

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ РІШЕНЬ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ ЗАБУДОВИ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Результатом представлених досліджень є висновки за результати чисельного моделювання перенесення теплової енергії в багатошарових цегляних зовнішніх стінах в багатоповерхових житлових будівлях перших масових серій забудови. Презентовано та проаналізовано отримані топологію ізоліній температурних полів, встановлено величини температур на зовнішній та внутрішній поверхні стін, вплив товщини утеплювача на характер розподілу теплової енергії в товщі захисної цегляної стіни. За результатами дослідження зроблено висновки. А також констатовано, про можливість використання проекту повторного використання з товщиною утеплювача 150 мм, з дотриманням виконання вимог ДБН з термомодернізації 2021 р. Рекомендовано, в проектах з капітального ремонту спрямованого на термомодернізацію, орієнтуватися на досягнення класу енергоефективності «С».*

**Ключові слова:** термомодернізація, енергоефективні заходи, числове моделювання, житловий будинок, ізополя температур, програмний комплекс, тепла енергія, проект повторного використання, державні будівельні норми, приведений термічний опір.

### **Abstract**

*The results of the presented research are conclusions based on the results of numerical modeling of heat energy transfer in multilayer brick external walls in multi-story residential buildings of the first mass series of construction. The obtained topology of temperature field contours is presented and analyzed, the temperature values on the outer and inner surfaces of the walls are determined, and the influence of the thickness of the insulation on the nature of the distribution of thermal energy in the thickness of the protective brick wall is determined. Conclusions are drawn based on the results of the study. It was also stated that it is possible to use a reuse project with a 150 mm insulation thickness, in compliance with the requirements of the DBN for thermal modernization 2021. It is recommended that in major renovation projects aimed at thermal modernization, focus on achieving energy efficiency class "C"*

**Keywords:** thermal modernization, energy-efficient measures, numerical modeling, residential building, temperature isofields, software package, thermal energy, reuse project, state building codes, reduced thermal resistance.

### **Вступ**

Нинішній житловий фонд України складається в тому числі, як з великопанельних, так і цегляних житлових п'ятиповерхових будинків перших масових серій, які зведено в різні періоди будівництва, починаючи з 60-х років минулого сторіччя. Вони мають ряд суттєвих конструктивних та архітектурних недоліків та не відповідають сучасним вимогам енергозбереження, а тому потребують нагального впровадження комплексу заходів з утеплення будівлі та модернізації інженерних систем із метою приведення у відповідність до сучасних вимог з енергоефективності [3].

Для вдалого проведення заходів з підвищення енергетичної ефективності житлових будівель масових серій забудови важливим та складним є визначення пріоритетного напрямку вдосконалення кожного будинку окремо, адже вони є індивідуальними, виходячи з існуючого стану конструктивних особливостей будинків та їх нагальних потреб в термомодернізації [1-2]. Тому заходи з термомодернізації, їх ефективність, також підходи до їх розробки мають бути універсальними, щоб досягти максимального результату термомодернізації для будівель масових серій забудови.

### **Результати дослідження**

Стан в житлово-комунальному господарстві України [5]:

- 40% теплової і 25% електричної енергії в Україні споживається житловим комплексом і муніципальними будівлями;

- близько 80% багатоповерхівок України потребують ремонту і втрачають до 60% енергії;
- лише 20% житлового фонду забезпечено лічильниками тепла.

Відтак, оптимальним можна вважати варіант, коли модернізація типової забудови відбуватиметься на основі типових проєктних рішень із врахуванням індивідуальних особливостей і конкретних умов. Такий підхід дасть змогу розробити нові, прогресивні методики і технології реалізації заходів з термомодернізації і проведення будівельно-монтажних робіт в складних умовах капітальних ремонтів, створити матеріальну базу ремонтно-будівельного комплексу з кваліфікованими спеціалістами, технікою та устаткуванням.

ДУ Фонд енергоефективності підтримує об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) під час впровадження енергоефективних заходів та заходів із відновлення будинків — надає гранти на реалізацію комплексних технічних рішень з урахуванням найкращих європейських практик з термомодернізації будівель.

В рамках реалізації своєї статутної діяльності зі впровадження енергоефективних заходів на сайті Фонду презентовано проєкт з термомодернізації повторного використання ([https://eefund.org.ua/document-type/?page=2&filter&cat\\_doc=270](https://eefund.org.ua/document-type/?page=2&filter&cat_doc=270)) розроблений для будівель перших масових серій забудови (серія 087), з врахуванням вимог ДБН з термомодернізації 2016 р.

