так і для системи відведення димових газів.

Тому мета даної роботи – оцінити розрахункові показники роботи котла КОЛВІ-1500 при зменшенні навантаження.

### Основна частина

Для дослідження показників роботи котла на зменшених навантаженнях та розрахунку очікуваної потужності котла при спалюванні в ньому біогазу використаний оригінальний програмний продукт для розрахунку водогрійних котлів малої потужності, розроблений на кафедрі теплоенергетики.

Методика розрахунку побудована на рекомендація Нормативного методу теплового розрахунку котлоагрегатів та матеріалах [4, 5].

В початкових даних задавалась змінна потужність котла, а склад природного газу, коефіцієнт надлишку повітря в котлі та конструктивні характеристики елементів котла залишались незмінними.

Результати розрахунків представлені на рисунку.

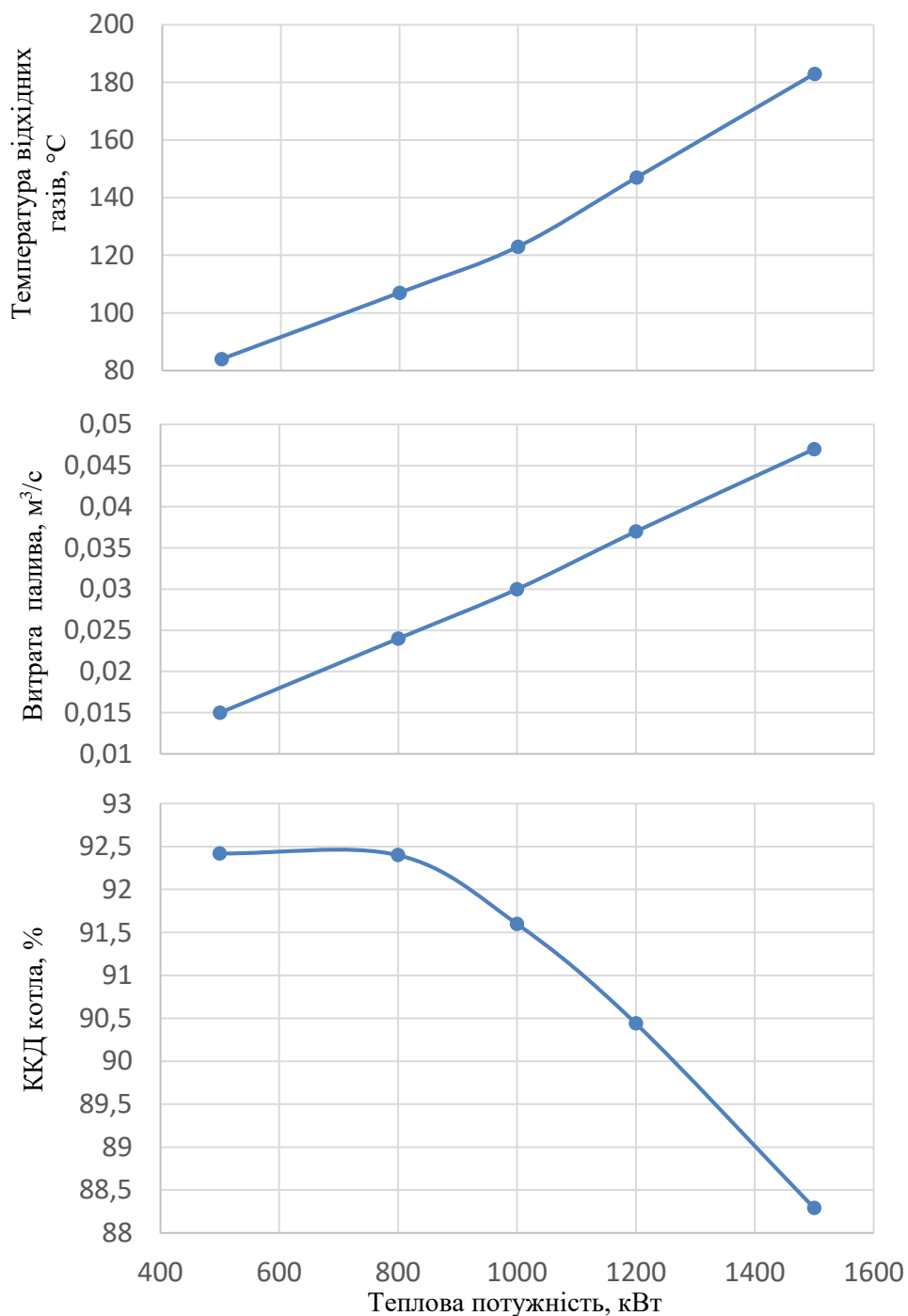


Рисунок – Результати дослідження зміни показників роботи котла КОЛВІ-1500 при зміні його навантаження

Як видно з рисунку при зменшенні навантаження котла зменшується витрата палива і температура відхідних газів. За умов потужності менше 1000 кВт температура відхідних газів складає менше 110°C. Робота в таких умовах може призвести до конденсації водяної пари в котлі або димовій трубі і активізації корозійних процесів.

При зменшенні навантаження котла його ККД зростає з досягненням максимуму на 50% навантаження. Подальше зменшення навантаження призводить до зменшення ККД через зростаючий вплив втрат теплоти через стіни котла.



Ми провели також розрахункові дослідження показників роботи такого котла на біогазі з елементарним складом, наведеним в [6].

Результати досліджень показали, що теплообмінна система котла КОЛВІ-1500 в номінальному режимі може забезпечувати потужність 1250...1410 кВт на біогазі і при цьому температура відхідних газів становитиме 160...180°C.

## Висновки

В роботі проаналізована область застосування, переваги і недоліки газових водогрійних котлів в системах теплопостачання. Вказано на необхідність врахування зміни показників роботи котла при змінному опалювальному навантаженні.

Проведені розрахункові дослідження роботи котла КОЛВІ-1500 при зменшених навантаженнях з використанням оригінального програмного продукту, розробленого на кафедрі теплоенергетики.

В результат досліджень виявлено, що зменшення навантаження до 50% від номінального може призвести до конденсації водяної пари в котлі або димовій трубі та пошкодження елементів котельної установки.

Показано, що така конструкція КОЛВІ-1500 при роботі на біогазі дозволяє забезпечити 1250...1410 кВт теплоти і температура відхідних газів при цьому складатиме 160...180 °С.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. Київ : ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. 232 с.
2. Степанов Д. В., Боднар Л. А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія. Вінниця : Універсум, 2011. 132с.
3. Промисловий жаротрубний котел КОЛВІ-1500. URL : <https://eurokotel.com.ua/ru/gazovye-kotly/promyshlennyj-zharotrubnyj-kotel-1500/> (дата звернення 20.11.2023)
4. Ткаченко, С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки : навчальний посібник Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.
5. Чепурний М.М., Степанов Д.В., Корженко Є.С. Теплові розрахунки парогенераторів. Вінниця : ВНТУ, 2006. 155 с.
6. Ткаченко С.Й. Теплообмінні та гідродинамічні процеси в елементах енергозабезпечення біогазової установки: Монографія / С.Й. Ткаченко, Д.В. Степанов.- Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2004. - 132 с.

*Степанов Дмитро Вікторович*, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

*Мартиненко Віталій Вікторович*, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

*Stepanov Dmitro*, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

*Martynenko Vitaly*, student on Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University

## УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ В КОТЕЛЬНЯХ НА БІОМАСІ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

Обґрунтовано необхідність підвищення ефективності котелень на біомасі з утилізацією низькопотенційної теплоти в температурному діапазоні відхідних газів до 150-300° С. Запропоновано методи утилізації теплоти відхідних газів та проведено їх аналіз.

**Ключові слова:** когенераційна установка, котельня, відхідні гази, конденсація водяних парів, органічний цикл Ренкіна.

### **Abstract**

The necessity of increasing the efficiency of biomass boilers with low-potential heat utilization in the temperature range of waste gases up to 150-300°C is substantiated. Methods of waste gas heat utilization are proposed and analyzed.

**Keywords:** cogeneration unit, boiler house, waste gases, water vapor condensation, Organic Rankine Cycle.

### **Вступ**

Зважаючи на теперішній економічний стан України генерування теплоти для технологічних потреб і потреб тепlopостачання з використанням місцевих відновлюваних джерел енергії є досить актуальним питанням. Таким відновлюваним джерелом може бути біомаса у вигляді відходів деревини. Використання біомаси дозволяє замінити традиційні викопні види палива (вугілля, газ, нафта) та зменшити викиди шкідливих речовин. Це сприяє покращенню якості повітря та зниженню негативно-го впливу на навколишнє середовище. Крім того, використання котелень на біомасі сприяє диверсифікації джерел енергії в енергетичній системі [1], що робить її менш вразливою до коливань цін на енергоносії та геополітичних ризиків.

Під час виробництва теплоти із біомаси в котельнях температура відхідних газів після теплогенераторів в загальному випадку складає 150 – 300 °С залежно від конкретного обладнання та технологій. Утилізація теплоти відхідних газів може бути доцільним для покращення енергоефективності та зниження викидів, але воно також може впливати на загальну ефективність теплогенерації.

Метою роботи є розробка пропозицій, щодо утилізації низькопотенційної теплоти відхідних газів після теплогенераторів, що спалюють біомасу.

### **Результати дослідження**

Аналізуючи наявний тепловий ресурс і сучасні технології в теплоенергетиці нами сформовано такі можливі шляхи утилізації теплоти відхідних газів:

- пряме використання теплоти від відхідних газів у технологічних процесах, які вимагають теплової енергії;
- встановлення теплообмінників-утилізаторів для передачі теплоти від відхідних газів до теплоносія, який може бути використаний для потреб тепlopостачання чи інших процесів;
- встановлення парокompресійних теплових насосів та абсорбційних теплових насосів для вилучення тепла з відхідних газів і передачі його до більш високотемпературного середовища, такого як система тепlopостачання;
- встановлення абсорбційних холодильних машин, може бути важливим для виробництва холоду або кондиціонування повітря в промислових або комерційних процесах;

- встановлення когенераційних установок, де високотемпературні відхідні гази можуть бути використані для нагрівання робочого середовища (наприклад, води чи масла), яке потім передає теплоту турбіні або іншому двигуну для генерації електроенергії [2-5];
- встановлення сушильних установок, де теплота від відхідних газів використовується для сушіння біомаси або інших матеріалів, що може бути важливим процесом у виробництві біомасового палива;
- використання систем The Organic Rankine Cycle-ORC, що забезпечує глибоке охолодження продуктів згоряння і конденсацію водяних парів [6].

Перераховані методи можна комбінувати для максимізації утилізації теплоти від відхідних газів і забезпечення ефективної енергетичної системи. Наприклад, для спочатку знизити температуру відхідних газів у теплообмінниках-утилізаторах, а далі використати теплоту охолоджених газів як низькотемпературне джерело для парокомпресійних теплових насосів.

Широке використання отримують енергетичні установки з низькотемпературним циклом Ренкіна. Згідно із літературними даними коефіцієнт корисної дії таких енергетичних утилізаційних установок становить 0,13-0,17.

Проаналізована теплова схема багатоступеневої теплоутилізаційної енергетичної установки на основі ORC-циклу. Енергетична установка складається з двох силових контурів: продукти згоряння котельного агрегату подаються в утилізатор-випарник і передають теплоту робочій речовині першого силового контуру і виводяться в атмосферу. Пари робочої речовини надходять в першу турбіну, де розширюючись виробляють електроенергію, і надходять у випарник-конденсатор (В-К), де конденсуються і насосом знову подаються у випарник. Так закривається цикл першої робочої речовини. У випарнику-конденсаторі (В-К) проходить випаровування другої робочої речовини. Далі пара робочої речовини другого контуру потрапляє в другу турбіну, де розширюється, обертаючи електрогенератор, потрапляють в конденсатор, де охолоджується атмосферним повітрям або водою, а потім насосом другого контуру знову подається у випарник-конденсатор (В-К), закриваючи цикл. Розрахунки авторів [6] показують, що на отримання максимальної електричної потужності впливають значення тиску і температури пари робочої речовини перед турбіною, витрата робочої речовини, значення мінімального температурного тиску у випарнику і конденсаторі, температура навколишнього середовища, теплофізичні властивості робочого середовища та інші фактори. Актуальною залишається необхідність обґрунтування та вдосконалення теплової схеми котлоагрегату з комбінованою енергетичною установкою, оптимізація параметрів та вибір робочої речовини установки.

Існує багато критеріїв ефективності ORC. При проектуванні енергетичних установок необхідно визначити оптимальні параметри для досягнення компромісу між трьома критеріями – енергетичним, економічним і екологічним.

Якщо розглядати окремо використання теплообмінники-утилізатори, то спосіб і масштаби утилізації теплоти димових газів у них може бути різним. Існують сухі і конденсаційні теплоутилізатори. Порівняльний аналіз конденсаційних і сухих теплоутилізаторів на відхідних газах після котлів на біомасі можна провести, враховуючи ряд факторів:

- ефективність: конденсаційні теплоутилізатори ефективні, оскільки вони використовують теплоту конденсації водяної пари з відхідних газів, а сухі теплоутилізатори менш ефективні в порівнянні з конденсаційними теплоутилізаторами, оскільки вони не використовують теплоту конденсації;
- температура відхідних газів: конденсаційні теплоутилізатори працюють ефективно при високих температурах відходів газів, а сухі теплоутилізатори можуть бути менш ефективними при високих температурах, але можуть працювати при широкому діапазоні температур;
- утилізація вологи: конденсаційні теплоутилізатори здатні ефективно утилізувати теплоту, яке вивільнюється під час конденсації вологи, а сухі теплоутилізатори не використовують конденсацію вологи, і тому можуть не бути такими ефективними;
- матеріали теплообмінників: конденсаційні теплоутилізатори вимагають спеціальних матеріалів для уникнення корозії, оскільки в конденсаті можуть міститися агресивні речовини, а сухі теплоутилізатори висувають менше вимог до матеріалів, оскільки вони не працюють в умовах конденсації;
- обслуговування та експлуатація: конденсаційні теплоутилізатори можуть вимагати більше уваги до деталей обслуговування і поводження з конденсатом, а сухі теплоутилізатори зазвичай потребують менше уваги та обслуговування.

