УДК 691.12

Ю. С. Бікс
О. Г. Ратушняк

ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЯ «ECODESIGNER STAR» ПРОГРАМИ ARCHICAD ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ КЛАСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

*Запропоновано використання модулю «EcoDesigner Star» програми ARCHICAD для моделювання енерговитрат будівлі з подальшим визначенням класу її енергоефективності за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Проведений аналіз енерговитрат для будинку котеджного типу виконаного з різних натуральних матеріалів. Показано, що найменші витрати, а саме 86,42 кВт*год/м^2*рік буде мати будинок зведений з арболіту, а найбільші витрати будуть у будинку із землебиту – 178, 42 кВт*год/м^2*рік. Отриману методику оцінки можна використовувати для первинного аналізу потенціалу енергоефективності будівлі на етапі її проектування. Очевидно, що даний інструментарій є надзвичайно затребуваний для кореляції результатів при виконанні розрахунків енергетичного паспорту будівлі.*

Ключові слова: Чисельне моделювання, BEM-технології, енергетичні параметри багатошарові огороджувальні конструкції.

Abstract

*It is proposed to use the «EcoDesigner Star» module of the ARCHICAD program to simulate the energy consumtion of a building with the further determination of its energy efficiency class according to National Code DBN B.2.6-31: 2016 "Thermal insulation of buildings". The analysis of energy consumption for a cottage-type house made of different natural materials shown, that the lowest costs, namely 86.42 kWh / m2 * year, will have a house built from hempcrete, and the highest costs will be in the house from the earthbags - 178, 42 kWh / m2 * year. The obtained estimation methodology can be used for the initial analysis of the energy efficiency potential of a building at the stage of its design. Obviously, this toolkit is extremely required for results correlation when performing the energy passport calculations of the building.*

Keywords: *Nu*merical modeling, BEM-technologies, energy parameters, multilayered wall structures.

Вступ

Сучасний стрімкий розвиток інформаційних технологій які проникають у всі без виключення сфери людської діяльності з однієї сторони, та зміна концепцій в архітектурному проектуванні, яка виражається у динамічно змінюваному середовищі антропогенної діяльності з іншої сторони, зумовлює широке використання засобів не тільки архітектурного чисельного моделювання, але й широкого впровадження сучасного інформаційного наповнення будівельного об'єкта (*building information modeling, BIM*) для об'єктів нового будівництва в різних пакетах прикладних програм, що дозволяють знайти оптимальне рішення, з точки зору енергофективності, впливу на довкілля, комфорту, а також вартості проектної пропозиції. Все це стає майже неможливим без використання сучасного програмного забезпечення для розрахунку не тільки фізико-механічних, економічних, а також теплотехнічних, енергетичних показників та параметрів будівлі, що проектується. Використання енергоефективних технологій є лейтмотивом сучасної концепції концепцією сталого розвитку (*Sustainable development*), що є не зовсім вдалим перекладом цього англомовного терміну на українську. Правильніше це звучатиме як гармонійний розвиток, який опосередковано імплементується в сучасну нормативну базу у галузі енергозбереження в будівництві.

Енергоефективність будівлі становиться узагальненою об'єктивною характеристикою, яку на етапі проектування слід прогнозувати та моделювати. За такої концепції, для визначення енергоефективності виникає потреба розробки нових методів і засобів підвищення енергоефективності будівель, потреба нового підходу до створення і використання вже розроблених САПР [1,2].

Результати дослідження

Для чисельного моделювання енергетичних показників огороджувальних конструкцій обрано 3 варіанти стін з натуральних матеріалів – з арболіту (тип «А»), стіна з землебиту (тип «Б»), стіна з солом'яної панелі (тип «В»). Для базового варіанту прийнято стіну з керамічної порожнистої цегли, що по зовнішньому шару утеплена мінераловатним утеплювачем типу «ROCKWOOL» [3] завтовшки 120 мм. При чому всі стіни з натуральних матеріалів виконано однакової товщини – 600 мм. Стіна з цегли прийнята завтовшки 410 мм (20+250+120+20) мм. Для моделювання енергетичних показників у якості об'єкту обрано одноповеворховий будинок мансардного типу для сім'ї з чотирьох чоловік. Місце проектування – м. Вінниця. Габарити будинку в плані в осях 8000×9000 мм. Планувальні рішення наведено на рис. 1-3.

