

ОЦІНКА КЛАСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ “ARCHICAD”

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано розрахунок класу енергоефективності будівлі з використанням сучасного пакету EcoDesigner STAR програмного комплексу «ARCHICAD». Виконано порівняння для стін з різних матеріалів огорожувальних конструкцій.

Ключові слова: оцінка класу енергоефективності, BEM моделювання, енергетичні показники.

Abstract

The energy efficiency class of the building has been calculated using the modern EcoDesigner STAR ARCHICAD software package. Comparison for walls made of different materials of enclosing structures is made.

Keywords: energy efficiency' class assessment, BEM modeling, multicriteria, energy performance.

Вступ

Визначення терміну енергетичного моделювання будівель (*Building Energy Modeling, BEM*) у різних авторів трактується по-різному, але суть при цьому залишається однаковою. В загальному розумінні BEM – моделювання енергоспоживання будівлі, або енергомоделювання будівель. Тобто це серія інженерних розрахунків, що дозволяють прогнозувати споживання енергії будівлею протягом року.

BEM прогнозує енергоефективність на основі даних типового метеорологічного року (Typical Meteorological Year - TMY), а також припущень щодо експлуатації будівель, що, в свою чергу, дозволяє розрахувати різні енергозберігаючі заходи [1-3]. BEM може бути використаний для оцінки споживання енергії в будівництві при застосуванні різних дизайнерських рішень та допомагає проектувальникам приймати найкращі рішення [1-3].

Очевидно, що енергомоделювання – це мистецтво, яке є нагальною необхідною сучасною компетенцією для інженера у будівництві. Як зазначає автор [4], енергомоделювання – це ціла галузь, яка може стати необхідним та корисним доповненням до будь-якого проекту. Можливість побудувати і розрахувати єдину модель будівлі в актуальних умовах експлуатації, з урахуванням динаміки і реальної фізики процесів, дає величезні можливості для прийняття проектних рішень і контролю їх якості.

Погодинні профілі холодильних і опалювальних навантажень, ефективність рекуперації і теплових насосів, природне освітлення і вплив на сусідні будівлі, оптимальна орієнтація і склад огорожувальних конструкцій – цілий комплекс інженерних розрахунків, які неможливо провести вручну [4]. Тому, використання сучасного програмного забезпечення для виконання моделювання є нагальною потребою сучасного рівня розвитку інформаційних технологій. Одним з багатьох програмних комплексів для виконання такого моделювання є «ArchiCAD»[5] – один з найбільш затребуваних програмних продуктів на ринку проектування будівель та споруд. В основі її роботи лежить технологія інформаційного моделювання будівлі (Building Information Modelling, скор. — BIM). Дана технологія передбачає створення цифрової копії спроектованої будівлі, з якої можна отримати будь-яку інформацію про нього, починаючи від ортогональних креслень тривимірних зображень, закінчуючи кошторисами на матеріали та звітами про енергоефективність будівлі [1].

Головна перевага технологій, використаних в «ArchiCAD», полягає в колосальній економії часу на випуск проектної документації [6]. Створення і редагування проектів відрізняються швидкістю і зручністю завдяки значній бібліотеці елементів, а також можливості миттєво перебудувати будинок у зв'язку з внесеними змінами.

За допомогою «ArchiCAD» можна підготувати ескізне рішення майбутнього будинку, на його основі розробити конструктивні елементи і випустити повноцінні креслення для будівництва, що відповідають вимогам державних стандартів ДСТУ та ГОСТ. У даному аналізі розглянуто розрахунок класу енергоефективності житлового будинку з використанням пакету EcoDesigner Star програмного комплексу «ArchiCAD» 19.