Обираючи між конденсаційними та сухими теплоутилізаторами, важливо враховувати конкретні умови експлуатації, властивості відхідних газів, а також технічні та економічні вимоги проекту.

Досліджуючи теплоутилізаційні установки, було проаналізовано, що використання систем утилізації забезпечує підвищення ККД котла на 3-5% [5]. Однак температура відхідних газів залишається високою і становить 120-250° С, що визначає теплові втрати - близько 6-8%.

Найбільш перспективним напрямком є комбіноване використання тепла відхідних газів - для вироблення електроенергії та теплоти (підігрів води системи гарячого водопостачання).

В результаті випробувань котлів (водогрійних та парових) встановлено [2], що фактичні втрати тепла з відхідними газами становлять 8-10%, а температура відхідних газів становить 250-280° С. Залежно від потужності відомих типів котлоагрегатів теплові втрати становлять від 1 до 10 МВт. Іноземні котельні установки (Buderus, Viessmann) оснащені більш ефективним теплообмінним обладнанням та пальниками. Втрати теплоти з відхідними газами, температура яких становить 120-180° С, нижче 5-8% в залежності від навантаження і підвищуються в процесі експлуатації.

Результати розрахунків підтверджують [5] можливість вироблення електроенергії за когенераційною схемою утилізації теплоти в обсязі, достатньому для покриття власних потреб опалювальної або виробничої котельні.

Проаналізуємо результати вдосконалення теплової схеми котлоагрегату з теплоутилізаційною енергетичною установкою [7], де запропоновано в газоході котла стандартних розмірів розмістити регенеративний теплообмінник і випарник, з'єднані паропроводами з силовим контуром, що включає в себе турбіну, конденсатор і насос. Випарник і регенеративний теплообмінник встановлюються замість повітрянагрівача (1-го і 2-го ступенів) або 2-го ступеня економайзера. При цьому аеродинамічний опір в газоході не збільшується. Конденсатор установки підключений до системи гарячого водопостачання, що забезпечує інтенсивне відведення теплоти.

## Висновки

Встановлено, що загальною метою впровадження утилізації теплоти відхідних газів є створення більш стійких, ефективних та екологічно чистих енергетичних систем на основі біомаси.

Загальний ефект від заходів з утилізації теплоти відхідних газів після котлів на біомасі – забезпечення енергетичної ефективності та оптимізації використання теплоти. Це сприяє максимальному використанню енергії палива та зменшенню викидів шляхом утилізації теплоти димових газів для виробництва різних видів енергії : теплової, електричної, холоду.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Білик С. О. Енергомодернізація промислової котельні. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. Том 29 № 2. С. 108-112.
2. Чепурний М. М., Ткаченко С. И., Бужинський В. В. Розрахунки теплових схем когенераційних установок: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2003. 103 с.
3. Чепурний М. М., Лопатюк Я. В. Нікіфорова К. В. Когенераційні установки на базі ГТУ і опалювальних котелень. *Вісник ВПІ*, 2004. – № 5.– С. 55–58.
4. Чепурний М. М., Ткаченко С. И., Бужинський В. В., Медведєва А. В. Газопарові установки на базі промислових котелень. *Вісник ВПІ*, 2005. № 3. С. 39–42.
5. Чепурний М. М., Куцак О. В. Ефективність роботи газотурбінних тепло-електроцентралей. *Вісник ВПІ*, 2010. № 4. С.1–5.
6. Павловський С. В. Система утилізації теплоти відхідних газів котельних агрегатів. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*. 2014. № 10. С. 27-34.
7. Долінський А. А., Кліменко В. Н. Когенерація – нові потужності для енергетики. *Енергозбереження Поділля*. 2004. № 2. С. 53–59.

**Паламарчук Микола Олександрович**, аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: padamarcukn@gmail.com

**Степанова Наталія Дмитрівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua).

**Храмцов Максим Володимирович**, студент групи ТЕ-2016, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

***Palamarchuk Mykola O.***, postgraduate student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : padamarcukn@gmail.com

***Stepanova Nataliya D.***, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)

***Khramtsov Maksym V.***, student of TE-20b group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ПОВЕРХНІ ТЕПЛООБМІННИКІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Показані результати застосування експериментально-розрахункового методу для визначення площі поверхні теплообміну утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату.*

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, біогаз, теплообмінник, інтенсивність тепловіддачі.

### *Abstract*

*The results of the application of the experimental and calculation method for determining the surface area of the heat exchanger of the waste substrate heat exchanger are shown.*

**Key words:** renewable energy sources, biogas, heat exchanger, intensity of heat transfer.

### Вступ

Світовий розвиток суспільства характеризується зростанням споживання енергоносіїв, що обумовлює пошук нових джерел енергії, а також впровадження відновлюваних джерел енергії. Водночас переробка продуктів виробництва та використання відновлюваних джерел енергії закладені в концепцію сталого розвитку суспільства. Однією з перспективних складових відновлювальної енергетики України є біоенергетика, яка дає можливість перетворити енергію біомаси на теплову та електричну енергію і забезпечує замкнутий цикл виробництва [1-3]. В Україні на сьогодні використовується лише 10% потенціалу біомаси доступної для виробництва енергії загалом у вигляді дров, гранул, брикетів, лушпиння соняшника. Загальний потенціал біомаси становить більше 27 млн. т у.п./рік, а основними складовими є первинні агровідходи: солома, відходи виробництва кукурудзи на зерно і соняшника та енергетичні культури [3–6]. Одним з найдоцільніших способів переробки органічних відходів залишається анаеробне зброджування з виробленням біогазу [7, 8]. Ключовими робочими параметрами біогазових реакторів є температура, рН і ефективність перемішування. Для підтримання температурних режимів в біореакторі (термотолерантний 39...42°C, термофільний 52...54 °C) витрачається значна кількість енергії на власні потреби установки. Термостабілізація реактора та утилізація теплоти вихідної сировини забезпечується теплообмінним обладнанням. Конструктивні розрахунки теплообмінників для систем біоконверсії, переробної і харчової промисловості потребують нових підходів до визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах. Авторами [9, 10] запропоновано експериментально-розрахунковий метод визначення інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах.

Мета роботи – застосувати експериментально-розрахунковий метод визначення інтенсивності теплообміну для розрахунку площі поверхні теплообмінника-утилізатора відпрацьованого субстрату біогазової установки.

### Основна частина

Об'єктом дослідження є біогазова установка для тваринницького комплексу з поголів'ям 2000 свиней. Розрахунками встановлено, що необхідний об'єм біореактора для такого комплексу – 1000 м<sup>3</sup>. Режим роботи біореактора – термофільний. В теплообміннику субстрат, що вивантажується з реактора поступає в спіральний теплообмінник і нагріває субстрат, який поступає на завантаження. Використання утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату дозволить збільшити вихід товарного біогазу до 20 %.

З використанням експериментально-розрахункового методу розроблена математична модель розрахунку спірального теплообмінника-утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату.

Математична модель реалізована в середовищі MathCad і призначена для визначення площі поверхні теплообмінника-утилізатора. Модель є нелінійною, структурною, детермінованою, відносно розмірності простору – одновимірною, відносно часу моделювання – статичною, відносно зміни параметрів – дискретною. Система з 15 лінійних рівнянь розв’язується алгоритмічним методом, а кінцевим результатом є визначення основних конструктивних характеристик теплообмінника.

Особливістю розрахунку утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату є визначення коефіцієнта тепловіддачі від субстрату до стінки теплообмінника. Теплофізичні властивості субстратів не наведені в довідникових даних, а критеріальні рівняння в їх класичному вигляді непридатні для розрахунку інтенсивності теплообміну. Тому математична модель містить блок з ЕРМ для визначення коефіцієнтів тепловіддачі з обох сторін стінки теплообмінника. Початковими даними для розрахунку є: температура відпрацьованого субстрату на вході в теплообмінник; температура субстрату, що завантажується в теплообмінник у теплий та холодний періоди року; температура субстрату, що завантажується на виході з теплообмінника; ширина і висота каналу теплообмінника; витрата субстрату на теплообмінник в разі безперервної дії апарату; коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки; товщина стінки; початковий радіус спіралі теплообмінника. Кінцевими результатами є: температура субстрату, що вивантажується на виході з апарату; коефіцієнт теплопередачі; площа поверхні теплообміну; довжина спіралі теплообмінника; діаметр корпусу апарату. Розрахунками встановлено, що коефіцієнти тепловіддачі від стінки до субстрату змінюються від 210 до 360 Вт/(м<sup>2</sup>К) в діапазоні швидкостей теплоносіїв в теплообміннику 0,6...1,2 м/с, а площа поверхні теплообмінника утилізатора змінюється від 55 до 140 м<sup>2</sup>.

## Висновки

Утилізація теплоти відпрацьованого субстрату в системах біоконверсії дозволяє збільшити вихід товарного біогазу до 20 %.

З використанням експериментально-розрахункового методу запропонована математична модель для визначення площі поверхні теплообміну спірального теплообмінника-утилізатора теплоти відпрацьованого субстрату. Встановлено, що зі зміною швидкості від 0,6 м/с до 1,2 м/с площа поверхні змінюється від 55 м<sup>2</sup> до 140 м<sup>2</sup>.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології Вісник ВПІ, 2020. №2 С. 34-41.
2. 6 екологічних ефектів від реалізації біогазових проєктів. URL: <https://ecolog-ua.com/news/6-ekologichnyh-efektiv-realizaciyi-biogazovih-proyektiv>
3. Біоенергетична асоціація України URL: <https://uabio.org/>
4. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/за ред. Г. Гелетухи. Київ: «Поліграф плюс», 2015. 72 с.
5. Проєкт USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». URL : [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00MD9R.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD9R.pdf)
6. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf>
7. Сфера використання біогазу в Україні: перспективи і реальність. URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/>
8. Біометан – найближча енергетична альтернатива повосної України. URL: <https://e-b.com.ua/biometan-naiblizca-energeticna-alternativa-povojennoyi-ukrayini-5281>
9. Ткаченко С.Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів: монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. Вінниця : ВНТУ, 2017. 124 с.
10. Ткаченко С. Й. Теплообмін в системах біоконверсії / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 124 с.

**Наталія Володимирівна Резидент** – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net)

**Дмитро Романович Шуришин** – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [dima.rubanov.199730@gmail.com](mailto:dima.rubanov.199730@gmail.com)

**Natalia Rezydent** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net)

**Dmytro Shchuryshyn** – master's student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [dima.rubanov.199730@gmail.com](mailto:dima.rubanov.199730@gmail.com)

## ТЕОРІЯ ПОДІБНОСТІ ТА РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Розглянуто використання теорії подібності в конвективному теплообміні. Наведено визначення коефіцієнтів тепловіддачі через розрахунково-експериментальний метод та метод регулярного теплового режиму.*

**Ключові слова:** теорія подібності; коефіцієнт тепловіддачі; розрахунково-експериментальний метод; регулярний тепловий режим.

### *Abstract*

*The use of the similarity theory in convective heat exchange is considered. The determination of heat transfer coefficients using the calculation-experimental method and the regular thermal mode method is given.*

**Keywords:** similarity theory; heat transfer coefficient; calculation and experimental method; regular thermal mode.

### Вступ

Конвективний теплообмін – складне явище, яке описується системою диференціальних рівнянь. Беручи до уваги незначну складність диференціальних рівнянь конвективного теплообміну і умов однозначності, які містять велику кількість змінних, аналітичний розв'язок не можна отримати для загального випадку. Вирішення даного питання можливе із застосуванням теорії подібності. Теорія подібності широко використовується в інженерії для розв'язання задач, пов'язаних з теплообміном, гідродинамікою, масообміном та іншими процесами. Вона дозволяє використовувати результати вимірювань або досліджень в одній системі для прогнозування поведінки аналогічних систем з іншими параметрами чи умовами [1].

Теорія подібності не дає розв'язку, а тільки дає змогу узагальнювати експериментальні дані. Теорія подібності є теорією експерименту, і тому її значення особливо велике для наукових областей, основою яких є експеримент чи цифрове рішення. До такої області відноситься і конвективний теплообмін.

Метою роботи є дослідження методики визначення регулярного теплового режиму в рідиннах.

### Основна частина

Математичний опис процесів конвективного теплообміну складається з повної системи диференціальних рівнянь, додаються умови однозначності, додається диференціальне рівняння тепловіддачі. Теорію подібності застосовуємо для визначення регулярного теплового режиму (РТР) - процесу теплопровідності, під час якого поле надлишкової температури залишається подібним при зміні часу. Поняття регулярного теплового режиму обґрунтовано тільки для твердого тіла та систем твердих тіл [2,3]. Для рідин, нам невідомі джерела інформації, в яких виявлено та встановлено існування регулярного теплового режиму в процесі нестационарного теплообміну.

Розглянемо методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі. Перший метод - розрахунково-експериментальний. Він базується на визначенні коефіцієнта тепловіддачі за допомогою критеріальних рівнянь. Достовірність визначення експериментальних коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha_2$ , залежить від правильного вибору критеріальної залежності, яка описує умови теплообміну в цій конкретній установці, тобто залежить від правильності визначення  $\alpha_1$ . Важливим фактором є правильність визначення режиму течії, визначальної температури та лінійного розміру та вибору



критеріального рівняння у відповідності до діапазону.