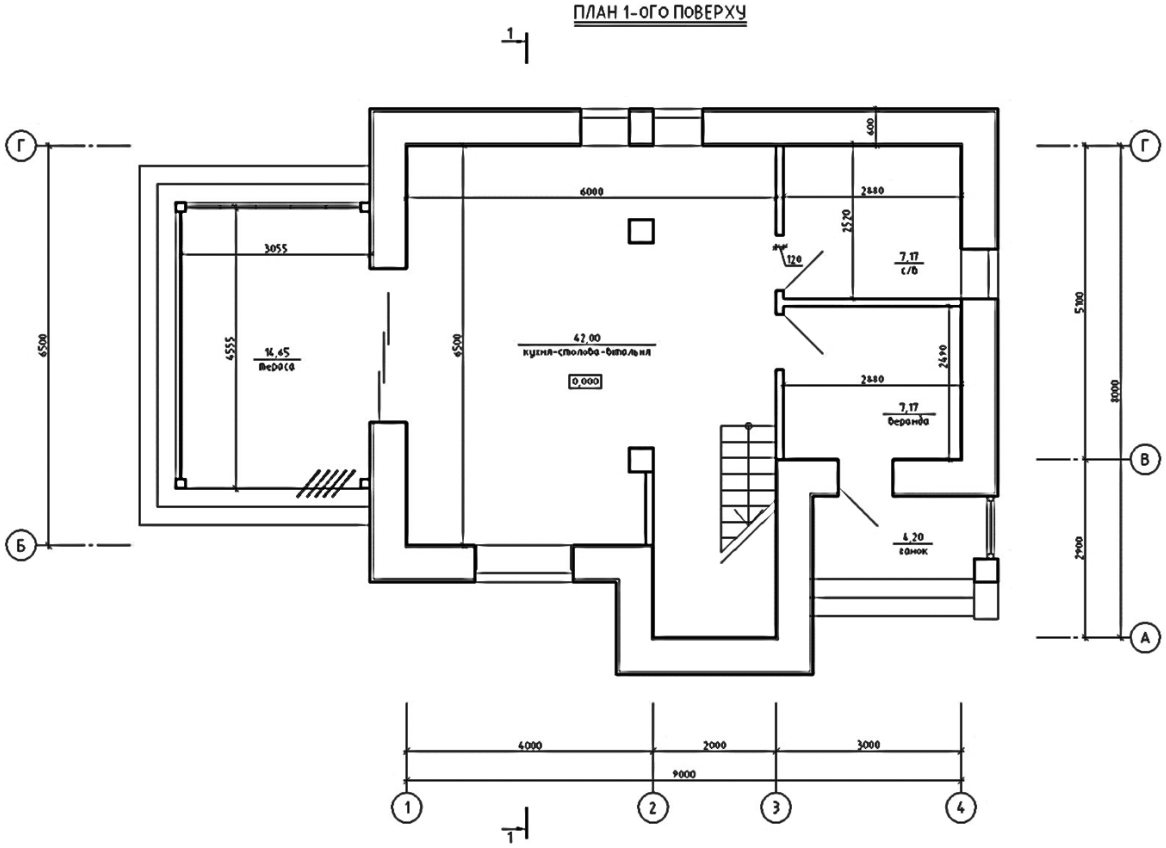


Рис. 1 – План першого поверху будинку

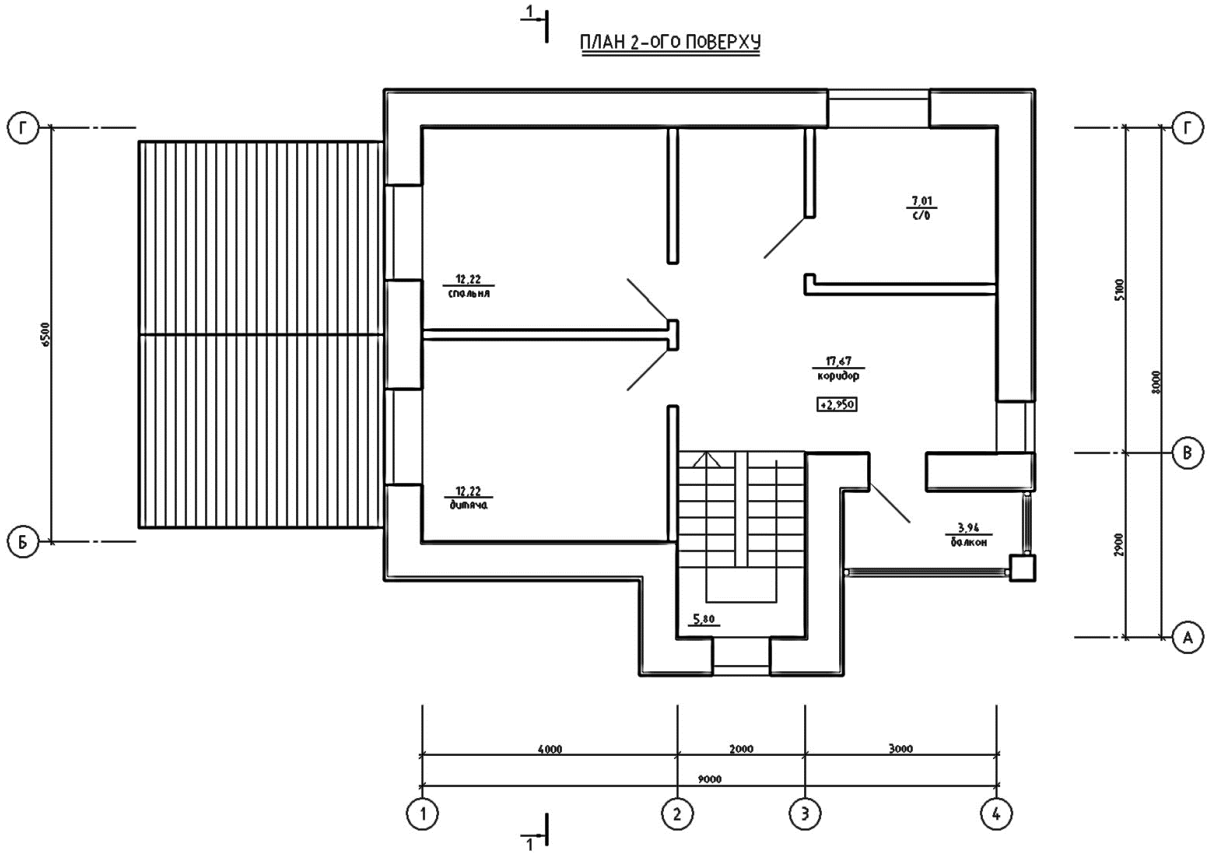
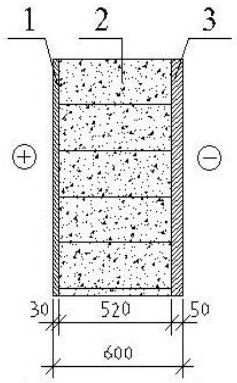
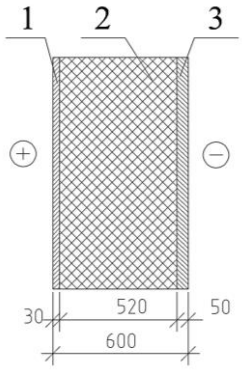
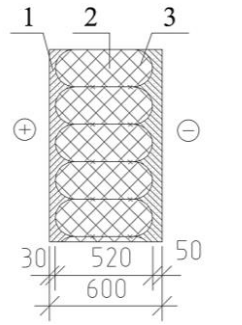
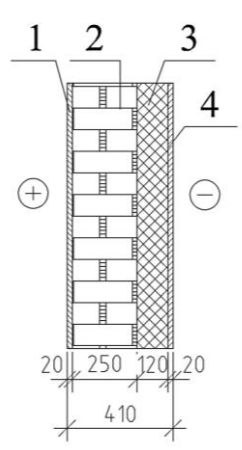