Результати дослідження

Для чисельного моделювання енергетичних показників огорожувальних конструкцій обрано 3 варіанти стін з натуральних матеріалів – з арболіту (тип «А»), стіна з землєбиту (тип «Б»), стіна з соллом'яної панелі (тип «В»). Для базового варіанту прийнято стіну з керамічної порожнистої цегли, що по зовнішньому шару утеплена мінераловатним утеплювачем типу «ROCKWOOL» [Ошибка! Источник ссылки не найден.] завтовшки 120 мм. При чому всі стіни з натуральних матеріалів виконано однакової товщини – 600 мм для більш об'єктивного аналізу та оцінки результатів. Стіна з цегли прийнята завтовшки 410 мм (20+250+120+20) мм.

Для моделювання енергетичних показників у якості об'єкту обрано одноповерховий будинок мансардного типу для сім'ї з чотирьох чоловік. Місце проектування – м. Вінниця. Габарити будинку в плані в осях 8000×9000 мм. 3D модель будинку наведено на рис. 1.

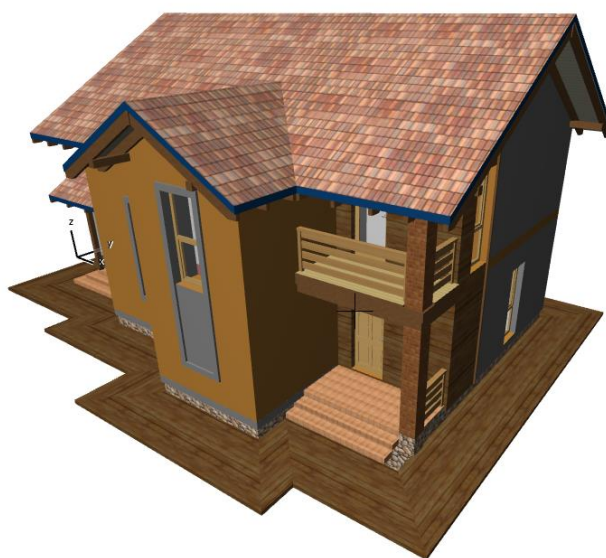


Рисунок 1 – Перспективне зображення будинку

Для моделювання використовувались кліматичні дані по м. Вінниця, при чому у програмі є можливість завантажувати їх з різних джерел (рис. 2-3).

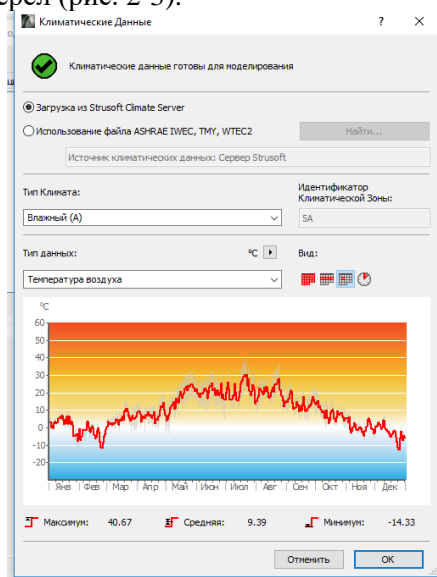


Рисунок 2 – Интерфейс программы Ecodesign Star для климатических данных

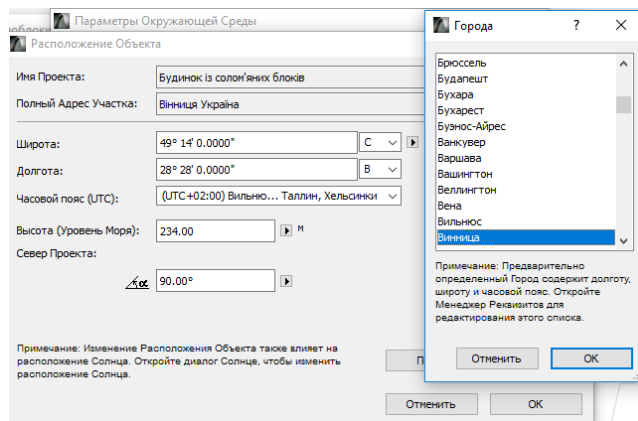


Рисунок 3 – Интерфейс программы Ecodesign Star для географічного розташування об'єкта моделювання

Для більш достовірної картини по розподілу енерговитрат всі внутрішні приміщення будинку виділялись у термоблоки, до яких можна прокріплювати схожі за тепловим режимом приміщення та моделювати різні режими експлуатації (рис. 4-5).