В залежності від режиму течії, визначаємо критерій Нуссельта за [4]

при  $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$  (ламінарний режим)

$$Nu = 0.76 \cdot (Gr \cdot Pr_p)^{0.25} \cdot \frac{Pr_p^{0.25}}{Pr_{ст}}$$

при  $Gr \cdot Pr > 10^9$  (турбулентний режим)

$$Nu = 0.15 \cdot (Gr \cdot Pr_p)^{0.33} \cdot \frac{Pr_p^{0.25}}{Pr_{ст}}$$

де  $Gr_2$  – критерій Грасгофа;

$Pr_p$  – критерій Прандтля для середньої температури досліджуваного рідинного;

$Pr_{ст}$  – критерій Прандтля для досліджуваного рідинного середовища по температурі стінки

Далі знаходимо коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2$

$$\alpha_2 = \left( \frac{1}{\kappa_{експ}} - \frac{l}{Nu \cdot \lambda} - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \right)^{-1}$$

де  $l$  – визначальний розмір;

$\lambda_{ст}$  – теплопровідність стінки теплообмінної поверхні;

$\delta_{ст}$  – товщина стінки теплообмінної поверхні;

$\kappa_{експ}$  – експериментальний коефіцієнт теплопередачі.

Важливим аспектом при розрахунку коефіцієнта тепловіддачі є правильне визначення температури стінки. Раніше для визначення температури стінки, обов'язковою умовою було вмонтування термопари в середину стінки. При монтажі термопари потрібно було дотримуватися низки вимог.

Розглянемо другий метод визначення коефіцієнтів тепловіддачі - метод регулярного теплового режиму. Визначення коефіцієнта тепловіддачі відбувається через темп охолодження (нагріву). Темп, являє собою відносну швидкість зміни температури у тілі.

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_2 = \left( \frac{1}{\kappa_{експ}} - \frac{mCp}{F\psi} \right)^{-1}$$

де  $\psi$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу температур;

$F$  – площа циліндричної посудини, м<sup>2</sup> ;

$m$  – темп охолодження (нагрівання) дослідного рідинного середовища;

$C$  – теплоємність рідинного середовища, Дж/(кг·К).

Використання методу РТР в розрахунках спрощує конструкцію установки, підвищує її надійність роботи та розширює можливості експериментальних досліджень.

## Висновки

Розглянуто методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі розрахунково-експериментальним методом та методом регулярного теплового режиму. Застосування методів регулярного теплового режиму дає змогу прогнозувати коефіцієнти тепловіддачі, визначати еквівалентні коефіцієнти

теплопровідності в реальних умовах теплообміну, що поглиблює знання про механізми теплообміну у в'язких рідинних середовищах, підвищує точність оцінки інтенсивності теплообміну.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплопередача елементами масообміну (теорія і практика процесу) [Електронний ресурс] : електронний посібник / В. Р. Кулінченко, С. Й. Ткаченко. – Режим доступу: <http://posibnyku.vntu.edu.ua/tep/index.htm>. — Дата звернення: 18.11.20223.
2. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим / Г. М. Кондратьев. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408
3. Теплопередача : учебн. для вузов / В. П. Исаченко . – 3-е изд. доп. – М. : Энергия, 1975. – 488 с.
4. М. А. Міхеєв, І. М. Міхеєва, Основи теплопередачі, изд. 2-е, стереотип: Энергия, 1977, 344 с.

**Горовенко Яна Сергіївна** – аспірантка кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [yanagorovenko98@gmail.com](mailto:yanagorovenko98@gmail.com).

**Ткаченко Станіслав Йосипович** – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com).

**Horovenko Yana S.** – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [yanagorovenko98@gmail.com](mailto:yanagorovenko98@gmail.com)

**Tkachenko Stanislav Yosypovych** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com)

## STUDY ON WASTE BATTERIES STORAGE

Vinnytsia National Technical University

### **Abstract**

*Thesis analyzes methods of waste batteries storage. Different types of waste batteries are analyzed. Storage methods during transportation of waste batteries are discussed.*

**Keywords:** waste battery, storage, waste.

### **Introduction**

As batteries recycling facilities are being built and batteries collection schemes are being introduced, safe storage of waste batteries is a relevant task. The storage methods of waste batteries are divided into: isolated storage and separated storage. Considering the environmental pollution control and safety protection during the storage process of waste batteries, requirements have been proposed for different storage methods in terms of average storage capacity per unit area, maximum storage capacity in a single storage area, storage area spacing, channel width, wall spacing width, etc. [1].

### **Results**

#### *Waste batteries classification*

Storage methods depend on type of waste battery. According to different storage requirements and whether they belong to hazardous waste, waste batteries can be divided into ordinary waste batteries, explosive waste batteries, and hazardous waste batteries. According to the latest national hazardous waste inventory implemented by various countries, mercury containing waste, cadmium containing waste, and lead containing waste belong to hazardous waste. Therefore, waste batteries containing mercury, cadmium containing waste batteries, lead-acid waste batteries, and their scraps are classified as hazardous waste batteries. Lithium primary batteries, especially lithium thionyl chloride batteries, are prone to explosion, so these types of batteries are classified separately. Other waste batteries are classified as ordinary waste batteries.

#### *Storage during transportation of waste batteries*

The transportation of waste batteries should consider both environmental pollution and safety factors. The cross-border transfer of waste batteries belonging to hazardous waste should comply with the requirements of the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. In China, for example, transfer of batch waste batteries should comply with the "Management Measures for Hazardous Waste Transfer Coupons" and relevant regulations [2]. During transportation, it is not allowed to discard batteries arbitrarily in the environment, and there are requirements for transportation vehicles and personnel in the standard.

For mercury containing batteries, cadmium containing batteries, lead-acid batteries, etc., they must be transported as hazardous waste. Regardless of the transportation method used, they must be transported in sealed containers to prevent leakage. During transportation, it is necessary to correctly label according to relevant requirements and use common symbols, colors, and meanings to warn of their corrosiveness and danger.

Drivers and transportation personnel should be trained: those handling hazardous waste should receive training in emergency rescue, including fire prevention, leak prevention, and how to contact emergency response personnel. In addition, they should know what type of hazardous materials they are transporting and how to handle them. Personal protective equipment should be equipped during transportation: Personal protective equipment should be provided to transportation personnel and they should also be trained on how to use this equipment in case of an accident. Transport should follow a predetermined route and schedule, and provide early warning for potential accidents or special issues that may occur during the transportation of hazardous waste.

The main problem during the transportation of waste lead-acid batteries is electrolyte leakage. These

electrolytes may leak out of waste batteries, and measures need to be taken to avoid accidents, and emergency actions should be taken in case of an accident. Transportation may cause the battery to be positioned upside down, including damage to the casing, which may cause electrolyte to flow out. Therefore, it is required to provide a sealed container that is resistant to mechanical impacts and acids. The container must be placed properly during transportation: the container should not slide. Therefore, in order to avoid this problem, it is necessary to tie it tightly and place it neatly.

#### *Case study of lead-acid batteries*

For primary waste batteries such as zinc manganese batteries, alkaline zinc manganese batteries, lithium primary batteries, and secondary waste batteries such as lithium-ion batteries and nickel hydrogen batteries, they are all general waste batteries. If they have not been disassembled, then they can be stored in PET plastic tanks or iron drums. Waste electrode materials, leftover materials, waste residue, etc. are in the form of scrap or slag. For convenience, they can be stored in plastic woven bags or iron barrels. Waste lead-acid batteries should first be emptied into a waste liquid collection container, and then stored in a PET plastic tank, with hazardous waste labels attached [3].

Due to the unique nature of waste lead-acid batteries, the following requirements are also applied to storage facilities:

(1) The storage point must have an acid resistant ground isolation layer to facilitate the interception and collection of any leaked liquid.

(2) There should be sufficient wastewater collection systems to collect spilled solutions.

(3) There should be only one entrance, and in general, this entrance should be closed to avoid the spread of dust.

(4) It should have an air collection and exhaust system to filter lead-containing dust in the air and recirculate the air;

(5) Suitable fire protection devices should be installed.

### **Conclusion**

During the storage of commonly used batteries, it is necessary to follow the standards established by each country to ensure environmental protection and safe storage in order to prepare batteries for the next step of metal recycling. The storage method depends on the type of waste battery.

### **REFERENCES**

1. Liu Huili. Research on the Recycling System of Waste New Energy Power Batteries. Shanghai: Shanghai Second University of Technology, 2020.
2. Zhu Lingyun, Chen Ming. Research on the reverse logistics model and recycling network of waste power batteries. China Mechanical Engineering, 2019, 30 (15): 1828-1836.
3. Wang W., Wu Y. An overview of recycling and treatment of spent LiFePO<sub>4</sub> batteries in China. Resources, Conservation and Recycling, 2017, 127, 233-243.

**Sun Xiaodong** – PhD student, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 243660941@qq.com

**Ishchenko Vitalii** – Ph.D., Head of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

## ПОВОДЖЕННЯ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ В ЄС

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі проаналізовано поведження з небезпечними відходами у Європейському Союзі. Зокрема, головними сферами утворення небезпечних відходів у ЄС визначено збирання, обробку та захоронення відходів; будівництво; побутовий сектор, хімічна та медична галузі.*

**Ключові слова:** відходи, небезпечні відходи, поведження з відходами.

### *Abstract*

*The paper analyzes the hazardous waste management in the European Union. In particular, the main areas of hazardous waste generation in the EU are defined as collection, processing and disposal of waste; construction industry; household sector, chemical and medical industries.*

**Keywords:** waste, hazardous waste, waste management.

### Вступ

Небезпечні відходи викликають велике занепокоєння через потенційні ризики, які вони становлять для людей і навколишнього середовища, якщо вони накопичуються на різних етапах ланцюжка створення вартості та якщо ними не управляють належним чином. З цієї причини небезпечні відходи підлягають обмежувальному та широкому регулюванню як у Європі, так і в усьому світі [1]. Запобігання утворенню відходів має найвищий пріоритет в ієрархії відходів, за яким йдуть підготовка до повторного використання, переробка та інше відновлення, а утилізація є найменш бажаним варіантом. Ієрархія відходів є основоположним принципом національної політики щодо відходів [2].

### Результати дослідження

Найбільші обсяги небезпечних відходів виявлено у сфері поведження з відходами, під час збирання, обробки та захоронення відходів. Ці обсяги значно зросли протягом останніх 10 років, що вказує на зрушення в управлінні відходами в бік більшої переробки та інших операцій з відновлення, які, у свою чергу, створюють відходи, такі як залишки обробки відходів.

Другою за величиною галуззю утворення небезпечних відходів є будівництво. Однак цей сектор є нестабільним, оскільки він чутливий до економічних циклів. У 2010 році наприклад, зареєстровані обсяги небезпечних відходів різко впали після економічного спаду в попередні роки. Наприклад, в ЄС в середньому суми небезпечних відходів, які утворюються в цьому секторі, знизились з 38 кг на людину в 2008 році до 32 кг на людину в 2010 році [3].

Сектор гірничої промисловості та розроблення кар'єрів є третім сектором, який утворює велику кількість небезпечних відходів. Зареєстроване середнє європейське значення для цього сектора становило 27 кг на людину зі значними національними варіаціями. Болгарія мала найвищий показник (1816 кг на людину) через інтенсивну видобувну діяльність [3].

Побутовий сектор, важливе джерело небезпечних відходів, утворює приблизно п'яту частину всіх небезпечних відходів у Європі, і обсяги, що надходять із цього сектора, зростають. Статистичні дані вказують на збільшення з 6 до 7 кг на людину. Цю тенденцію до зростання частково можна пояснити тим, що більше відходів розділяється, що дозволяє краще ідентифікувати небезпечні відходи та, як наслідок, краще звітувати. Іншою причиною може бути запровадження, перегляд та виконання спеціального законодавства та цілей щодо відходів електричного та електронного обладнання, але також загалом зростаюча кількість утилізованого електричного та електронного обладнання, одного з потоків відходів, що зростає найшвидше. Крім того, у деяких країнах небезпечні відходи з домогосподарств включають, серед іншого, старі транспортні засоби, приблизно 46% яких утилізуються в цих країнах. Статистичні дані слід сприймати з обережністю, оскільки ці елементи не враховуються в побутовому секторі в усіх проаналізованих країнах.

Іншими важливими джерелами небезпечних відходів є хімічні та медичні відходи. Згідно з даними

Євростату [3], 60 % хімічних відходів генерується у виробничому секторі, зокрема, виробництво коксу та рафінованої нафти, виробництво хімічних, фармацевтичних, гумових та пластмасових виробів, а також діяльність зі збору, обробки та утилізації відходів. Медичні відходи в основному надходять із сфери послуг (також більше 60%).