Рис. 2 – План другого поверху будинку

Рис. 3 – Перспективне зображення будинку

Основні тепло-фізичні та механічні характеристики типів стін, що оцінювались у роботі наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Тепло-фізичні та механічні характеристики багатошарових стін

	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 костри льону/конопель (2)	Зовнішня вапняно-піщана штукатурка (3)
	Товщина шару, δi (м)	0.03	0.52	0.05
	Маса 1м^2 стіни, кг	48	182	80
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м^2×К) за формулою (3.14) [4]	8.90	2.02	8.90
	Термічний опір i-го шару, R_i (м^2×К/Вт)	0.04	7.43	0.06
	Показник теплової інерції шару за формулою (5) [5]	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
	Маса 1м^2 стіни, кг	48	62.40	80
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м^2×К) за формулою (3.14) [4]	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) [5]	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
	Маса 1м^2 стіни, кг	48	936	80
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м^2×К) за формулою (3.14) [4]	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) [5]	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
	Маса 1м^2 стіни, кг	32	400	9,60	32
	Коеф. Теплозасвоєння шару, s_i (Вт/м^2×К) за формулою (3.14) [4]	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) [5]	0,22	3,16	1,34	0,22

Для моделювання використовувались кліматичні дані по м. Вінниця, при чому у програмі є можливість завантажувати їх з різних джерел (рис. 4, 5).