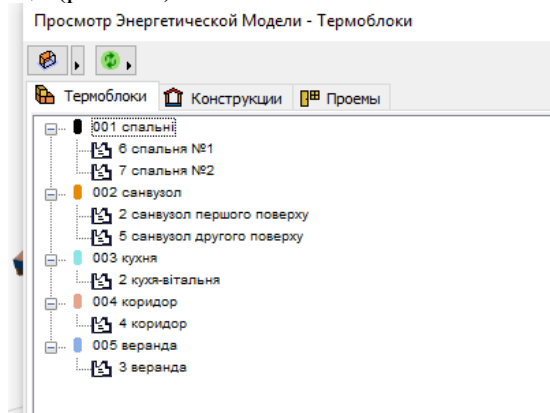


Рисунок 4 – Интерфейс программы Ecodesign Star для налаштування термоблоків в об'єкті моделювання

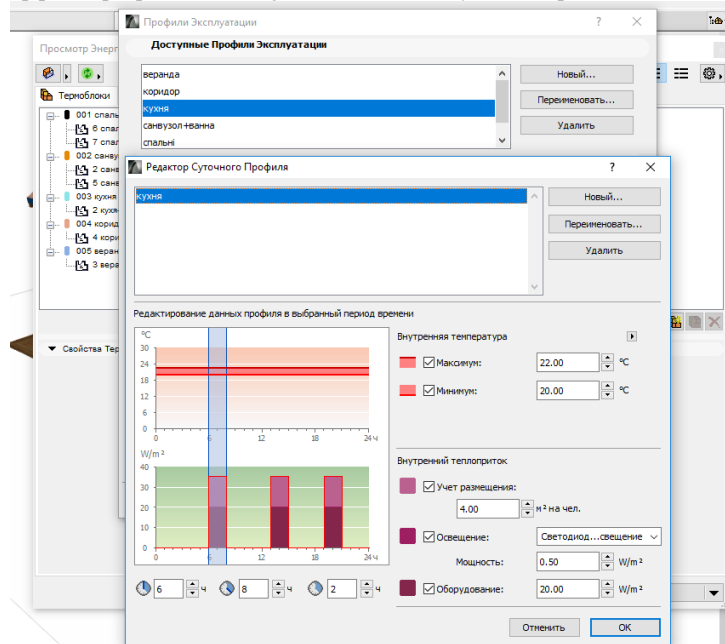


Рисунок 5 – Интерфейс программы Ecodesign Star для налаштування профілів експлуатації кожного з термоблоків в об'єкті моделювання

Для різних опалювальних приладів можливе налаштування режимів їх використання (рис. 6).

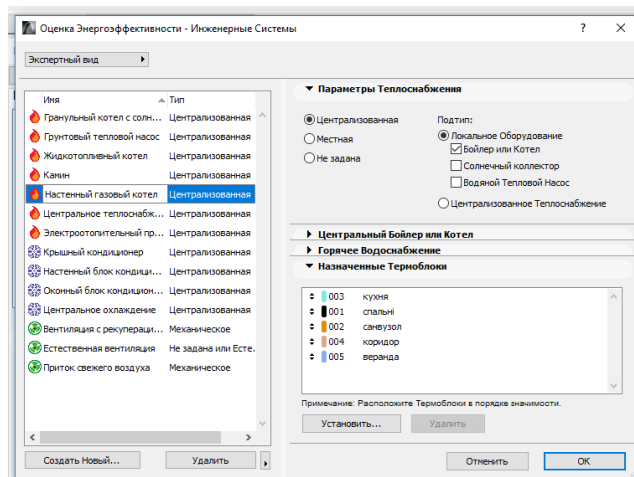


Рисунок 6 – Интерфейс программы Ecodesign Star для опалювальних приладів

Будь які розрахунки енергоефективності в кінцевому варіанті виражаються у грошовому еквіваленті, тому у програмі є зручне вікно для налаштування валюти та чинних тарифів на енергоносії (рис. 7). Так вартість електроенергії прийнято 1,68 грн/кВт×год, природного газу 7,0365 грн/м³. [78]