### Висновки

Головними сферами утворення небезпечних відходів у ЄС визначено збирання, обробку та захоронення відходів; будівництво; побутовий сектор, хімічна та медична галузі. Запобігання утворенню відходів може бути реалізовано різними способами. Орієнтація на джерело утворення відходів зменшує їх кількість і токсичність, перш ніж переробка, компостування, рекуперація енергії або захоронення стануть варіантом. Проте запобігання утворенню відходів також охоплює заходи щодо зменшення негативного впливу відходів на здоров'я людини та навколишнє середовище.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оптимізація системи інтегрованого управління твердими побутовими відходами у Вінницькій області : монографія [Електронний ресурс] / В. Г. Петрук, В. А. Іщенко, Р. В. Петрук. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 111 с..
2. Іщенко В.А. Оцінка потоків небезпечних побутових відходів в Україні // Вісник ВПІ. – 2022. – № 4. – С. 13-18..
3. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat>

**Іващук Ігор Валерійович** – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: igorexa2030@ukr.net

**Іщенко Віталій Анатолійович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

**Ivashchuk Igor V.** — PhD student, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: igorexa2030@ukr.net

**Ishchenko Vitalii A.** — Ph.D., As.Prof., Head of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

## УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі проаналізовано поводження з відходами паперового виробництва. Тверді відходи в основному утворюються під час варіння целюлози, роботи знежирювальних установок та очищення стічних вод. Розглянуті методи мінімізації утворення відходів, а також рекомендації для підприємств целюлозно-паперового виробництва.*

**Ключові слова:** відходи, папір, поводження з відходами.

### *Abstract*

*The paper analyzes the waste management in paper production. Solid waste is mainly generated during the pulping process, operation of degreasing plants and wastewater treatment. Methods of minimizing waste generation are discussed, as well as recommendations for paper production companies are analyzed.*

**Keywords:** waste, paper, waste management.

### Вступ

Різноманітні процеси в целюлозно-паперовій промисловості призводять до утворення різних твердих відходів і шламів. Тверді відходи в основному утворюються під час варіння целюлози, роботи знежирювальних установок та очищення стічних вод [1]. Кількість і склад твердих відходів залежать від сорту паперу, що виробляється, використовуваної сировини, застосовуваних технологічних прийомів і властивостей паперу, яких необхідно досягти. Значні потоки залишкових відходів целюлозно-паперових комбінатів включають шлами очищення стічних вод, вапняний шлам, вапно, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шрот, відходи зеленого розчину, котельної та пічної золи, шлам скрубєрів та відходи деревообробки. У перерахунку на об'єму, більшість твердих або рідких відходів – це відходи переробки стічних вод, хоча відходи деревини також утворюються у великих кількостях.

### Результати дослідження

Ефективна програма мінімізації відходів паперового виробництва може зменшити витрати, зобов'язання та регуляторний тягар поводження з небезпечними відходами, водночас потенційно підвищуючи ефективність, якість продукції та відносини з громадою. Методи мінімізації утворення відходів, які можуть допомогти зменшити кількість небезпечних відходів включають:

- планування та послідовність виробництва;
- налагодження або модифікація процесу/обладнання;
- заміна сировини;
- запобігання втратам і ведення господарства;
- сегрегація та розділення відходів;
- переробка відходів;

Що стосується ієрархії відходів, то багато паперових фабрик ставлять перед собою завдання використовувати високий рівень вторинного волокна, відновлювати і переробляти волокно відповідно до специфікацій виробництва паперу [2] і, в той же час, зменшувати утворення відходів. Якщо не вдаватися до вибору первинних або низькозабруднених джерел вторинної сировини, то в умовах таких обмежень для підприємств залишаються наступні варіанти:

- максимізація виходу волокна з вторинної сировини, тим самим зменшуючи втрати сировини у вихідному середовищі;
- зменшення втрат сировини з теплоносієм шляхом закриття млинових систем;
- інженерний папір, який можна переробляти без утворення відходів під час виробництва;
- модернізація методів обробки паперу для збільшення обсягів повторного використання шламу;
- впровадження екологічно чистих методів переробки в пакуванні та поліграфії.

## Висновки

Законодавство обмежує можливість захоронення відходів паперового виробництва на полігонах, хоча й не забороняє використання звалищ на території підприємств. Через велику кількість відходів, що утворюються, високий вміст вологи у відходах і мінливий склад деякі методи утилізації є занадто дорогими, а їхній вплив на навколишнє середовище – невизначеним. Термічні процеси, газифікація і піроліз здаються цікавими новими варіантами, хоча все ще існує потреба в удосконаленні технологій застосування осаду. Інші методи, такі як гідроліз для отримання етанолу, мають ряд переваг (використання вологого осаду і застосування кабельних технологій до осаду), але вони недостатньо розвинені для целюлозно-паперових шламів. Тому на даний момент мінімізація утворення відходів все ще має найвищий пріоритет.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шепелюк, І. Р., Шепелюк, О. О., Салдан, Р. Й., & Лютий, П. В. (2014). Напрями використання скопу целюлозно-паперового виробництва. Науковий вісник НЛТУ України, 24(9), 171-174.
2. Романенко, Т. Б., Зіновчук, Н. В. (2021). Перспективи використання побічних продуктів картонно-паперового виробництва у сільському господарстві. Збалансоване природокористування, (3), 96-102.

**Лисенко Владислав Олександрович** – студент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vlad93352@gmail.com

**Іщенко Віталій Анатолійович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

**Lysenko Vladyslav O.** — student, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vlad93352@gmail.com

**Ishchenko Vitalii A.** — Ph.D., As.Prof., Head of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua



## ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ФУНКЦІЇ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі оцінена необхідність збереження екологічної функції захисних лісових насаджень від негативного впливу природних та антропогенних факторів на території України.*

**Ключові слова:** захисні лісові насадження, полезахисні лісові смуги, негативний вплив, природні фактори, антропогенні фактори.

### *Abstract*

*The paper assesses the necessity of preserving the ecological function of protective forest plantations against the negative impact of natural and anthropogenic factors on the territory of Ukraine.*

**Key words:** protective forest plantations, protective forest strips, negative impact, natural factors, anthropogenic factors.

### Вступ

Штучні захисні лісові насадження (ЗЛН) – полезахисні лісові смуги у вигляді стрічок, які слугують для захисту ріллі і сільськогосподарських культур від впливу шкодочинних природних і антропогенних чинників.

Головне призначення полезахисних лісових смуг – вітроломне, зниження швидкості вітру на прилеглих полях. Під захистом лісових смуг, насамперед, зменшується швидкість вітру (суховіїв, вітрів хуртовинних та холодних, пилових бур), а потім поліпшуються інші елементи мікроклімату, проходить снігозатримання, захищається ґрунт від дефляції, зберігається і покращується родючість ґрунту, підвищується врожайність сільськогосподарських культур.

### Результати дослідження

В Україні площа еродованих земель займає 18,5 млн га (31% території держави), у тому числі сильно еродовані - 6,23 млн га (які необхідно вивести з ріллі і одну половину залісити, а другу - залужити), дефліровані — 5,5 млн га, яри — 362 тис. га. Водна і вітрова ерозія ґрунтів ускладнюється посухами і суховіями. Останні десятиліття два-три роки з п'яти є посушливими. В результаті ерозії ґрунтів держава втрачає щорічно понад 10-12 млн т зерна. В Україні на сільськогосподарських землях створено 1,4 млн га захисних лісових насаджень, в т.ч. полезахисних лісових смуг (ПЛС) - 440 тис. га. Проте їх оптимальна площа повинна становити: ЗЛН - близько 5 млн га, в т.ч. ПЛС - 900 тис. га, або відповідно в 4 і 2 рази більше наявної. Нині середня загальна лісистість території України складає 15-17 %, а необхідно — близько 25 % [1-3].

Захисні лісові насадження виконують функцію захисту навколишнього природного середовища й інженерних об'єктів від негативного впливу природних та антропогенних факторів, зокрема й лісові насадження лінійного типу (полезахисні лісові смуги, державні захисні лісові смуги, лісові смуги вздовж забудованих територій населених пунктів).

Захисні лісові смуги згідно чинного законодавства поділяються на (приклади наведені на рис. 1): приполонинні, вздовж залізниць, вздовж автомобільних доріг державного значення, полезахисні лісові смуги, байрачні ліси, степові переліски.

Важливим показником, який характеризує вплив лісових смуг на прилеглі сільськогосподарські угіддя, є полезахисна лісистість – відношення площі всіх категорій лісових смуг до площі полів, захищених ними. Нині середня полезахисна лісистість рівнинної території України становить майже 1,4%, а необхідна оптимальна має бути в середньому 3%. Для умов Полісся

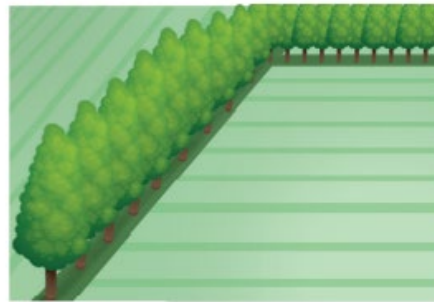
оптимальна полезахисна лісистість має становити 2%, Лісостепу – 3%, Степу (залежно від ґрунтових умов) – 4-6%. На піщаних і супіщаних ґрунтах цей показник збільшується у 1,5-2 рази [1-3].

Конструкція лісової смуги визначається будовою її повздовжнього вертикального профілю в листяному стані, що визначає її аеродинамічні властивості. Згідно з ДСТУ 48-74:2007 виділяють наступні конструкції лісових смуг [1]:

- продувна із просвітами площею понад 60% і до 10% відповідно в нижній та верхній частині повздовжнього вертикального профілю;
- щільна майже без просвітів (до 10%) на всьому повздовжньому вертикальному профілю;
- ажурна з рівномірно розташованими просвітами площею від 15 до 35% за всім повздовжнім вертикальним профілем;
- ажурно-продувна із просвітами площею понад 60% у нижній приземній частині повздовжнього вертикального профілю і площею від 15 до 35%, рівномірно розташованими у верхній частині.



а)



б)



в)



г)



д)



ж)

Рисунок 1 - Захисні лісові смуги:

- а) приполонинні; б) полезахисні; в) вздовж залізниць; г) вздовж автомобільних доріг державного значення; д) байрачні ліси; ж) степові переліски

Ефективність захисних лісових насаджень значною мірою залежить від складу деревних та чагарникових порід. найбільш цінними породами є ті, які переносять жорсткі мікрокліматичні умови характерні для смугових насаджень.

Породи деревних рослин для захисних лісових насаджень ділять на основні та супутні.

Головні породи утворюють основний верхній ярус, від їхньої висоти та форми крони залежать аеродинамічні якості лісової смуги. Вони повинні бути найбільш стійкими і довговічними (акація біла, береза повисла, в'яз приземкуватий, дуб черешчатий, модрина сибірська, сосна звичайна та ін.).

Супутні породи – допоміжні, займають другий ярус (клен гостролистий, клен татарський, липа дрібнолиста, груша звичайна або лісова, в'яз звичайний та ін.). Вони заповнюють профіль лісосмуги, покращуючи її аеродинамічні якості, та сприяють створенню умов для зростання та розвитку головної породи.

До складу лісосмуг вводять чагарники, які сприяють поліпшенню росту головних і супутніх порід, пригнічують бур'яни.

Результати досліджень властивостей ґрунту свідчать про позитивний захисний вплив лісонасаджень. На початкових етапах росту захисних лісових насаджень, відбуваються активні зміни у верхніх шарах ґрунту, які потім, поширюються вглиб ґрунтового шару. Ґрунти поліпшуються внаслідок інтенсивного розвитку кореневих систем (їхньої розпушуючої дії), а також завдяки нагромадженню органічної речовини (лісової підстилки) та активної діяльності ґрунтової фауни.

Відсутність лісівничого догляду за захисними насадженнями призводить до того, що лісові смуги втрачають агролісомеліоративні функції і, як результат, знижується врожайність сільськогосподарських культур, підвищується водна та вітрова ерозія ґрунтів польових угідь. Недоглянуті належним чином лісосмуги втрачають свої продувні (вітроломні) та водорегулюючі властивості внаслідок порушення їх конструкції. Потоки повітря не проходять крізь них, а огинають деревно-чагарникові насадження, і вітер видуває родючий шар ґрунту з окремих ділянок поля та переносить його в надлишковій кількості на границі полезахисних лісонасаджень. Крім того, в одних частинах поля виникає надлишок вологи, а в інших – нестача.

### Висновки

В Україні виникла необхідність провести глибоку реконструкцію та відновлення захисних лісових насаджень. Така робота повинна виконуватися згідно науково-обґрунтованих рекомендацій в рамках спеціальної Державної Програми, що повинна бути розроблена на основі Концепції сталого розвитку агролісомеліорації в Україні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агролісомеліорація. Терміни і визначення понять : ДСТУ ISO 4874:2007. – [Чинний від 01.01.2009]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 20 с. – (Національний стандарт України).
2. Лісові меліорації : підруч. / Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М. ; за ред. В.Ю. Юхновського. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
3. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю. Ліс і поле — єдина екологічна система // Вісник аграрної науки. Спеціальний випуск, НАУ — 100 років, 1998. — С. 91-93.

*Сірачова Олена Олександрівна* — студентка групи ТЗД-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sirachovalena3@gmail.com

*Olena Oleksandrivna Sirachova* — student of the TZD-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sirachovalena3@gmail.com

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ «ЗЕЛЕНИХ ОФІСІВ»

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

У роботі розглянуті напрямки підвищення енергоефективності «зелених офісів» на основі використання систем енергетичного менеджменту, які функціонують в структурі теплопостачальних організацій і муніципального управління.

**Ключові слова:** зелений офіс, офісне приміщення, ресурсозбереження, енергоефективність.

### *Abstract*

The paper examines directions for increasing the energy efficiency of "green offices" based on the use of energy management systems that function in the structure of heat supply organizations and municipal administration.

**Keywords:** green office, office premises, resource saving, energy efficiency.

### **Вступ**

Зелений офіс – спосіб управління, який дозволяє зменшити негативний на довкілля шляхом максимально раціонального використання ресурсів та енергії.

Основою використання зеленої архітектури в офісних центрах є: проектування і будівництво офісного центру, де витрати тепла на опалення та охолодження мінімальні, передбачене використання природних оновлювальних джерел енергії, зменшення забруднення навколишнього середовища під час зведення, експлуатації та утилізації, максимальне пристосування офісної будівлі для комфортної роботи працівників, впровадження природного компонента в структуру будівлі та міське середовище. Українські офіси і житлові комплекси потребують структурних змін для створення комфортного середовища для працівників і мешканців відповідно їх потребам.