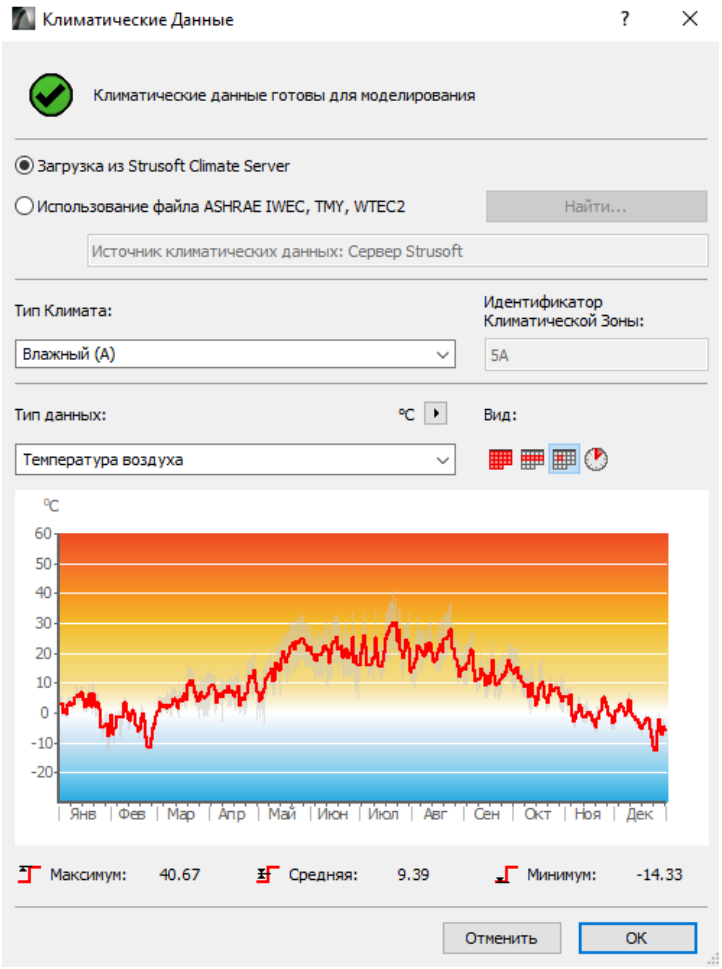


Рис. 4 – Інтерфейс програми Ecodesigner Star для кліматичних даних

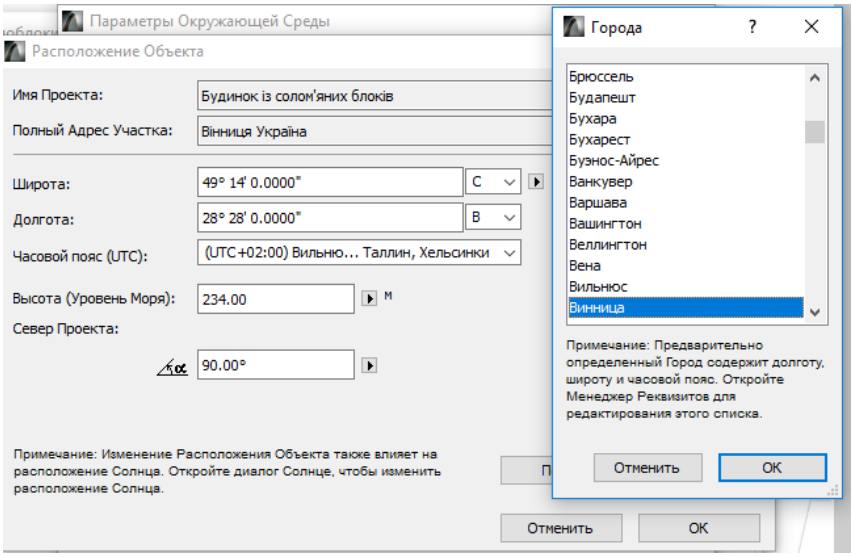


Рис. 5 – Інтерфейс програми Ecodesigner Star для географічного розташування об’єкта моделювання

Після проведення моделювання у програмі Ecodesigner Star від ArchiCAD результати можна представити у формі звіту як у форматі PDF так і у документах Excel.

Якщо представити порівняння ключових результатів енергоспоживання у форматі гістограми Excel, то оцінка буде більш наглядною (рис. 6).