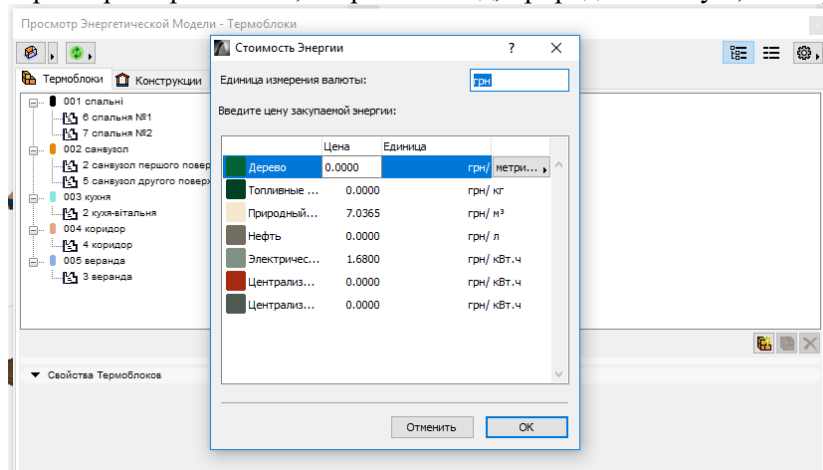
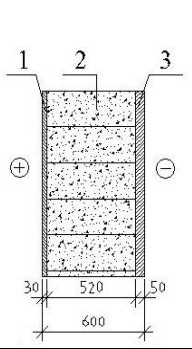
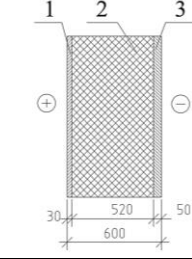
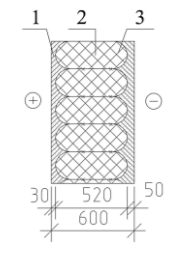
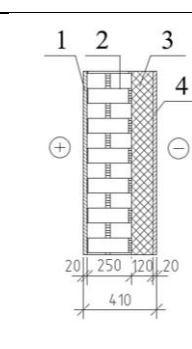


Рисунок 7 – Интерфейс программы Ecodesign Star для налаштування тарифів на енергоносії, що використовуються у процесі моделювання

Основний акцент у моделюванні енергетичних показників будівлі зроблено на порівнянні основних параметрів базового варіанту будинку з цегляної кладки, що утеплено мінераловатними плитами з іншими варіантами стінового огороження (арболіт, землебит, солом'яна панель). (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні характеристики матеріалів для влаштування багатошарових огорожувальних конструкцій