### **Результати дослідження**

Екологізація офісного центру необхідна для того, щоб простір, де люди проводять більшу частину часу, був якомога більше наближеним до екологічно чистого середовища. На сьогоднішній день питання екологічно чистих офісів є актуальним, оскільки кількість офісних будівель постійно збільшується. При екологічному будівництві офісів повинні використовуватись найновіші технологічні і наукові розробки для досягнення ефективного енергозбереження. Завданнями даного будівництва є:

- 1) зменшення експлуатаційних витрат;
- 2) зниження обсягів утворення відходів та підвищення ефективності утилізації відходів;
- 3) підвищення ефективності використання природних ресурсів;
- 4) забезпечення безпеки і зменшення негативного впливу на здоров'я людини під час перебування офісних працівників у будівлі;
- 5) зменшення викидів в атмосферу газів, що спричинюють парниковий ефект;
- 6) збільшення частки відновлювальних джерел енергії при експлуатації та обслуговуванні офісних будівель.

Стандарт СОУ.ОЕМ 08.036.067:2012 «Зелений офіс – Екологічні критерії», дозволяє досягнути цілі «зеленого офісу». В Україні принципів «зеленого офісу» дотримуються компанії : ТОВ «Lifecell»; Компанія «Воля»; АТ «Концерн Галнафтогаз»; ПрАТ «Оболонь»; НАСК «Оранта»; ТОВ «Тетра Пак»; ГК «Фокстрот»; ГК «Fozzy Group», які прагнуть вести бізнес з повагою до суспільства і довкілля. Екологізовані офісні і житлові приміщення мають на меті:

- 1) підвищення ефективності використання природних ресурсів і виробництво власної теплової та електричної енергії;
- 2) максимальне використання сонячної енергії та денного світла;

- 3) стимулювання використання відновлювальних джерел енергії;
- 4) реалізація політики енергоефективності та енергозбереження відповідно до міжнародних стандартів;
- 5) вибір оптимального місця забудови, раціональне включення офісної будівлі в загальну інфраструктуру міського середовища і транспорту;
- 6) обов'язковий облік паливно-енергетичних ресурсів, що споживаються офісом;
- 7) покращення системи водопостачання і повторне використання води;
- 8) покращення теплоізоляції, використання нешкідливих теплоізоляційних матеріалів;
- 9) підвищення функціональності офісної будівлі тощо.

Для підвищення енергоефективності «зелених офісів» необхідна постійно діюча система енергетичного менеджменту в сфері теплозабезпечення населених пунктів. Об'єктом енергетичного менеджменту є сфера теплозабезпечення населеного пункту, включаючи теплові джерела, теплові мережі і будівлі. Основним елементом технічної бази системи енергетичного менеджменту є прилади обліку газу, теплової і електричної енергії. Система енергетичного менеджменту (СЕМ) повинна забезпечувати вирішення наступних основних завдань: контроль ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і якості теплопостачання, попереднє техніко-економічне обґрунтування проектів енергоефективної модернізації сфери теплозабезпечення населених пунктів, моніторинг фактичною ефективності впроваджених енергозберігаючих заходів і прогнозування параметрів роботи системи теплопостачання [1-4].

Однією з основних проблем енергоефективною модернізації і експлуатації існуючих систем теплозабезпечення населених пунктів України є неповнота, а часто відсутність чи навіть спотворення інформації про фактичну ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), джерел тепла, теплових мереж і споживачів тепла. Модернізація цих об'єктів вимагає залучення величезних фінансових ресурсів, проте відсутність вищезгаданої інформації ускладнює розробку реалістичних інвестиційних проектів, програм та бізнес-планів. Крім того, відсутні уніфіковані методики розрахунку техніко-економічної ефективності відомих заходів спрямованих на модернізацію аналізованих систем: термомодернізації будівель, заміни котлів, зношених ділянок труб теплових мереж, використання когенераційних установок, котлів на біомасі, теплових насосів та іншого енергоефективного обладнання. Це породжує хвилеподібний процес міфів про суперфективність тої або іншої технології або незаслужене забуття традиційної, ефективної, але слабо «розкрученої» технології. Практика оцінки фактично досягнутої економії від запровадження енергоефективних проектів в Україні відсутня.

Позначена проблема вирішується шляхом розробки і впровадження систем енергетичного менеджменту в сфері теплозабезпечення населених пунктів. У багатьох містах України створено відділи енергетичного менеджменту, сфера діяльності яких поширюється, як правило, на теплопостачання об'єктів бюджетної галузі. У вищих навчальних закладах країни ведеться підготовка енергетичних менеджерів. Розроблено вітчизняні [1-4] стандарти зі створення СЕМ загальнометодичного характеру. При цьому відсутні спеціалізовані методичні рекомендації щодо створення СЕМ у різних енергоспоживаючих галузях економіки. Об'єктами енергетичного менеджменту системи теплопостачання є всі теплові райони населеного пункту, включаючи теплові джерела (водогрійні) котельні, ТЕС, малі когенераційні установки), теплові мережі, теплові пункти і будівлі. Основною складовою технічною базою для створення системи енергетичного менеджменту є прилади обліку споживання тепло-енергетичних ресурсів (ТЕР):

- 1) лічильники споживання газу на теплових джерелах. У разі споживання інших видів палива повинні бути встановлені відповідні засоби вимірювання, що дозволяють визначити кількість спожитого палива протягом добових і більш тривалих інтервалах часу;
- 2) лічильники споживання електричної енергії в котельнях, центральних та індивідуальних теплових пунктах;
- 3) тепловілічильники на теплових джерелах і у споживачів;
- 4) водоміри, що дозволяють визначити витрату води на підживлення і гаряче водопостачання в кожній будівлі.

Для забезпечення ефективної роботи СЕМ доцільно створення автоматизованої системи збору даних від перерахованих вище приладів обліку.

Крім оперативних, можуть виникнути завдання поглибленого дослідження системи теплопостачання, для рішення яких необхідно використовувати переносні портативні прилади: накладний ультразвуковий витратомір для вимірювання витрат теплоносія на окремих ділянках

тепловий мережі, газоаналізатор, для визначення фактичного к.к.д. котлів, тепловізор, для виявлення картини розподілу теплових втрат у будівлях та теплових мережах, аналізатор параметрів електричного струму для їх визначення електродвигуни насосів, манометри для визначення тисків і перепадів тисків на окремих ділянках теплової мережі, самописні термометри для визначення графіків температур повітря в контрольних точках будівель.

СЕМ теплозабезпечення населеного пункту повинна виконувати чотири основні завдання:

- 1) Контроль ефективності використання ТЕР і якості теплопостачання;
- 2) Моніторинг фактичної ефективності впроваджених енергозберігаючих заходів;
- 3) Прогнозування параметрів роботи системи теплопостачання.

Контроль ефективності використання ТЕР і якості теплопостачання повинні забезпечувати визначення наступних показників:

- 1) ефективність використання природного газу (або іншого виду палива) в теплових джерелах;
- 2) ефективність використання електричної енергії на транспортування теплоносія на власні потреби теплового джерела;
- 3) теплові втрати в трубах теплових мереж;
- 4) витоки теплоносія в теплових мережах;
- 5) якість теплопостачання, яке визначається температурою і витратою теплоносія;
- 6) ефективність використання теплової енергії в будинках.

### Висновки

Зазначені рекомендації стосуються використання ресурсів «зеленого офісу» організації: використання електроенергії, поводження з офісним обладнанням, закупівлі різної електротехніки, використанні водних ресурсів, освітлення приміщень, придбання меблів для робочого місця, та поводження з відходами. Концепція «зеленого офісу» повинна поширюватись не тільки на окремі організації, але і не весь житлово-комунальний сектор населеного пункту і контролюватись єдиною СЕМ теплозабезпечення населеного пункту, який реалізується у межах організаційної структури – відділу (департаменту, служби) енергетичного менеджменту, як складової частини муніципальної системи управління. Відділ енергетичного менеджменту повинен займатись не лише питаннями енергоефективності сфери теплозабезпечення, а також електро- та водопостачання. Доцільно також створення відділів енергетичного менеджменту в великих теплопостачальних організаціях, які повинні тісно взаємодіяти з муніципальним відділом енергетичного менеджменту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 року № 74/94-ВР.
2. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали у 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження/За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія.- К.: Академперіодика, 2006.-Т.2.-600 с.
3. Закон України «Про теплопостачання» від 2 червня 2005 року № 2633-IV.
4. Нікітін Є.С. Створення систем енергетичного менеджменту всфері теплозабезпечення населених пунктів. // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2012. №2. – С.55-60. URL: [http://old.energy.kpi.ua/files/2012\\_2/56-61.pdf](http://old.energy.kpi.ua/files/2012_2/56-61.pdf)

*Руда Аліна Ігорівн* — студентка групи ТЗД-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: eko18.ruda@gmail.com

*Alina Igorivn Ruda* — student of the TZD-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: eko18.ruda@gmail.com

## ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

У роботі розглянуті особливості екологічного та ресурсозберігаючого потенціалу лісових ресурсів України та шляхи його відновлення.

**Ключові слова:** ліс, лісові ресурси, екологічний потенціал лісу, ресурсозберігаючий потенціал лісу.

### *Abstract*

The paper examines the peculiarities of the ecological and resource-saving potential of forest resources of Ukraine and ways of its restoration.

**Keywords:** forest, forest resources, ecological potential of the forest, resource-saving potential of the forest.

### **Вступ**

У біосфері ліс виконує унікальні функції: він поглинає вуглекислий газ, поставляючи понад 50 % кисню. Ліс сприяє збільшенню запасів підземних вод, зберігаючи вологу атмосферних опадів; завдяки лісові поверхневі води отримують рівномірне живлення підземними водами. Зменшуючи поверхневий стік, ліси уповільнюють водну і вітрову ерозію ґрунтів. Крім того, в лісових районах практично не відбувається замулювання річок, ставків, водосховищ.

Ліс впливає як на мікроклімат, так і на клімат усієї планети. Велика роль лісу в природному балансі азоту. Листя, хвоя, шматки кори та гілки, відмираючи, поповнюють органічні рештки верхнього шару ґрунту, які за допомогою бактерій поступово перетворюються в органічні добрива.

Загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, із яких вкритих лісовою рослинністю – 9,6 млн га. Лісистість території України становить 15,9%. За 50 років площа лісів зросла на 21%, а запас деревини майже у три рази [1]. Україна належить до лісодефіцитних держав. Ліси розміщені по території нерівномірно: в Поліссі — 29% площі регіону, Лісостепу — 14, Карпатах — 40, Степу — 5, Криму (в основному в горах) — 10 %. Хвойні насадження займають 42,2% від загальної площі вкритих лісом земель, твердолистяні — 43,2, м'яколистяні — 13,6%.

### **Результати дослідження**

Ліси України виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції і мають обмежене експлуатаційне значення. Ліс є джерелом деревини, будівельних матеріалів, сировини для деревообробної, меблевої, целюлозно-паперової та інших галузей промисловості. До особливостей лісів та лісового господарства України відносяться:

- відносно низький середній рівень лісистості території країни;
- зростання лісів у різних природних зонах (Полісся, Лісостеп, Степ, Українські Карпати та гірський Крим), що містить істотні відмінності щодо лісорослинних умов, методів ведення лісового господарства, використання лісових ресурсів та корисних властивостей лісу;
- переважно екологічне значення лісів та висока їх частка (до 50%) з режимом обмеженого лісокористування;
- високий відсоток заповідних лісів (16,1%), який має стійку тенденцію до зростання;
- історично сформувалась ситуація закріплення лісів за численними постійними лісокористувачами (для ведення лісового господарства ліси надані в постійне користування підприємствам, установам і організаціям кількох десятків міністерств і відомств);
- значна площа лісів зростає у зоні радіоактивного забруднення;
- половина лісів України є штучно створеними та потребують посиленого догляду [1,2].

Ліси — відтворювальний природний ресурс, саморегулююча екосистема, яка може існувати без втручання людини. Самовідновлення лісу на вирубках триває десятки років, і дуже часто замість сосни або дуба виростають малоцінні породи, зарослі чагарників. Тому на вирубках потрібно створювати лісові культури та захищати молоді дерева від бур'янів, швидкорослих малоцінних порід, чагарників. При раціональному веденні лісового господарства і лісокористуванні ліси вважаються невичерпними. Проте в Україні їх дуже мало, що негативно відбивається на забезпеченні споживачів лісу деревиною та екологічній ситуації в країні.

У використанні лісових насаджень важливе значення належить їх санітарно-гігієнічним функціям, які забезпечують створення екологічно сприятливого середовища для людини. Ліси активно перетворюють хімічні атмосферні забруднення, особливо газоподібні, та забезпечують біосферу киснем. Окрім того, ліс здатний поглинати окремі компоненти промислових забруднень. Деякі рослини виступають індикаторами забруднення повітря. Виробництво кисню лісом на 1 га площі в 3—10 разів перевищує його продукування польовими культурами. Це пояснюється, зокрема, величезною сумарною поверхнею листя деревних рослин. Кисень виділяється зеленим листям рослин завдяки фотосинтезу, тобто процесу створення рослинами органічних речовин із вуглекислого газу та води за допомогою світлової енергії. В сонячні дні, за дослідженнями фізіологів, 1 га лісу поглинає із повітря 220—280 кг вуглекислого газу і виділяє 180—220 кг кисню.

Ліс, особливо хвойний, виділяє фітонциди, які вбивають багатьох хворобливотворних мікробів, оздоровлюючи повітря. Фітонциди — біологічно активні газоподібні речовини, які згубно діють або пригнічують інші живі організми (головним чином шкідливі мікроорганізми). Один гектар листяного лісу в період вегетації за день виділяє біля 2 кг летючих фітонцидів, хвойного лісу — 5, а ялівцевого — до 30 кг. Тому максимальне збагачення селітебних територій міст і селищ рослинністю має винятково важливе санітарно-гігієнічне і лікувальне значення.