Метою проведення дослідження було з'ясування можливості використання проєктних матеріалів з врахуванням змін в ДБН, а саме: введенням в дію ДБН теплоізоляція 2021 р.

Уточнення змін в ДБН теплоізоляція 2021 р. в порівнянні з ДБН з термомодернізації 2016 р.

Таблиця 1 – Мінімум допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{qm\min}$

Ч. ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qm\min}$ м <sup>2</sup> *К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщенні покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

З врахуванням п. 5.2.2 [9], «При реконструкції, капітальному ремонті визначених проєктною документацією частин будівлі, у тому числі з метою термомодернізації, для непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та зовнішніх дверей в місцях загального користування багатоквартирних житлових та громадських будівель допускається зниження значень приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від  $R_{qm\min}$  при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (5) та (6).

З врахуванням положень п. 5.2.2 [9], табл. 1, для I-го температурно-кліматичного району набуде вигляду:

Таблиця 2 – Мінімум допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{qm\min}$

Ч. ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qm\min}$ м <sup>2</sup> *К/Вт, для температурної зони	
		I (2016)	I (2021)
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	3,30	3,00
2	Суміщенні покриття, що межують із зовнішнім повітрям	6,00	5,25

3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	4,95	3,75
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,675
6	Зенітні ліхтарі	--	0,60
7	Зовнішні двері	0,60	0,525

Як слідує з порівняння показників приведенного термічного опору граничного за вимогами ДБН 2016 р. з допустимими ДБН 2021, допустимі є дещо нижчими, але при цьому є обов'язковим виконання умов 5 та 6 [9]. Дані умови є обмеженням різниці температур між внутрішньою поверхнею огорожуючих конструкцій, теплопровідних включень з температурою внутрішнього повітря. Тобто мова йде про забезпечення комфортних умов в процесі експлуатації будівель після реалізації заходів з термомодернізації. Питанням виконання умови «5» для зовнішньої цегляної стіни багатоповерхового житлового будинку і було присвячене числове дослідження виконане в ПК «LIRA SAPR».

### ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Ознайомитись з існуючим інженерним досвідом числового моделювання теплових потоків в багатошарових будівельних конструкціях.
2. Уточнити методика для моделювання процесів перенесення теплової енергії в ПК «LIRA SAPR» та напрацювати практичний досвід в цьому напрямку.
3. На основі числових моделювань для зовнішньої стіни із силікатної цегли для житлової багатоповерхової будівлі встановити вплив наявності утеплювача із пінополістиролу та його товщини на:
  - на температуру внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної стіни;
  - на температуру зовнішньої поверхні зовнішньої огорожувальної стіни;
  - встановити глибину нормативного прогріву стіни.
4. Дослідити на основі числового моделювання, вплив металевих арматурних сіток на картину теплового поля (ізополя поширення теплової енергії) для багатошарової конструкції зовнішньої цегляної стіни;
5. Розробити висновки за результатами числових моделювань перенесення теплової енергії в багатошаровій конструкції зовнішній цегляній стіні;
6. Розробити рекомендації щодо конструктивних рішень утеплення зовнішніх цегляних стін житлових та громадських будівель перших масових серій житлової забудови.

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ВИСНОВКИ ДО МКР

№ варіанту	Характеристика варіанту	Температура внутрішня на поверхні стіни, °С	Температура зовнішня на поверхні стіни, °С	Глибина нормативного прогріву стіни, см	Довжина площадки стабільного прогріву, см	Довжина площадки стабільного охолодження, см	2	3
1	<b>Цегляна стіна без утеплювача.</b>	+13.4	-20.5	-	19,0	32,0	+	530
2	<b>3 утеплювачем 10 см</b>	+18.3	-22.3	13,0	54,0	7,0	-	630
3	<b>3 утеплювачем 15 см</b>	+18.7	-22.5	23,0	56,0	10,0	-	680
4	<b>3 утеплювачем 15 см</b>	+18.7	-22.5	22,0	56,0	10,0	-	680
5	<b>3 утеплювачем 20 см</b>	-19.0	-22.6	30.0	58.0	13.0	-	730

2 - проявлення арматурних включень «+» -є, «-» немає.

3 - загальна товщина стіни (з врахуванням утеплювача) в модельному експерименті.