	Тепло-фізичні та механічні характеристики шарів конструкції стіни типу «А» (арболіт)	Конструктивний шар стіни починаючи з середини приміщення			
		Внутрішня вапняно-піщана штукатурка (1)	Арболіт з коноплию/конопель (2)	Зовнішня вапняно-піщана штукатурка (3)	
	Товщина шару, δi (м)	0.03	0.52	0.05	
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м ² ×К) за формулою (3.14) [99]	8.90	2.42	8.90	
	Термічний опір i -го шару, R_i (м ² ×К/Вт)	0.04	5.2	0.06	
	Показник теплової інерції шару за формулою (5) [1010]	0.33	12.58	0.55	
	Тепло-фізичні та механічні характеристики шарів конструкції стіни типу «Б»	Внутрішня вапняно-піщана штукатурка (1)	Солом'яна панель (2)	Зовнішня вапняно-піщана штукатурка (3)	
	Товщина шару, δi (м)	0.03	0.52	0.05	
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м ² ×К) за формулою (3.14) [99]	8.90	1.08	8.90	
	Термічний опір i -го шару, R_i (м ² ×К/Вт)	0.04	6.5	0.06	
	Показник теплової інерції шару за формулою (5) [10]	0.33	7.03	0.55	
	Тепло-фізичні та механічні характеристики шарів конструкції стіни типу «В»	Внутрішня вапняно-піщана штукатурка (1)	Землебит (2)	Зовнішня вапняно-піщана штукатурка (3)	
	Товщина шару, δi (м)	0.03	0.52	0.05	
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м ² ×К) за формулою (3.14) [99]	8.90	10.73	8.90	
	Термічний опір i -го шару, R_i (м ² ×К/Вт)	0.04	0.50	0.06	
	Показник теплової інерції шару за формулою (5) [1010]	0.33	5.31	0.55	
	Тепло-фізичні та механічні характеристики шарів конструкції стіни типу «базовий»	Внутрішня вапняно-піщана штукатурка (1)	Цегляна кладка з порожнистої цегли 250 мм (2)	Утеплювач мінераловатний 120 мм (3)	Зовнішня вапняно-піщана штукатурка (4)
	Товщина шару, δi (м)	0,02	0,25	0,12	0,02
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м ² ×К) за формулою (3.14) [99]	8,90	8,10	0,44	8,90
	Термічний опір i -го шару, R_i (м ² ×К/Вт)	0,02	0,39	3,08	0,02
	Показник теплової інерції шару за формулою (5) [1010]	0,22	3,16	1,34	0,22

В результаті чисельного моделювання енергоспоживання будинків виявилось, що найкращим є будинок з арболіту (рис. 3.8).

Якщо представити порівняння ключових результатів енергоспоживання у форматі гістограми Excel, то оцінка буде більш наглядною (рис. 8).

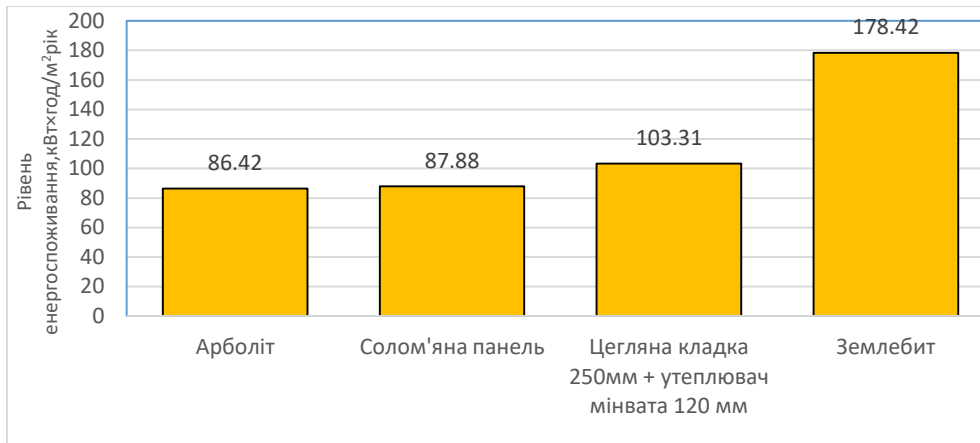


Рисунок 8 – Показники енергоспоживання для всіх типів стін

Також, за результатами моделювання, доречно визначити гіпотетичний клас енергоефективності будинку за ДБН В.2.6-31:2016 [Ошибка! Источник ссылки не найден.11]. Згідно цього нормативного документу загальний показник енергоефективності повинен визначатись умовою

$$EP \leq EP_{max}, \quad (1)$$

де, EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої енергопотреби будівлі, кВт·год/м², залежно від призначення будівлі, її поверховості та її температурної зони експлуатації.

Для житлових будинків розрахункове значення EP розраховується за наступною формулою [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f, \quad (2)$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт·год, що визначається відповідно за ДСТУ Б. А. А 2-12;

A_f – опалювана площа для житлової будівлі, м², що визначається згідно ДСТУ Б В. 2.2-39.