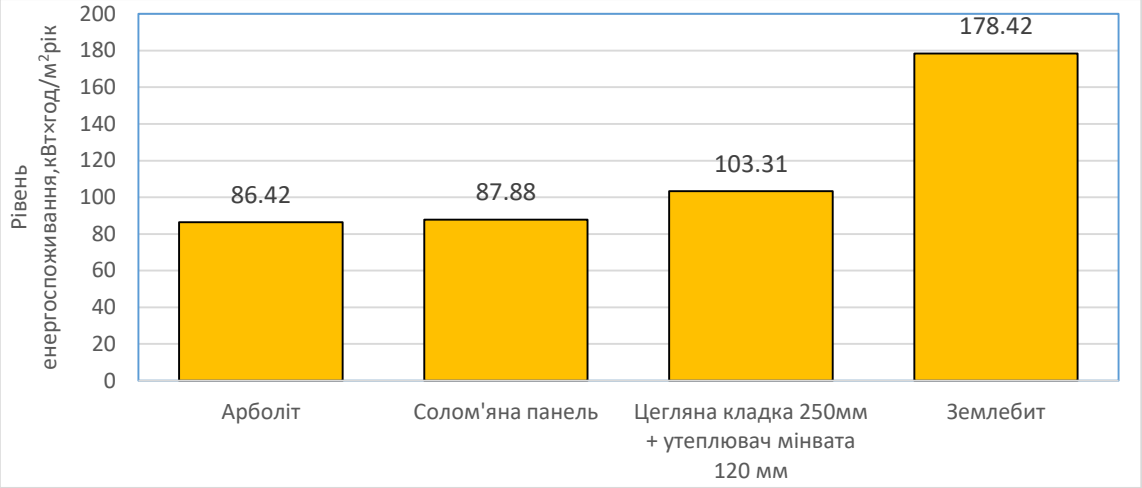


Рис. 6 – Показники енергоспоживання для всіх типів стін

Також, за результатами моделювання, доречно визначити гіпотетичний клас енергоефективності будинку за ДБН В.2.6-31:2016 [6]. Згідно цього нормативного документу загальний показник енергоефективності повинен визначатись умовою

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

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

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої енергопотреби будівлі, кВт·год/м^2, залежно від призначення будівлі, її поверховості та її температурної зони експлуатації.

Для житлових будинків розрахункове значення EP розраховується за наступною формулою [6]

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

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, м^2, що визначається згідно ДСТУ Б В. 2.2-39.

Клас енергоефективності визначаємо за даними табл. 2 по методиці [6].

Таблиця 2 – До розрахунку класу енергоефективності

Показник	Будинок з арболіту	Будинок із землебиту	Будинок з соломи	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 $Qc_{,nd}$, кВт	0	0	0	0
Річна енергопотреба будівлі для гаряче 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
EPmax, кВт×год/м^2	120.00	120.00	120.00	120.00
*(EP-EPmax)/Epmax**100%	-38.54	18.39	-37.64	-22.35
Клас енергоефективності за [6]	B	D	B	B

Аналіз табл. 2 корелює з результатами рис. 6 та свідчить про те, що максимальним 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.

Очевидним є факт, що комплексне врахування теплофізичних, економічних, механічних характеристик матеріалу стіни дасть можливість оцінити та обрати найбільш оптимальний варіант огороджувальної конструкції стіни для енергоефективного будинку.

Висновки

За результатами чисельного моделювання комплексу теплофізичних, фізико-механічних та енергетичних параметрів чотирьох типів огороджувальних конструкцій у модулі EcoDesigner STAR виявлено, що найбільш енергоефективним є варіант стіни з арболіту, яка володіє найбільшим відсотком по енергоефективності – мінус 38.54% та належить до класу ефективності «B», найвитратнішим варіантом є стіна із землебиту – плюс 18,39% відповідно (клас «D»), що пояснюється різницею в теплофізичних показниках основних матеріалів заповнювачів стінового огородження, а саме питомій теплоємності матеріалу конструкцій а також повітропроникністю.

Запропонований підхід може слугувати для оціночних розрахунків показників енергоспоживання будівель на стадії розробки проекту а також може бути корисним при розробці розділу проектної документації «Енергоефективність» для житлових та громадських будинків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чуприна Х. М. Інтегрована єдина енергетична модель будівлі. *Управління розвитком складних систем*. 2014. №17. С. 125-131.
2. Определение энергоэффективности здания в ARCHICAD. URL: https://autocad-specialist.ru/uroki-archicad/teplovoi-most.html (Дата звернення 04.03.2020).
3. ROCKWOOL. URL: https://www.rockwool.ua/ (дата звернення 28.02.2020 р).
4. Філоненко О.І., Юрін О.І. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель: навч. посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.
5. 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.
6. ДБН В.2.6-31:2016.Теплова ізоляція будівель. Норми проектування. виготовлення і монтажу: [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінегіонбуд України, 2017. 33 с.

Бікс Юрій Семенович – кандидат техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: biksyuriy@gmail.com.

Ратушняк Ольга Георгіївна - кандидат техн. наук, доцент кафедри економіка підприємства і виробничого менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: ogratushnyak@gmail.com.

Biks Yuriy S. – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: biksyuriy@gmail.com.

Ratushnyak Olga G. – PhD, Associate Professor of the Department of Economics of Enterprise and Industrial Management, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa. e-mail: ogratushnyak@gmail.com.