Необхідно відмітити цілющі властивості лісного мікроклімату. Ліс позитивно впливає на психіку. У ньому висока іонізація, особливо в сосняку. Листя крон очищує повітря від шкідливих механічних домішок, значно знижує шум, усуває високочастотні звуки, володіє пилезахисними властивостями. У повітрі лісу відсутні патогенні мікроби.

Ліс є ефективним засобом охорони навколишнього середовища від техногенного, зокрема радіоактивного забруднення. Радіаційний фон у лісі в два і більше разів вищий, а температура повітря значно нижча, ніж у місті. Проте вологість більша на 15—30 %. Таке повітря оптимальне для дихання. Завдяки високій фільтрації та поглинальній здатності лісові насадження акумулювали велику кількість радіонуклідів і тим самим перешкодили їх розповсюдженню на населені пункти і землі сільськогосподарського призначення. Тому вважається, що ліс є важливим компонентом у загальній системі захисту середовища від проникаючої радіації.

Разом з тим, самі ліси є дуже забрудненими. Ситуація в лісах, що зазнали радіоактивного забруднення, продовжує залишатися складною. Припинення господарської діяльності, наприклад, в зоні відчуження негативно відбивається на стані лісових насаджень та їх екологічному значенні. В складі суміші речовин, що випали в лісах, переважають радіонукліди з тривалим впливом. Отже, поліпшення стану лісів в зоні відчуження, найближчі роки не очікується.

Захисні насадження займають значне місце у системі протиерозійних заходів. Зараз на полях сільськогосподарських підприємств є біля 1,2 млн га захисних насаджень різного призначення, в тому числі 440 тис. га полезахисних лісових смуг.

Позитивний вплив лісових насаджень проявляється не тільки в сенсі збереження ґрунтів від ерозії, але і сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Кожний гектар лісопосадок захищає близько 25—30 га ріллі. На полях, захищених лісосмугами, вартість додаткового врожаю сільськогосподарських культур в 2—2,5 рази перевищує втрати, що пов'язані з вилученням земель для створення лісосмуг.

Лісозахисні посадки регулюють стік, гідрологічний режим місцевості, покращують мікроклімат, надійно захищають прилегли поля від шкідливої дії суховіїв, засух та пилових бур.

Світовий досвід агролісомеліоративного господарства підтверджує, що там, де лісистість території відповідає науково обґрунтованим нормативам, природні ландшафти не деградують, створюється надійніша система збереження сільськогосподарських земель від водної і вітрової ерозії. Чим більше території зайнято лісовими посадками, тим повніше використовуються продуктивні сили природи.



Важлива екологічна функція лісу охоронити і зберегти землі від водної і вітрової ерозії та запобігати опустелюванню, ознаки чого в Україні також проявляються.

Високою ефективністю відзначаються водоохоронні і водорегулювальні функції лісу. Він сприяє зменшенню поверхневого стоку, підтриманню рівня водності рік, запобігає замулюванню їх продуктами ерозії, поліпшує якість води, захищає водні джерела від виснаження і забруднення. Від стану лісових насаджень, якості, характеру розміщення залежить гідрологічний режим територій, а також рівень приросту річкового стоку. Ґрунт у лісі, не пошкоджений механізмами і рекреаційними навантаженнями, зберігає високу фільтраційну здатність. Ступінь впливу лісових насаджень на поліпшення водного балансу території досить значний. Завдяки їм обсяг накопичення вологи і переходу поверхневого стоку у внутрішньогрунтовий перевищує величину сумарного випаровування вологи в порівнянні з відкритими просторами.

Лісові насадження зменшують поверхневий стік і пов'язані з ним повені, що має важливе значення для поступового рівномірного живлення рік та інших водоймищ весняними талими водами. Сумарний стік у лісі значно менший, ніж на відкритій місцевості, а в багатьох випадках він взагалі не проявляється. При правильному розміщенні лісів на водозборі поліпшується водний режим будь-якої річки.

У 2023 році планується здійснити наступні кроки з удосконалення сталого лісоуправління [3]:

- Ліквідація негативних наслідків збройної агресії РФ на лісове господарство.
- Подальше виконання програми Президента України «Зелена країна».
- Подальша цифровізація лісового господарства.
- Подальше розширення існуючих потужностей та будівництво нових лісонасіневих заводів для вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою.
- Подальше формування ефективного та прозорого ринку деревини.
- Подальший розвиток рекреації.
- Подальше запровадження принципів наближеного до природи лісівництва.

### Висновки

Основними завданнями у забезпеченні розвитку екологічного та ресурсозберігаючого потенціалу лісових ресурсів України є: удосконалення нормативно-правової бази у галузі лісового господарства та її гармонізація з міжнародними принципами сталого розвитку та управління лісами; розробка національних критеріїв та показників щодо сталого управління лісами; оптимізація структури лісогосподарських підприємств та організацій; збільшення лісистості території до науково-обґрунтованого оптимального рівня; нарощування ресурсного і екологічного потенціалу лісів; збереження біологічного різноманіття лісових екосистем; посилення стійкості лісових екосистем до негативних факторів довкілля, зростаючого антропогенного навантаження, змін клімату; ефективне використання лісових ресурсів на ринкових засадах; удосконалення економічно-фінансового механізму; забезпечення прибутковості ведення лісового господарства в лісозабезпечених регіонах; сприяння вирішенню соціально-економічних проблем; розвиток лісогосподарської науки і освіти; розширення міжнародної співпраці.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державне агентство лісових ресурсів України <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini>
2. Лісовий кодекс України / Закон України № 3404 – IV „Про внесення змін до Лісового кодексу України” // Лісовий і мисливський журнал. – № 2 (56). – 2006. – С. 25-39.
3. Публічний звіт голови державного агентства лісових ресурсів України за 2022 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/public/\\_zvit/publicnii-zvit-za-2022.pdf](https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/public/_zvit/publicnii-zvit-za-2022.pdf)

*Гринь Анастасія Петрівна* — студентка групи ЕКО-22м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [anastasiya1722grin@gmail.com](mailto:anastasiya1722grin@gmail.com)

*Васильківський Ігор Володимирович* — канд. техн. наук, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vasilkvskij@vntu.edu.ua](mailto:vasilkvskij@vntu.edu.ua)

*Anastasiya Petrivna Grin* — student of ECO-22m group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [anastasiya1722grin@gmail.com](mailto:anastasiya1722grin@gmail.com)

*Vasylkivskiy Igor V.* — Ph.D., As.Prof., Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vasilkvskij@vntu.edu.ua](mailto:vasilkvskij@vntu.edu.ua)

## ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ПЕРЕВИЩЕННЯ ГДК ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ВІННИЦЯ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі проаналізовано забруднення повітря на території Вінницької області. Зокрема, здійснена комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря м. Вінниця. Виявлено підвищення концентрацій CO, CO<sub>2</sub> і вуглеводнів.*

**Ключові слова:** забруднення, повітря, шкідливі гази.

### *Abstract*

*The paper analyzes air pollution at the territory of the Vinnytsia region. In particular, a comprehensive assessment of atmospheric air pollution in Vinnytsia was carried out. An increase in the concentrations of CO, CO<sub>2</sub> and hydrocarbons was detected.*

**Keywords:** pollution, air, toxic gases.

### Вступ

Сучасний стан навколишнього середовища потребує постійного моніторингу та контролю за змінами концентрацією хімічних, а особливо токсичних речовин, що потрапляють до нього через різні шляхи. Найбільший вплив на разі чинять антропогенний та частково абіотичні фактори, що можуть проявляти як пряму так, і неопосередковану дію на стан геобіоценозу та урбосередовища [1].

### Результати дослідження

Моніторинг забруднення атмосферного повітря в промислових та великих транспортних містах неодмінно потребують регулярного контролю перевищення гранично допустимої концентрації газів та важких металів, що чинять небезпечний вплив на сталість екосистем та живих організмів в цілому, деякі мають здатність накопичуватись в організмах та стають канцерогенами, що спричиняють захворювання та порушення життєдіяльності живих організмів.

Забруднене повітря значно знижує імунітет людини. Окрім органів дихання, забруднене повітря спричиняє виникненню респіраторних захворювань, хвороб верхніх дихальних шляхів, ларингіту, ларинготрахеїту, фарингіту, бронхіту, пневмонії. Почастішала й поява інших специфічних захворювань і отруєнь внаслідок не якісного повітря. Варто додати, що державне регулювання щодо контролю над станом якості повітря в місті на сьогодні не здійснюється.

Найбільш серйозною проблемою для здоров'я, пов'язаною із забрудненням атмосферного повітря, є негативний вплив монооксиду вуглецю, який сприяє розвитку серцевих хвороб і руйнує молекули гемоглобіну-білку, який містить залізо і є «транспортним засобом» для кисню у крові [2].

У структурі промислового потенціалу Вінницької області більшість викидів забруднюючих речовин припадає не на екологічно небезпечні виробництва, а на викиди автомобільного транспорту. Цей висновок можливо зробити при порівнянні питомих викидів CO, NO<sub>2</sub> території промислових підприємств та найбільш завантажених автотранспортних ділянок міста Вінниця.

В місті Вінниця були проведені спостереження на 2 точках контролю якості повітря: Хмельницьке шосе, вул. Келецька. Повна програма проводилася не менше 4-х разів на добу. На посту спостереження проводились відбір проб з одночасним аналізом експрес-методом по інгредієнтам: діоксид сірки, діоксид азоту, газоподібні вуглеводні, формальдегід, монооксид вуглецю та діоксид вуглецю. За результатами аналізу даних (2021-2023 рік) якості атмосферного повітря розроблені оцінки впливу та заходи зменшення шкідливих речовин. За цими даними м. Вінниця має задовільний рівень, а за деякими складовими II півріччя 2023 року були зафіксовані перевищення (у кратності до ГДК) діоксиду азоту – 1,6 за середнім вмістом, чадний газ – 1,6 за максимально разовим значенням.

За комплексною оцінкою забруднення атмосферного повітря (КІЗА) м. Вінниця має показник 7,5.

При порівнянні значень концентрацій викидів забруднюючих речовин за аналізований період визначено підвищення наступних показників: CO – на 15%, CO<sub>2</sub> – на 18%, вуглеводнів на 8%. Цікавим є той факт, що данні показники не корелюють із показником збільшення завантаженості вулиць, адже середній автомобілепотік на постах спостереження зріс на 28%, за останніх два роки. Це можливо пояснити збільшенням кількості електричного автомобільного транспорту та зменшенням руху на даних вулицях вантажного та великогабаритного транспорту.

### Висновки

Таким чином, у місті Вінниця існує гостра проблема забруднення атмосфери від пересувних джерел, що зумовлює необхідність організації ефективного контролю за дією підприємств та рухом приватного автотранспорту, комунальних галузей і сфер діяльності; розробки ефективних заходів зниження їх негативного впливу на довкілля.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Milinevsky, G. & Danylevsky, V. (2018). Atmospheric Aerosol Over Ukraine Region: Current Status of Knowledge and Research Efforts. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 59-1–59-21.

2. Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2006). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

**Мусінкевич Іван Вікторович** – студент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivanivanoivan06@gmail.com

**Сакалова Галина Володимирівна** – докт. техн. наук, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sakalovag@gmail.com

**Musinkevych Ivan V.** — student, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanivanoivan06@gmail.com

**Sakalova Halyna V.** — D.Sc., Prof., Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sakalovag@gmail.com

## ПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі проаналізовано можливості використання відходів у виробництві будівельних матеріалів. Зокрема, вивчено застосування відпрацьованих глинистих адсорбційних мінералів. Визначено можливість використання бентоніту, насиченим іонами важких металів, зокрема, іонами хрому, внаслідок його використання для очищення стічних вод у виробництві керамічної цегли.*

**Ключові слова:** відходи, будівельні матеріали, використані сорбенти.

### *Abstract*

*The paper analyzes the possibilities of waste using in the manufacture of construction materials. In particular, the use of spent clay adsorption minerals was studied. The possibility of using bentonite saturated with heavy metal ions, e.g. chromium ions, due to its use for wastewater treatment in the manufacture of ceramic bricks was determined.*

**Keywords:** waste, construction materials, used sorbents.

### Вступ

Аналіз останніх публікацій показав, що важливим напрямком наукових досліджень на сьогоднішній день є визначення ефективних способів регенерації та шляхів утилізації сорбентів, що попередньо були використані в якості сорбентів при очищенні стічних вод та комунальних стоків. Адже утилізація сорбційних матеріалів допомагає не тільки зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, але і вдосконалити технології створення альтернативних матеріалів внаслідок застосування високоякісного глинистого матеріалу [1].

### Результати дослідження

Проблема накопичення відпрацьованих сорбентів частково вирішується шляхом відновлення їх сорбційних властивостей для повторного використання в очисних технологічних процесах. Однак оскільки вартість природних дисперсних сорбентів невелика, недоцільно планувати регенерацію відпрацьованих сорбентів, бо вартість регенерування буде на порядок вищою за вартість нового сорбенту. Тому одним з перспективних шляхів утилізації відпрацьованих сорбентів є вивчення можливостей їх використання в будівельній промисловості як наповнювача. При цьому необхідно враховувати можливість вивільнення основних забрудників з сорбентів, міцність зв'язку в кристалічній структурі та їх токсичність.

Одним із напрямків утилізації промислових відходів є їх використання як техногенної сировини при отриманні різного виду продукції і насамперед будівельного призначення [2]. Резерв ресурсозбереження у будівництві – це широке використання вторинних матеріальних ресурсів, таких як техногенні продукти хімічної водопідготовки, теплоелектроцентралеї та неорганічних відходів станцій знезалізнення (водонасосних станцій). Однак питання використання сорбційних властивостей глини, які здатні також утримувати барвники у структурі композитів вивчено недостатньо, тому використання відпрацьованих глинистих мінералів у складі пігментних паст, фарб і сухих матеріалів вивчено недостатньо.

Відпрацьовані глинисті адсорбційні мінерали можуть замінити чисті глини у виробництві будівельних сумішей і матеріалів [3]. Часто відпрацьовані глини забезпечують кращі механічні властивості матеріалів, надіють їм кольору та ін. (рис. 1).

Екологічність та економічність використання відпрацьованих глинистих мінералів відкриває можливості отримання гібридних пігментних концентратів різного кольору, насиченого забарвлення та полімер-мінеральних наноконкомпозитів з покращеними технологічними властивостями (термостійкість, еластичність, хороша криюча здатність). Висока дисперсність монтморилоніту, клиноптилоліту, здатність до тиксотропії сприяє отриманню гібридних пігментів і стабільних у часі

керамічних композицій на їх основі. При його додаванні до основної формувальної шихти при виготовленні грубої кераміки до 10 % в якості тугоплавкого компонента забезпечуються нормані фізико-хімічні властивості цегли.

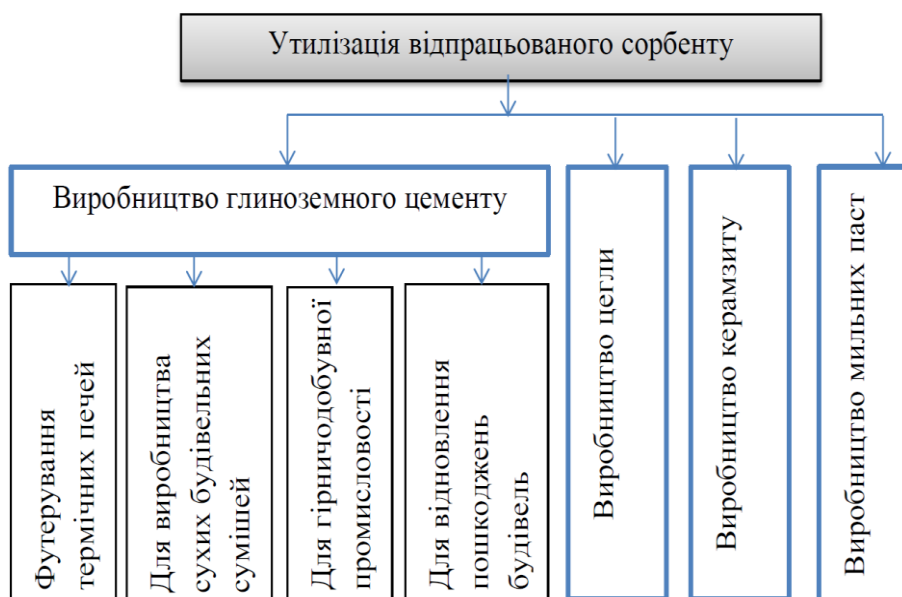


Рисунок 1 – Схема основних напрямків утилізації сорбентів у виробництві будівельних матеріалів

### Висновки

У дослідженнях визначено можливість використання бентоніту, насиченим іонами важких металів, зокрема, іонами хрому, внаслідок його використання для очищення стічних вод у виробництві керамічної цегли. Запропоновано спосіб використання відпрацьованих бентонітів у складі пігментів-наповнювачів, що можна вводити до складу керамічної цегли, або ж керамічної плитки.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.І.М. Петрушка, М.С. Мальований. Природні мінерали для використання в природоохоронних технологіях. Ефективні шляхи модифікування. Хімічна промисловість України. 2012. №5(112). С. 64–67.
- 2.Петрушка І.М., Захарко Я.М., Королько С.В., Використання відпрацьованих природних сорбентів, насичених барвниками, у будівельній галузі. Вісн. Нац. ун-ту Львівська політехніка – Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2009. №612. С.189-191.
- 3.І. М. Петрушка, О. Д. Тарасович. Використання відпрацьованих сорбентів для виробництва будівельних матеріалів. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. 2013. 755. С.305-308.

**Сидоренко Артем Артурович** – студент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tzd18.sidorenko@gmail.com

**Сакалова Галина Володимирівна** – докт. техн. наук, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sakalovag@gmail.com

**Sydorenko Artem A.** — student, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tzd18.sidorenko@gmail.com

**Sakalova Halyna V.** — D.Sc., Prof., Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sakalovag@gmail.com

С. М. Кватернюк<sup>1</sup>  
А. В. Василинич<sup>1</sup>  
В. Г. Петрук<sup>1</sup>  
Г. Д. Петрук<sup>1</sup>  
С. В. Мандебура<sup>1,2</sup>  
Д. Р. Латуша<sup>1</sup>

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D ECO RECYCLING ДЛЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup> Уманський державний педагогічний університету ім. Павла Тичини

### **Анотація**

*Технологія 3D Eco Recycling – це виготовлення будівельних конструкцій на основі переробки пластикових відходів з використанням в 3D друку. Запатентована нова технологія дозволяє підвищити ефективність переробки пластикових відходів і забезпечує створення будівельних матеріалів з необхідними характеристиками. Отримані будівельні конструкції планується використовувати для побудови штучних водно-болотних угідь, що являють собою складні конструкції для очищення дренажних вод за допомогою плаваючих вищих водних рослин.*

**Ключові слова:** ефективність очищення вод, штучні водно-болотні угіддя, будівельні конструкції, пластикові відходи.

### **Abstract**

*3D Eco Recycling technology is the production of building structures based on the processing of plastic waste using 3D printing. The patented new technology makes it possible to increase the efficiency of processing plastic waste and ensures the creation of building materials with the necessary characteristics. The resulting construction structures are planned to be used for the construction of artificial wetlands, which are complex structures for cleaning drainage water with the help of floating higher aquatic plants.*

**Keywords:** water purification efficiency, constructed wetlands, building structures, plastic waste.

### **Вступ**

Технологія 3D Eco Recycling – це виготовлення будівельних конструкцій на основі переробки пластикових відходів. Вона базується на ідеї виготовлення будівельних матеріалів з некондиційних пластикових відходів. Отриманий матеріал може використовуватись в 3D друці будівельних конструкцій, зокрема, штучних водно-болотних угідь. Запатентована нова технологія дозволяє підвищити ефективність переробки пластикових відходів і забезпечує створення будівельних матеріалів з необхідними характеристиками. Прогнозується, що світовий ринок 3D друку будівельних конструкцій має зрости з 3 млрд.дол. до 500 млрд. дол. у наступні 10 років. За рахунок нової технології забезпечується більша енергоефективність та зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

Проблема забруднення водних об'єктів шляхом надходження неочищених сільськогосподарських дренажних вод є особливо актуальною для України. Це спричиняє евтрофікацію водних об'єктів та зростання загроз для забезпечення населення якісною питною водою. У роботі [1] проведено огляд сучасних підходів, щодо використання штучних водно-болотних угідь для очищення стічних вод та показано можливість вирішення проблеми з використання комплексу, що включає вищі водні рослини та відповідні мікроорганізми. Також удосконалено метод підвищення ефективності очищення сільськогосподарських дренажних вод від продуктів агрохімії з використання штучних водно-болотних угідь та плаваючих вищих водних рослин [1].

Метою роботи є вдосконалення технології виготовлення будівельних конструкцій на основі переробки пластикових відходів, яку доцільно використати для побудови штучних водно-болотних угідь для очищення дренажних вод за допомогою плаваючих вищих водних рослин.

## Результати дослідження

Запропонована технологія [2] є різновидом деревоощадливого екологічно чистого способу виготовлення синтетичного матеріалу з неорганічних природних речовин та органічних відходів і може бути використана у паперовій, будівельній, хімічній промисловості та природоохоронній галузі. Традиційна технологія виготовлення паперу базується на серії фізико-хімічних процесів обробки целюлози із деревної сировини, споживає значну кількість природних ресурсів, води, вугілля, газу, електроенергії та інших витрат. До того ж, суттєво забруднює навколишнє середовище своїми токсичними викидами. При цьому попит на паперову продукцію збільшується, а в результаті – запасів лісових ресурсів стає усе менше, і це призводить до глобальних змін клімату на Землі. Разом з тим, запасів вапняків, каоліну та поліолефінових відходів є багато.

Відомі способи виготовлення синтетичного екологічно чистого (кам'яного) паперу для захисту навколишнього середовища. Загальним недоліком цих способів є значна кількість інгредієнтів, зокрема, окремо пластифікаторів, попри те, що розплавлені (розм'ячені) поліолефіни самі по собі, крім зв'язувальних властивостей, і є пластифікаторами. Крім того, в ролі цих пластифікаторів часто виступає картопляний, пшеничний або кукурудзяний крохмаль, який, як продукт харчування, у значних обсягах не доцільно використовувати у виробництві паперу.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб виготовлення маси для синтетичного паперу, описаний у [3]. Зазначений спосіб оснований на підготовці і одночасному змішуванні суміші з голчасто-волокнистого вапняку, термопластичного матеріалу, яким є крохмаль, поліолефінових смол і допоміжних компонентів, які містять поверхнево-активні речовини та мастила. Отриману суміш нагрівають при постійному перемішуванні до температури 160-1900. і тиску 10 ~ 30 МПа протягом 20 хвилин. В результаті, отримується в'язка біла маса, яка подається на шнековий екструдер, потім на Т-подібний каландр з поперечним та поздовжнім розтягуванням і далі після охолодження до T=5-300С маса готова для виготовлення сировини відповідного сорту плоского синтетичного паперу.

Недоліком прототипу є значна вартість та складність технологічного процесу за рахунок необхідності додаткової модифікації карбонату кальцію з формуванням голчастих волокон заданої товщини і довжини, необхідності використання та додаткової термопластифікації крохмалю, який є харчовою сировиною і в великих обсягах його застосування для виробництва паперу екологічно та економічно недоцільне, а також за рахунок застосування складних пластифікуючих, інгібуючих, зв'язувальних та поверхнево-активних речовин.

В основу корисної моделі поставлено задачу суттєвого спрощення та підвищення якості кінцевого продукту і ефективності технологічного процесу приготування маси для синтетичного паперу за рахунок використання доступних природних мінеральних матеріалів не рослинного походження, а саме: вапняків та каолінів, а також поліолефінових відходів (зокрема, ПЕТ-пляшки, ПТФЕ-полімерів тощо), та відповідних допоміжних інгредієнтів.

Поставлена задача досягається тим, що в екологічно чистому способі виготовлення маси для синтетичного матеріалу, який включає змішування вапнякової суміші з допоміжними компонентами, її нагрівання при постійному перемішуванні до температури 160-190° С, згідно корисної моделі перед змішуванням до тонкомеленої вапнякової суміші додають збагачений каолін, після чого при постійному перемішуванні до тонкомеленої вапняково-каолінової суміші послідовно з інтервальним режимом додають допоміжні компоненти, спочатку поверхнево активні речовини, в якості яких використовують касторову олію або поліфосфат, після чого ретельно перемішують і в отриману суміш вводять мастило, у якості якого використовують віск, мінеральне масло або білу оливу, а далі вводять поліолефіновий компонент, в якості якого використовують подрібнені відходи поліетилену чи поліпропілену, або їх суміш з подальшим екструдуванням та каландруванням маси.

Спосіб здійснюється таким чином. Перед тим, як додати у змішувач типу BENBERI суміш для виготовлення синтетичного паперу, здійснюють її підготовку. При цьому в основі суміші є очищений природний мінерал вапняк, який складається переважно з карбонату кальцію. Також інгредієнтом цієї базової суміші є природний мінерал, але збагачений каолін, який попередньо очищається від кварцитів. Рівень вологості вапняку і каоліну забезпечується не вище 1%. Зневоднення (осування) суміші здійснюється її нагріванням, наприклад, у піщаній бані до температури 100-120° С. Осушену суміш вапняку (70 мас. %) та каоліну (10 мас. %) подають до млина і доводять рівень дисперсності не більше 0,5-1 мкм. Далі від млина тонкомелена суміш потрапляє до змішувача BENBERI.

Наступною операцією є додавання до тонкомеленої суміші поверхнево-активної речовини в околі 1-3 мас. %. Нею може бути касторова олія або поліфосфати. Як змішувач, можна використати або спіральний стрічковий, або роторний барабанний, або пневматичний високошвидкісний міксер зі швидкістю 300-900 об/хв. для повного перемішування та покращення поверхневої активності базової суміші. Далі у змішувач додають мастило 1-3 мас. %, яким може слугувати розплавлений віск, мінеральне масло або біла олива. Час високошвидкісного перемішування становить до 20 хв. при температурі 100-160° С і тиску 10-30 МПа.

Після такої попередньої підготовки базової суміші додаються у змішувач тонко подрібнені поліетиленові чи поліпропіленові (або їх суміш) відходи у кількості 15-20 мас. %. Доводять температуру інгредієнтів (компонентів) до  $T = 160-190^{\circ} \text{C}$ , ретельно і безперервно перемішують до стану, коли подрібнені відходи переплавляються і отримується рівномірна в'язка біла маса. Отримана маса за умов безперервного змішування подається у шнековий екструдер і далі у каландр з  $T$ -подібною прес-формою. При цьому екструзійне обладнання двошнекове зі швидкістю обертання подавальної машини в околі 8-30 об/хв. Температура екструзії – 90-130° С. Далі від  $T$ -подібного каландра маса направляється у чотиривалковий блок на подальше каландрування при температурі 160-180° С, та розтягування в'язкої маси через вальці, здійснюючи спочатку поздовжнє, а потім поперечне розтягування для отримання синтетичного паперу з двонаправленою міцністю та необхідною товщиною до 0,1мм.

Наступним етапом підготовленої плоскої маси є її охолодження до  $T=5-30^{\circ} \text{C}$ , сушка за допомогою фену та формування необхідного листового матеріалу з допомогою різальної машини (верстата) і подальшого пакування.

За необхідності отримання бажаної споживчої якості кінцевого продукту – синтетичного паперу до маси додають природні антиоксиданти, барвник, пластифікатори тощо.

На відміну від прототипу у запропонованій корисній моделі замість термопластифікованого крохмалю застосовується природній каолін (до 10 мас %), який у сукупності з ПАР та мастилами, зазначеними вище, надають масі для синтетичного паперу необхідної пластичності, рівномірності та площинності з можливістю ефективного формування виробу (плоских листів синтетичного паперу). Запропонований спосіб відповідає сучасній національній політиці розвитку низьковуглецевої промисловості (концепції декарбонізації економіки) і має широкі ринкові перспективи.

## Висновки

Запропонована технологія дозволяє забезпечити 3D друк штучних водно-болотних угідь, що являють собою складні конструкції для очищення дренажних вод за допомогою плаваючих вищих водних рослин. При цьому стічна вода очищується в аеробних умовах мікроорганізмами на кореневій системі вищих водних рослин. Контроль параметрів штучного водно-болотного угіддя здійснюється за допомогою мультиспектральних камер та визначення біофізичних параметрів вищих водних рослин з використанням регресійних рівнянь [4]. В подальшому контролю очисних споруд на основі штучних водно-болотних угідь здійснюється з використанням технології Інтернету речей (IoT). Досвід експлуатації штучних водно-болотних угідь для очищення сільськогосподарських дренажних вод від продуктів агрохімії показує, що такі комплекси знаходяться на значній відстані один від одного, а тому, використовуючи технологію Інтернету речей з'являється можливість контролювати велику кількість таких очисних споруд розміщених у різних частинах країни.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кватернюк С. М., Мандебура С. В., Латуша Д. Р. Підвищення ефективності очищення сільськогосподарських дренажних вод з використання штучних водно-болотних угідь. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2023. № 1(34). С. 183–189. doi: 10.31649/2311-1429-2023-1-183-189.
2. Петрук В.Г., Петрук Г.Д. Гура К.Ю. Екологічно чистий спосіб приготування маси для синтетичного паперу: пат. 152521 Україна. № u202200774; заявл. 21.02.2022; опубл. 02.03.2023, Бюл. № 9.
3. Екологічно чистий папір і спосіб його приготування: пат. CN101864691A Китай. заявл. 21.02.2022; опубл. 2020-10-20.



4. Кватернюк С. М., Петрук В.Г., Кватернюк О.Є., Іщенко В.А., Цимбалюк Л.О. Спосіб очищення стічних вод від нафтопродуктів та контролю параметрів забруднення: пат. 147235 Україна. № u202007794; заявл. 07.12.2020; опубл. 22.04.2021, Бюл. № 16. 5 с.

**Кватернюк Сергій Михайлович** — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com.

**Василинич Анастасія Володимирівна** — студент групи Б-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vasilinichnastya@gmail.com.

**Петрук Василь Григорович** — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: petrukvg@gmail.com.

**Петрук Галина Дмитрівна** — к.т.н., доцент, доцент кафедри хімії та методики навчання хімії, Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, Вінниця, e-mail: Halyna.Petruk@vspu.edu.ua.

**Мандебура Святослав Васильович** — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного технічного університету, викладач кафедри хімії, екології та методики їх навчання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини, e-mail: eko14b.mandebura@gmail.com.

**Латуша Дмитро Русланович** — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: dima.latusha27@gmail.com.

**Кватернюк Сергій М.** — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com.

**Vasylynch Anastasiia V.** — student of B-21b group, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : vasilinichnastya@gmail.com.

**Petruk Vasyl G.** — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: petrukvg@gmail.com.

**Petruk Halyna D.** — Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Chemistry and Chemistry Teaching Methods, Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsyubinsky, Vinnytsia, e-mail: Halyna.Petruk@vspu.edu.ua.

**Mandebura Sviatoslav V.** — Post-Graduate Student of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies of Vinnytsia National Technical University, Teacher of the Department of Chemistry, Ecology and Methods of their teaching of Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, e-mail: eko14b.mandebura@gmail.com.

**Latusha Dmytro R.** — Post-Graduate Student of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: dima.latusha27@gmail.com..

## Розробка заходів екологічної безпеки низових пожеж в екосистемах

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Досліджено та розроблено комплекс заходів для підвищення екологічної безпеки в екосистемах, що піддатливі низовим пожежам. Визначено фактори, що спричиняють ці пожежі, та розроблено оптимальні стратегії їхньої профілактики та ліквідації. Робота враховує ефективність використання сучасних технологій для забезпечення стійкості екосистем до пожеж та мінімізації негативного впливу на довкілля.

**Ключові слова:** екологічна безпека, низові пожежі, екосистеми, стратегії профілактики, технології захисту, стійкість довкілля.

### Abstract

Explored and developed a set of measures to enhance ecological safety in ecosystems susceptible to low-level fires. Identified factors contributing to these fires and devised optimal strategies for prevention and mitigation. The study considers the effectiveness of modern technologies in ensuring ecosystem resilience to fires and minimizing environmental impact.

**Keywords:** ecological safety, low-level fires, ecosystems, prevention strategies, protective technologies, environmental resilience.

### Вступ

Проблема низових пожеж в екосистемах набула актуальності через зростання кількості та інтенсивності природних пожеж. Мета роботи - розробка науково обґрунтованих заходів, спрямованих на зменшення ймовірності та наслідків низових пожеж для екосистем та довкілля.

### Результати дослідження

Дослідження виявило, що ефективність заходів екологічної безпеки значно залежить від комплексного підходу до управління ризиками низових пожеж. Впровадження передових технологій та систем моніторингу дозволяє вчасно виявляти потенційні джерела загроз та реагувати на них.

У результаті використання адаптивних стратегій, базованих на ретельному аналізі природних факторів, вдалося значно знизити частоту виникнення низових пожеж. Також виявлено, що заходи профілактики, спрямовані на усунення осередків загорань та впровадження систем раннього виявлення, допомагають ефективно обмежувати поширення вогню.[1].

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальний склад ресурсів для швидкого реагування на випадки низових пожеж. Інтеграція сучасних методів картографування та моделювання ризиків стала ключовим етапом у покращенні систем безпеки екосистем.

Крім того, визначено, що залучення спільноти та публічних організацій до системи екологічної безпеки є важливим чинником успіху. Освітні та інформаційні кампанії сприяють підвищенню обізнаності громадськості та активізації заходів попередження пожеж.

Узагальнюючи, введені заходи екологічної безпеки суттєво зменшили вразливість екосистем до низових пожеж, вдосконалили реагування на них та сприяли загальному покращенню стану довкілля.[2]. Отримані результати відображають потенціал інтегрованого управління ризиками для забезпечення стійкості екосистем та збереження природних ресурсів.

### Висновки

Розроблені стратегії та технології є критичними для забезпечення стабільності екосистем перед низовими пожежами. Рекомендації можуть бути успішно використані для збереження біорізноманіття та екологічної рівноваги в природних об'єктах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Barabash O., Bandurka O., Svyinchuk O., Tverdenko H. Method of Identification of Tree Species Composition of Forests on the Basis of Geographic Information Database. Advanced Information Systems. 2022 Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2006). Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
2. Svyinchuk O., Bandurka O., Shvaiko V. Forest monitoring information system during fire hazardous period. Modern systems of science and education in the USA, EU and other countries Sworld: Conference proceedings «Sworld-Us conference proceedings», on January 31, 2022.

*Зінченко Анна Андріївна* – студентка кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: eko18.zinchenko@gmail.com

## РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі проводиться обґрунтування важливості термомодернізації приватних будинків з урахуванням сучасних тенденцій в галузі екології та енергозбереження. Досліджуються різні методи і матеріали для удосконалення теплоізоляції.*

**Ключові слова:** термомодернізація, енергозбереження, теплоізоляція.

### *Abstract*

*The work provides a rationale for the importance of thermal modernization of private houses, taking into account modern trends in the field of ecology and energy saving. Various methods and materials are being studied for improving thermal insulation.*

**Keywords:** thermal modernization, energy saving, thermal insulation.

### **Вступ**

Тема "Сучасні методи термомодернізації приватних одноквартирних будинків" є вкрай важливою у сучасних умовах, оскільки енергоефективність та теплозбереження стають пріоритетними завданнями в будівельній галузі. Застосування новітніх методів термомодернізації є ключовим елементом стратегій по зменшенню викидів CO<sub>2</sub>, підвищенню комфорту проживання та економії енергоресурсів.

### **Результати дослідження**

Україна володіє однією з найбільш енерговитратних економік у Європі. Майже половину загального обсягу енергії в країні використовує сектор житлово-комунального господарства, який тривалий час залишається застарілим і потребує суттєвого оновлення [1].

За даними Програми Розвитку Об'єднаних Націй (ПРООН) в Україні, через відсутність заходів щодо підвищення енергоефективності будівель, тепловтрати можуть сягати до 47%. За інформацією Європейсько-українського енергетичного агентства, впровадження тепло модернізації та капітального ремонту в будівлях може призвести до зменшення річного споживання енергії та втрат на рівні від 10% до 25%. Взагалі в Україні існує потенціал для скорочення витрат енергії на 75%. Це вимагає активізації не лише законодавчої бази, але і показу успішних прикладів міст та сіл, які вже успішно модернізували свої системи енергозабезпечення [2].

Основні вимоги до теплозахисних характеристик зовнішніх стін, які встановлені в державних будівельних нормах (ДБН), залежать від декількох факторів, включаючи тип матеріалу для теплоізоляції, його товщину та якість виконання робіт. При використанні систем зовнішнього утеплення будинку, важливо уточнити, які характеристики утеплювача потрібні саме для даного будинку. Це може бути захист від атмосферних впливів, запобігання промерзанню та розмерзанню, уникнення появи тріщин, збільшення міцності стін та створення комфортного мікроклімату всередині будинку, щодо вологопроникності.

Мінераловатні матеріали для теплоізоляції, які використовуються у фасадних системах для зовнішнього утеплення, виробляються зі шлакового або кам'яного сировини. Вони відзначаються високою теплоізоляційністю і звукоізоляційністю, стійкістю до температурних змін, невразливістю до вологи та хімічної стійкістю.

Теплоізоляційні матеріали зі скловолна мають високу ізоляційну здатність та відрізняються високою міцністю й еластичністю. Вони не містять корозійних речовин, негігроскопічні й відрізняються хімічною стійкістю й негорючістю.

Також для максимального підвищення енергоефективності у деяких випадках варто відмовитися від централізованого опалення на користь автономного джерела опалення, наприклад, теплового повітряного насоса який буде живитися від альтернативного джерела електроенергії. В такому випадку тепловтрати будинку будуть зменшені та витрата коштів на опалення буд мінімальна.

Таблиця 1 – Економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації.

Місяць	Витрати на опалення до термомодернізації, грн	Витрати на опалення після утеплення та встановлення Т.Н., грн	Витрати на опалення після встановлення сонячної панелі, грн	Економія після встановлення сонячної панелі	Економія після впровадження всіх заходів по термомодернізації
Січень	1765,7	434,4	–	434,4	1765,7
Лютий	1303,9	257,2	–	257,2	1303,9
Березень	1385,4	252,8	–	252,8	1385,4
Квітень	787,8	87,6	–	87,6	787,8
Травень	190	17,2	–	17,2	190
Червень	–	206,9	–	206,9	206,9
Липень	–	188,6	–	188,6	188,6
Серпень	–	230,7	–	230,7	230,7
Вересень	353	13,4	–	13,4	353
Жовтень	570,4	43,4	–	43,4	570,4
Листопад	1276,7	226,5	–	226,5	1276,7
Грудень	1711,4	428,6	–	428,6	1711,4
Сума	9344,9	2387,7	–	2387,7	9970,5

### Висновки

Таким чином, в Україні є гостра проблема з енергоефективністю житлових будинків та житлового фонду в цілому, що зумовлює необхідність розробки заходів термомодернізації та підвищення енергоефективності будинків, внаслідок чого можна значно зменшити споживання енергоресурсів будинками, що позитивно вплине на економіку України та її екологічний стан.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Trehobchuk V., Veklych O. Resource-ecological security - Economy of Ukraine. – 2002. – No. 4.
2. Mytsa N.V. The essence and problems of energy saving in Ukraine - N.V. Mytsa - Sustainable development of the economy. – 2011. - No. 4.

**Левчук Назар Дмитрович** – студент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [eko18.levchuk@gmail.com](mailto:eko18.levchuk@gmail.com)

**Петрук Роман Васильович** – докт. техн. наук, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [petrukrv@vntu.edu.ua](mailto:petrukrv@vntu.edu.ua)

**Levchuk Nazar Dmytrovych** - student of the Department of Ecology, Chemistry and Technologies of Environmental Protection, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [eko18.levchuk@gmail.com](mailto:eko18.levchuk@gmail.com)

**Petruk Roman Vasyliovych** - Dr. technical of Sciences, professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [petrukrv@vntu.edu.ua](mailto:petrukrv@vntu.edu.ua)

*Електронне наукове видання*

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ  
В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ**

Збірник доповідей  
Міжнародної науково-технічної конференції  
21-23 листопада 2023 року

Матеріали подаються в авторській редакції

Підписано до видання 10.02.2024 р.  
Гарнітура Times New Roman.  
Зам. № P2024-070

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
Редакційно-видавничий відділ

ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 65-18-06,  
press.vntu.edu.ua,  
Email: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.