Клас енергоефективності за ДБН В.2.6-31:2016 [11] обчислено в табличній формі (табл. 2).

Таблиця 2 – До розрахунку класу енергоефективності

Показник	Будинок з арболіту	Будинок із землебиту	Будинок з солами	Будинок з цегли+утепл.
Річна енергопотреба будівлі для опалення $Q_{H,nd}$, кВт	9617.1	19961.1	9780.6	11514.6
Річна енергопотреба будівлі для охолодження $Q_{C,nd}$, кВт	0	0	0	0
Річна енергопотреба будівлі для гарячого водопостачання $Q_{DHW,nd}$, кВт	1548.4	1548.4	1548.4	1548.4
Опалювана площа для житлової будівлі A_f , м ²	151.4	151.4	151.4	140.2
EP , кВт·год/м ²	73.75	142.07	74.83	93.17
EP_{max} , кВт·год/м ²	120.00	120.00	120.00	120.00
$(EP-EP_{max})/EP_{max} \cdot 100\%$	-38.54	18.39	-37.64	-22.35
Клас енергоефективності	B	D	B	B

Висновки

1. Використання сучасного програмного комплексу «ArchiCAD» дозволяє ефективно використовувати потужний вбудований модуль EcoDesigner STAR який дозволяє виконувати моделювання енергетичних показників будівлі, ще задовго до втілення проекту у життя, що суттєво спрощує прийняття рішення при виборі найраціональнішого з точки зору енергоефективності типу багат шарової огорожуючої конструкції стіни.

2. Максимальний за своїми теплотехнічними характеристиками буде будинок з арболіту, а найгіршим з точки зору теплотехнічних розрахунків – варіант стіни із землебиту. Стіна з соломи та цегли знаходяться також в одному класі В.

2. Очевидним є факт, що комплексне врахування теплофізичних, економічних, механічних характеристик матеріалу стіни дасть можливість оцінити та обрати найбільш оптимальний варіант огорожувальної конструкції стіни для енергоефективного будинку ще на етапі концептуального проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Reeves T., Olbina S., Raja R. A. Issa Guidelines for Using Building Information Modeling for Energy Analysis of Buildings. *Buildings*. 2015. Vol. 5 P. 1361-1388.
2. Jalaei F., Jade A. Integrating building information modeling (bim) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings. *Journal of Information Technology in Construction*. 2014. Vol. 19. P. 494-519.
3. Harish V.S.K.V., Kumar A. A review on modeling and simulation of building energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 56. P.1272–1292. 31.
4. Герасимов Н. А. Моделирование энергопотребления зданий - краеугольный камень зеленого проектирования для инженеров. *Энергосбережение* .2014. №3. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5852 (дата звернення 22.11.2019).
5. GRAPHISOFT EcoDesignerSTAR URL: https://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/ (Дата звернення 10.11.2019).
6. Білоус І. Ю. Оцінювання енергоефективності будівлі в умовах динамічної зміни характеристик середовища: дис. ... канд. технічних наук: 05.14.01 / Нац. технічний ун-т України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». Київ, 2019. 236 с.
7. Електрична енергія (Тарифи на електроенергію для населення) URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=15013> (Дата звернення 07.12.2019).
8. Тарифи на газ для населення URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/> (Дата звернення 07.12.2019).
9. Філоненко О.І., Юрін О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель: навч. посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.
10. ДСТУ-Н. Б. В. 2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості будівлі. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с.
11. ДБН В.2.6-31:2016.Теплова ізоляція будівель. Норми проектування, виготовлення і монтажу: [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономіки України, 2017. 33 с.

Бевза Віталій Вікторович — студент групи Б-18м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vitalijbevza1@gmail.com.

Науковий керівник: **Бікс Юрій Семенович** — кандидат техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Bevza Vitaliy V. — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : vitalijbevza1@gmail.com.

Supervisor: **Biks Yuriy S.** — PhD, Assistant Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.