## ВИСНОВКИ

1. Було виконано пошук та ознайомлення з доступною інформацією стосовно досвіду числового моделювання поширення потоків теплової енергії в багатошарових цегляних стінах багатоповерхових житлово-громадських будівель.
2. уточнено та верифіковано методика виконання числових моделювань розповсюдження теплових потоків в багатошарових цегляних стінах в середовищі програмного комплексу «*LIRA SAPR*».
3. На основі числового моделювання перенесення теплової енергії в багатошаровій зовнішній цегляній стіні багатоповерхового житлового будинку розташованого в м. Чернігів встановлено наступне:
  - ✓ при відсутності утеплювача, температура внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної стіни менше мінімально допустимої за вимогами [9];
  - ✓ при відсутності утеплювача, температура зовнішньої поверхні зовнішньої огорожувальної стіни є найменшою за абсолютною величиною, а ніж в розглянутих варіантах з наявністю утеплювача, тобто має місце суттєва втрата теплової енергії в навколишнє середовище;
  - ✓ в розглянутих варіантах, з наявністю утеплювача товщиною 10,0; 15,0 та 20,0 см, вся товща цегляною стінки є в зоні з плюсовою температурою;
  - ✓ температура внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної стіни зростає зі збільшенням товщини утеплювача, та має найбільше значення +19,0 °C при товщині утеплювача 20,0 см;
  - ✓ зовнішня огорожувальна стіна має температуру мін. необхідну за вимогами [9] (+ 16,0 °C) на товщину 13,0 см при утеплювачі товщиною 10,0 см, 23,0 см при утеплювачі товщиною 15,0 см 30,0 см при утеплювачі товщиною 20,0 см,
4. Відчутний вплив на картину теплового поля, армувальні металеві сітки в цегляному муруванні проявляють у випадках, коли ці сітки мають безпосередній контакт з середовищем з від'ємною температурою.
5. Із врахуванням вимог, сьогодні діючих будівельних норм, для будівель житлового та громадського призначення мінімальною товщиною утеплювача в випадках виконання робіт з капітального ремонту є товщина 10,0 см.
6. При виконанні робіт з капітального ремонту для будівель житлового та громадського призначення оптимальним слід вважати товщину утеплювача не більше 15,0 см, а клас енергетичної ефективності «С».
7. Представлений на сайті «Держенергоефективності» проект повторного використання для термомодернізації будівель перших масових серій житлової забудови розроблений на основі вимог ДБН 2016 р. може задовольняти і вимоги ДБН 2021 р. за умови дотримання вимог п. 5.2.2 [9].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Термомодернізація житла: перші кроки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pay.vn.ua/articles/86>
2. Програма ЕнергоДІМ Фонду енергоефективності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energodim.org/>
3. Термомодернізація житла як спосіб заощадити на тарифах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vcs.vn.ua/httpvcsvnuaadminsmsgmenutems.html>
4. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», №2, ст. 8, 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
5. International Energy Agency (Міжнародне енергетичне агентство). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iea.org/>
6. Дмитрук В. П. Модернізація житлових будинків перших масових серій / В. П. Дмитрук, Т. О. Мілаш. – Вісник НУВГП, випуск 1 (65), 2014. – с. 359-366.
7. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 — [Чинний від 2017-04-01]. – Київ, 2017.

8. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 — [Чинний від 2019-12-01]. – Київ, 2019.
9. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність: ДБН В.1.2-11:2021 — [Чинний від 2022-09-01]. – Київ, 2022.
10. Визначення класу наслідків (відповідальності): ДСТУ 8855:2019 — [Чинний від 2019-12-01]. – Київ, 2019.
11. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013 — [Чинний від 2014-01-01]. – Київ, 2013.
12. Інклюзивність будівель і споруд: ДБН В.2.2-40:2018 — [Чинний від 2019-04-01]. – Київ, 2018.

***Іванинюк Олександр Михайлович*** – студент гр. Б-23 м , факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

***Слівінський Владислав Васильович*** – студент гр. Б-23 м , факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

***Андрухов Валерій Михайлович*** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

#### **OPTIMIZATION OF ENGINEERING AND CONSTRUCTION SOLUTIONS DURING THERMAL MODERNIZATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS OF THE FIRST MASS SERIES OF BUILDING**

***Oleksandr IVANYNIUK*** — student group B-23 m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

***Vladyslav SLIVINSKYI*** — student group B-23 m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

***Valeriy ANDRUKHOV*** — Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia.