

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку

в контексті його життєвого циклу»

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-20мз спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

Лотоцький Р. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н. доцент каф. БМГА

Бікс Ю. С.

(прізвище та ініціали)

Опонент:

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА

к.т.н., доц. Швець В. В.

(прізвище та ініціали)

«14» 06

2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 рік

Вінницький національний технічний університет	
(повне найменування вищого навчального закладу)	
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії	
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури	
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр	
Напрямок підготовки	19 Архітектура та будівництво
(шифр і назва)	
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)	
Освітня програма	Промислове та цивільне будівництво
ЗАТВЕРДЖУЮ	
Завідуючий кафедри БМГА	
Швець В. В.	
14 06 2022 року	
ЗАВДАННЯ	
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА	
Лотоцькому Роману Олександровичу	
(прізвище, ім'я, по батькові)	
1. Тема проекту (роботи) _ «Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу»	
керівник роботи	Біке Ю. С., к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)	
затверджені наказом вищого навчального закладу від " " 2022 року №	
2. Строк подання магістрантом роботи	09.06.2022 р.
3. Вихідні дані до роботи	Дані публікацій щодо основних теплофізичних параметрів будівельних матеріалів та багатошарових конструкцій стін.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):	Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)
	Огляд світового та вітчизняного досвіду у визначенні ключових показників, які впливають на величину життєвого циклу будинку, на потенціал його енергоефективності в контексті теплоізоляційних матеріалів стін. Аналіз наявних програмних засобів оцінювання життєвого циклу будівель.
	Аналіз теплофізичних, фізико-механічних, економічних та кліматичних факторів впливу на енергоефективність теплоізоляційних оболонок будинків
	Проведення комплексного чисельного моделювання з визначення показників карбонового сліду під час видобування, зведення, експлуатації та утилізації основних конструкцій будинку з метою визначення оптимальної багатошарової конструкції стіни для варіантів будинків з різними типами теплоізоляційних оболонок з мінімальним впливом на оточуюче середовище.
	Економічна частина (оцінка економічної ефективності запропонованого кращого варіанту влаштування основних конструктивних елементів будинку)
	Розробка розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):	
	6-8 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)

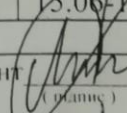
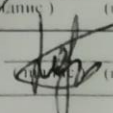
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання перевірено
1,2,3,4	Біке Ю. С. доцент кафедри БМГА	01.02.22	
5	ОП, Біке Ю.С. доц. кафедри БМГА	04.05.22	
6	Економічна частинка	21.05.22	

7. Дата видачі завдання 01.02. 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	01.02-07.02.22	
2	Аналіз теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів, які опосередковано впливають на енергоефективність теплоізоляційних оболонок будинків конструкцій. Аналіз систем оцінювання вуглецевого сліду при будівництві від антропогенної діяльності	08.02-22.02.22	
3	Аналіз матеріалів теплоізоляційних оболонок будинків та вибір типів стін для проведення числового моделювання.	23.02-15.03.22	
4	Визначення п'яти конструктивних варіантів влаштування основних елементів будинку, прорахунок показників енергоефективності та оцінки життєвого циклу за заданими критеріями у програмному продукті «Eco2soft - building calculator». Рекомендації з практичного використання результатів розрахунку та аналізу	16.03-15.05.22	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.05-20.05.22	
6	Економічна частина	21.05-23.05.22	
7	Оформлення МКР	24.05-29.05.22	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки та доопрацювання за потреби	01.06-09.06.22	
9	Попередній захист	10.06-13.06.22	
10	Рецензування	15.06-17.06.22	

Магістрант  Лотоцький Р.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи  Біке Ю.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.3.088

Лотоцький Р. О. Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – промислове та цивільне будівництво. Вінниця: ВНТУ, 2022. 117 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 141 назв; рис.: 16; табл. 17.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена питанню оцінки енергоефективності огороджувальних конструкцій з точки зору низки показників, в тому числі й теплотехнічних, в контексті життєвого циклу будівлі (Life cycle assessment-LCA).

У науковій частині наведено аналіз стану питання використання систем оцінки життєвого циклу секторі будівництва. Опосередковано життєвий цикл також може бути оцінений через витрати енергії на виробництво, експлуатацію та утилізацію матеріалу. В якості критеріїв оцінювання наведені потенціал глобального потепління, потенціал евтрифікації, потенціал підкислення та теплотехнічні показники – коефіцієнта теплопередачі а також ваги 1 м^2 стіни.

У технічній частині показано використання результатів наукового розділу на прикладі технічного об'єкта. У технологічній частині наведено організаційно-технологічні рішення щодо влаштування варіанту огороджувальних конструкцій за кращим варіантом багат шарового стінового огороження. Основний акцент роботи полягає у спробі вибору оптимального варіанту багат шарової огороджувальної конструкції стіни в контексті узагальненого мінімального впливу на оточуюче середовище. Чисельне моделювання оцінки життєвого циклу будівлі в контексті багат шарових огороджувальних конструкцій виконано для п'яти типів стін. В якості прикладного математичного апарату оцінки життєвого циклу (LCA) для моделювання тепловтрат через огороджувальну конструкцію стіни використано матеріал ресурсу [23].

Графічна частина містить 14 аркушів графічної частини.

У розділі охорони праці розглянуто основні питання, що стосуються розрахунку опору повторного заземлення нульового провода та зроблено висновки щодо прийняття заходів з покращення умов праці

У економічній частині виконано калькуляцію витрат на варіант влаштування стіни, яка виявилась оптимальною в контексті зазначених критерії оцінювання.

Ключові слова: оцінка життєвого циклу будівлі, LCA, тепотехнічний потенціал, багатокритеріальна оцінка, сталий розвиток, стале будівництво, багатошарові огорожувальні конструкції.

ABSTRACT

Lototskyi R. O. Assessment of the energy efficiency potential of a residential building in the context of its life cycle. Master's thesis in specialty 192 - Construction and civil engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 113 p. In Ukrainian language. Bibliography: 141 titles; fig.: 16; tabl. 17.

The master's qualification work is devoted to the issue of assessing the energy efficiency of enclosing structures in terms of a number of indicators, including thermal, in the context of the life cycle of the building.

The scientific part provides an analysis of the state of use of life cycle assessment systems in the construction sector. Indirectly, the life cycle can also be estimated through the energy costs of production, operation and disposal of the material. The evaluation criteria are the global warming potential, eutrophication potential, acidification potential and heat-technical indicators - heat transfer coefficient and weight of 1m² of the wall.

The technical part shows the use of the results of the scientific section on the example of a technical object. The main emphasis of the work is to try to choose the optimal variant of the multilayer wall enclosure construction in the context of the generalized minimal impact on the environment. Numerical modeling of life cycle assessment in the context of multilayer enclosing structures was performed for five types of walls. Resource material was used as an applied mathematical apparatus for life cycle estimation (LCA) for modeling heat losses through the wall enclosure [23].

The graphic part contains 14 sheets of the graphic part.

The section on labor protection considers the main issues related to the calculation of the resistance of re-grounding of the neutral wire and draws conclusions on the adoption of measures to improve working conditions

In the economic part, the calculation of costs for the option of wall installation was performed, which turned out to be optimal in the context of the specified evaluation criteria.

Key words: building life cycle assessment, LCA, teotechnical potential, multicriteria assessment, sustainable development, sustainable construction, multi-layered enclosing structures.

ВСТУП

У XXI столітті, в якому ми живемо, важко переоцінити негативний вплив будівельної індустрії на оточуюче середовище. Будівельна галузь є одним з найбільших експлуатантів як відновлюваних, так і невідновлюваних джерел енергії та природних ресурсів [1].

Питання забруднення атмосфери та погіршення якості життя внаслідок антропогенного впливу, зокрема будівництва вже давно є риторичними. У всьому світі будівельний сектор виснажує 40% природних матеріалів, споживає 40% загальної первинної енергії, 15% світових ресурсів прісної води, генерує 25% всіх відходів і викидає 40-50% парникових газів (ПГ) [2, 3]. Наприклад у США будівельний сектор є третім за величиною промисловим сектором внеску у викиди ПГ [4].

Щоб мінімізувати вплив галузі на навколишнє середовище, необхідно використовувати екологічні будівельні матеріали, які можуть бути оцінені по-новому крізь призму тисячолітньої людської діяльності у галузі будівництва та можуть стати основним напрямком досліджень і розробок у досягненні мети сталого будівництва.

Так, за даними [2] питання економіки довкілля та сталого розвитку стали центральним питанням, що потербують колективної уваги та термінового вирішення людьми в усіх країнах.

Оскільки будівельні процеси, що виконуються під час зведення будівлі а також експлуатація будівель споживають величезну кількість матеріалів та енергетичних ресурсів протягом усього терміну служби (життєвого циклу, *Life Cycle* – англ.), то будівлі мають безпосередній вплив на навколишнє середовище, починаючи від використання сировини під час будівництва, технічного обслуговування та ремонту до викидів шкідливих речовин протягом життєвого циклу будівлі [5].

Цілком очевидним є той факт, що будівельна галузь і навколишнє середовище нерозривно пов'язані між собою. Саме тому багато екологічних дискусій зосереджені на концепції екологічно сталого розвитку (*ecologically sustainable development ESD*).

Життєвий цикл – це послідовні та взаємопов’язані стадії продуктивної системи (чи послуги) – від придбання сировини чи її добування з природних ресурсів до остаточного видалення [6].

Принципи та методи оцінювання, аналізування та управління життєвим циклом визначені в міжнародних стандартах серії ISO 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework [107].

Саме тому збалансований, оптимальний вибір і використання матеріалів в контексті концепції сталого розвитку з урахуванням життєвого циклу будівлі відіграє важливу роль у проектуванні та будівництві все більш популярного сектору «зеленого» будівництва.

Досягнення мети стійкого будівництва полягає не в обмеженні загального обсягу будівництва, а в тому, щоб звернути більше уваги на те, як проектування та вибір будівельних матеріалів взагалі, та екологічних будівельних матеріалів зокрема можуть доповнити середовище для покращення якості життя, здоров’я та комфорту користувачів. Вибір матеріалів огорожувальних конструкцій стін, елементів перекриття/покриття не завжди очевидний, потребує одночасного аналізу цілої низки впливаючих факторів [4, 8, 9]. При цьому, акцент сталого розвитку зміщує фокус уваги інженерів та архітекторів з експлуатаційних характеристик матеріалів на мінімальний кумулятивний негативний внесок конкретного виду матеріалу у атмосферу в контексті викидів ПГ, руйнування озонового шару, величину первинної енергії, тощо [10]. Саме тому дана робота присвячена спробі оцінити варіанти влаштування багат шарових огорожувальних конструкцій стін саме з боку позиції LCA аналізу, який надасть додаткову інформацію про оптимальний вибір огорожувальної конструкції стіни з іншого ракурсу.

Актуальність теми.

Для більш об’єктивної оцінки альтернатив багат шарових стін для зведення малоповерхової будівлі слід оцінювати не тільки теплотехнічні та економічні показники огорожувальних конструкцій, а слід комплексно враховувати усі енергетичні затрати на видобуток, експлуатацію, утилізацію матеріалу стін (LCA) при його відповідності чинним будівельним нормам з енергоощадності [11-14], а також низку фізико-механічних [15], еколого-економічних [16, 17, 18, 19] та інших

параметрів матеріалу [20, 21, 22] для можливості прийняття рішення з вибору того чи іншого матеріалу для зведення стін.

Дана робота присвячена оцінці життєвого циклу багатошарових огорожувальних конструкцій стін для п'яти варіантів, популярних на сьогоднішній день у малоповерховій забудові України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дана робота виконана згідно з тематикою наукових досліджень кафедри Будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ, спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Мета і задачі дослідження.

Метою даної роботи є вирішення науково-технічної задачі аналізу та комплексної оцінки параметрів життєвого циклу будівлі для багатошарових конструкцій стін та вдосконалення методів та критеріїв оптимального вибору альтернативного варіанту багатошарової стіни в контексті низки фізико-механічних та екологічних параметрів. Відповідно до даної мети необхідно виконати наступні завдання:

- Проведення літературного огляду та аналізу методів та критеріїв оцінювання життєвого циклу будівель;
- Проведення комплексного чисельного моделювання з визначення обраних у дослідженні критеріїв оцінки життєвого циклу для всіх варіантів огорожувальних конструкцій;
- Виконати порівняльний аналіз отриманих результатів чисельного моделювання оцінки життєвого циклу для всіх типів стін;
- Розробити технологічну карту для влаштування оптимального типу багатошарової стіни з огляду на результати чисельного моделювання;
- Виконати розрахунок економічної частини з метою оцінити кошторисну вартість влаштування кращого варіанту багатошарової стіни.

Об'єктом дослідження даної роботи є комплекс фізико-механічних та енергетичних параметрів матеріалів стін які формують причинно-наслідкові зв'язки з критеріями оцінки життєвого циклу будівлі в розрізі огорожувальних конструкцій стін.

Предметом дослідження є комплексні параметри оцінки життєвого циклу багатошарових констукцій стін які дозволять враховувати додаткові фактори при аналізі альтернатив з метою прийняття управлінських рішень щодо ефективного варіанту багатошарової конструкції в малоповерховому будівництві.

Методи дослідження.

Одержані в даній роботі наукові результати отримано автором самостійно на основі узагальнень та аналізу літературних джерел та виконаних на основі їх розрахунків згідно бази матеріалів та розрахункових параметрів [23], аналіз результатів виконано за допомогою стандартних програм пакету MS Office.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у пропонуванні альтернативної методики щодо критеріїв та інструментарію щодо проведення оцінки при виборі варіанту стіни в контексті показників оцінки життєвого циклу (LCA) для багатошарових огорожувальних конструкцій стін;

Практичне значення одержаних результатів.

Запропонована в роботі методика може бути використана як додатковий інструментарій для інтелектуальної підтримки при прийнятті рішень щодо оптимального варіанту влаштування багатошарових огорожувальних конструкцій стін з різних матеріалів.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні результати даної роботи були представлені на LI Науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету НТКП ВНТУ (2022) м. Вінниця.

Публікації.

Основний зміст роботи викладено у тезах конференції

Y. Biks, R. Lototskiy, O. Ratushnyak. LCA analysis of popular envelope assemblies for low-storey construction segment. LI Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (31 травня, Вінниця, 2022). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15921> (дата звернення 20.06.2022). [78].

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ В КОНТЕКСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	13
1.1 Поняття оцінки життєвого циклу огороджувальних конструкцій (ОЖЦ) та його зв'язок з їх енергоефективністю	13
1.2 Нормативна база у галузі оцінки життєвого циклу	17
1.2 Вплив будівельних матеріалів на життєвий цикл.....	25
1.3 Висновки по розділу 1.	29
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	30
2.1 Критерії оцінки життєвого циклу огороджувальних конструкцій будинку	30
2.2 Стратегії та програмні продукти оцінки впливу будівель на навколишнє середовище.....	34
2.3 Передові світові стандарти у галузі енергоефективності будівництва в контексті сталого розвитку, що прямо впливають на оцінку життєвого циклу будівель	37
2.4 Висновки по розділу 2	38
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДИНКІВ НА ПРИКЛАДІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ ESO2SOFT [1].....	40
3.1 Вибір типів багатошарових огороджувальних конструкцій.....	40
3.2 Вибір критеріїв при моделюванні оцінки життєвого циклу багатошарових огороджувальних конструкцій.....	43
3.3 Аналіз отриманих результатів	46
3.4 Висновки по розділу 3	49
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	51
4.1 Архітектурно-будівельна рішення	51
4.1.1 Вихідні дані про об'єкти першої групи. Їх характеристика	51
4.1.2 Опис плану забудови	51
4.1.3 Підрахунок техніко-економічних показників	52
4.1.4 Об'ємно – планувальне рішення.....	52
4.1.5 Конструктивне рішення.....	53
4.1.6 Вихідні дані про об'єкти другої групи. Їх характеристика.....	55
4.2 Опис генерального плану	55
4.2.1 Підрахунок техніко-економічних показників	55
4.2.2 Об'ємно - планувальне рішення	56
4.3 Технологія будівельного виробництва	58

4.3.1	Організація виконання робіт	58
4.3.2	Технологія маркування зовнішніх та солом'яних блоків	62
4.3.3	Вимоги до якості та приймання робіт	70
4.3.4	Калькуляція трудовитрат та заробітної плати.....	72
4.3.5	Вимоги до охорони праці	72
4.4	Висновки по розділу 4	74
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		76
5.1	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	77
5.1.1	Мікроклімат	77
5.1.2	Склад повітря робочої зони.....	77
5.1.3	Виробниче	78
5.1.4	Виробничий шум і вібрації.....	79
5.1.5	Виробниче випромінювання	81
5.2	Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	82
5.2.1	Безпека щодо організації робочих місць	82
5.2.2	Електробезпека	83
5.3	Технічні рішення з пожежної безпеки	84
5.3.1	Технічні рішення системи запобігання пожежі	84
5.3.2	Технічні рішення системи протипожежного захисту.....	85
5.4	Розрахунок опору повторного заземлення нульового проводу.....	86
5.5	Висновки по розділу 5	88
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....		89
6.1	Висновки по розділу 6	89
ВИСНОВКИ.....		90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....		92
.....		101
ДОДАТКИ.....		101
Додаток А.....		102
Додаток Б.....		109

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ В КОНТЕКСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 Поняття оцінки життєвого циклу огороджувальних конструкцій (ОЖЦ) та його зв'язок з їх енергоефективністю

Згадане вперше під керівництвом Гро Харлем Брутланда у Звіті ООН 1987 року [2524] поняття та концепція «сталого розвитку», полягало в тому, що він (сталий розвиток) «... задовольняє нинішні потреби, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби». З моменту свого визначення це поняття має мали різні інтерпретації, але всі вони збігаються з «Теорією сталого розвитку трьох вимірів» згідно з якою, будь які вимірювання, які проводяться, мають поважати довкілля, бути економічно життєздатними та соціально справедливими [Ошибка! Источник ссылки не найден.20].

Було неминучим, що будівельна галузь опиниться в центрі занепокоєння суспільства щодо негативного впливу на навколишнє середовище. Екологічні проблеми, пов'язані з споживанням ресурсів були поширені з локального масштабу забруднення повітря в приміщеннях до глобального масштабу впливу зміни клімату та руйнування озонового шару.

Оскільки будівництво не є екологічно чистим процесом і має серйозний вплив на виснаження природних ресурсів та викидів парникових газів (ПГ) у результаті спалювання викопного палива, з урахуванням напрацювань науковців у всьому світі на перший план на сьогодні в будівельній галузі виходить не стільки економічна вартість житла, а вплив життєвого циклу будівлі на оточуюче середовище.

Мабуть це не панацеєю, але розумна та збалансована політика в сфері будівництва з урахуванням життєвого циклу будівлі є одним із способів, за допомогою якого будівельна галузь може зробити відповідальний внесок у захист навколишнього середовища [25].

Для того, щоб говорити про аналіз життєвого циклу в контексті будівельних конструкцій спочатку є сенс визначити поняття життєвий цикл.

На думку авторів ресурсу [6] життєвий цикл (*life cycle* – англ.) – послідовний та взаємопов’язаний ланцюжок стадій – від виробництва (видобування з надр Землі) матеріалу, системи (чи послуги), що включають необхідні дослідження і розробки, виробництво, постачання, транспортування, використання і технічне обслуговування протягом усього періоду існування продукту до його остаточної утилізації.

Кругообіг всіх процесів життєвого циклу наведено на рис.1.1.

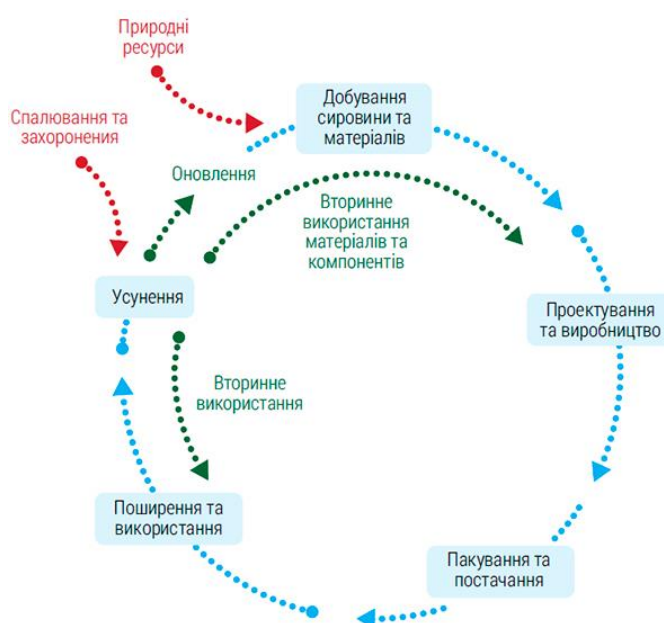


Рис. 1.1 – Концептуальне вигляд процесів «життєвого циклу» [26]

Життєвий цикл будівлі - це перелік етапів, через які вона проходить за весь період свого існування і на яких відбуваються різні процеси.

Якщо окреслити основні етапи життєвого циклу будівлі то ними будуть – планування (проектування), будівництво, експлуатація (зі всіма поточними діагностичними процедурами, оглядом технічного стану, технічним обслуговуванням, реконструкцією ремонт будівлі (за потреби), а на фінальній фазі також її ліквідація та утилізація.

Оцінка життєвого циклу (*Life Cycle Assessment – LCA* англ.) – це оцінка впливу на навколишнє середовище певного продукту протягом його терміну служби (починаючи з придбання сировини або генерування ресурсів і закінчуючи ліквідацією, розпродажем, завершенням послуг або утилізацією).

Метою LCA є порівняння екологічних показників продукції, щоб мати можливість вибрати найменш обтяжливий. Термін «життєвий цикл» відноситься до уявлення про те, що для справедливої, цілісної оцінки необхідно оцінити виробництво сировини, виробництво, розподіл, використання та утилізацію (включаючи всі проміжні етапи транспортування). Тоді це є «життєвим циклом» продукту. Концепція також може бути використана для оптимізації екологічних показників окремого продукту (екодизайн) або компанії.

Аналіз життєвого циклу (*Life Cycle Analysis – LCA* англ.) – це методологія оцінки загальних витрат та впливів від будь-якого продукту на навколишнє середовище. LCA особливо корисний, коли справа доходить до оцінки компромісів між початковим і операційним витратами [27].

Якщо подивитись на життєвий цикл будівлі в розрізі витрат на кожну стадію, то блок-схема може мати вигляд (рис.1.2).

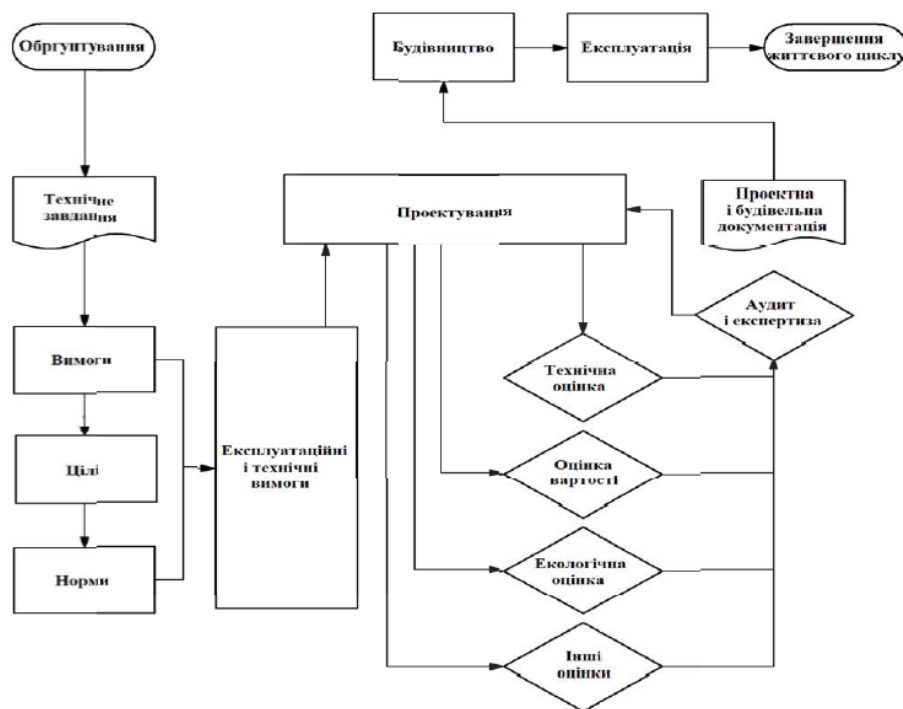


Рис. 1.2 Концептуальна блок-схема витрат в розрізі фаз життєвого циклу [28]

Потреба у формалізації та створення механізмів оцінювання життєвого циклу продукції зумовлена постійно зростаючим антропогенним тиском на нашу планету. Так, постійно зростаючий попит на продукцію створює додатковий тиск на навколишнє середовище. Експлуатація ресурсів і виробництво продукції створюють потенційно руйнівні навантаження на світ природи.

На думку д.т.н. Чернишева Д. О. [9] в будівництві, при екологічній оцінці будівельних матеріалів є потреба у врахуванні впливу на навколишнє середовище не лише матеріалу, але й низки процесів, з якими пов'язаний матеріал протягом його життєвого циклу – від виготовлення або видобутку до повної або часткової утилізації, або повторного використання (рециклінгу), що є більш бажаним процесом для отримання нових видів матеріалів або виробів. Використання рециклінгу дозволяє замкнути коло життєвого циклу матеріалу, що об'єктивно дозволить скоротити певний об'єм відходів, а також потребу у видобутку нової сировини. З думкою д.т.н. Чернишева Д. О. збігається й думка закордонних науковців [1, 252] та багатьох інших. Так, G.K. S. Ding з університету Сиднею [1] об'єктивно вважає, що з точки зору LCA вплив матеріалів, енергії для видобутку, виробництва, експлуатації та утилізації будівлі завжди є комплексним (рис. 1.3).

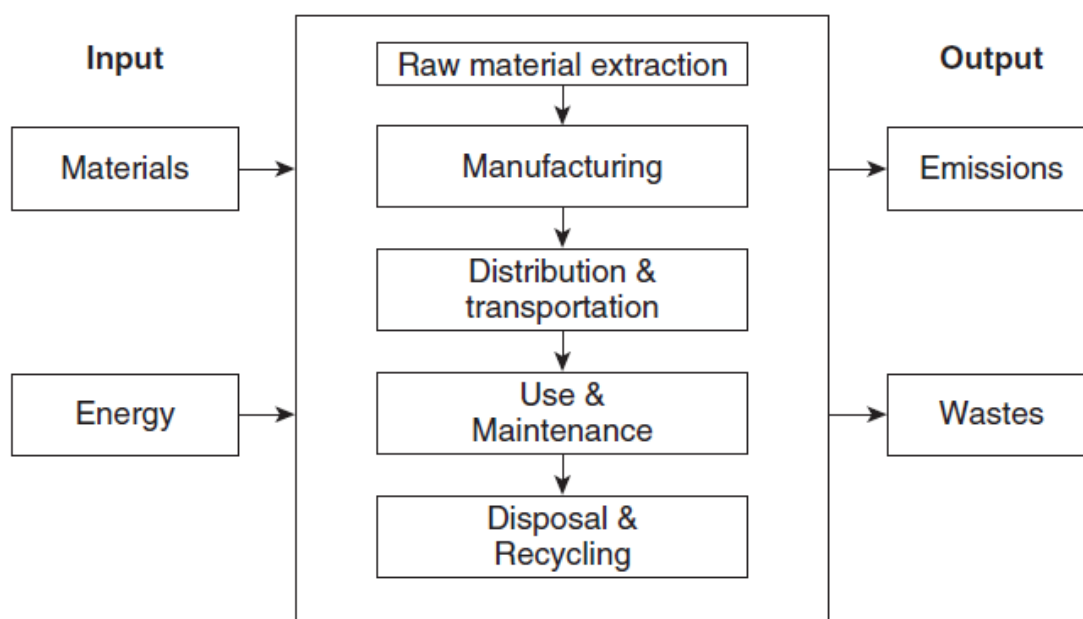


Рис .1.3 Потіки матеріалів, енергії та забруднювачів оточуючого середовища в контексті оцінки життєвого циклу будівлі [1]

Аналогічну форму розуміння процесу життєвого циклу будівлі мають автори (рис. 1.4).

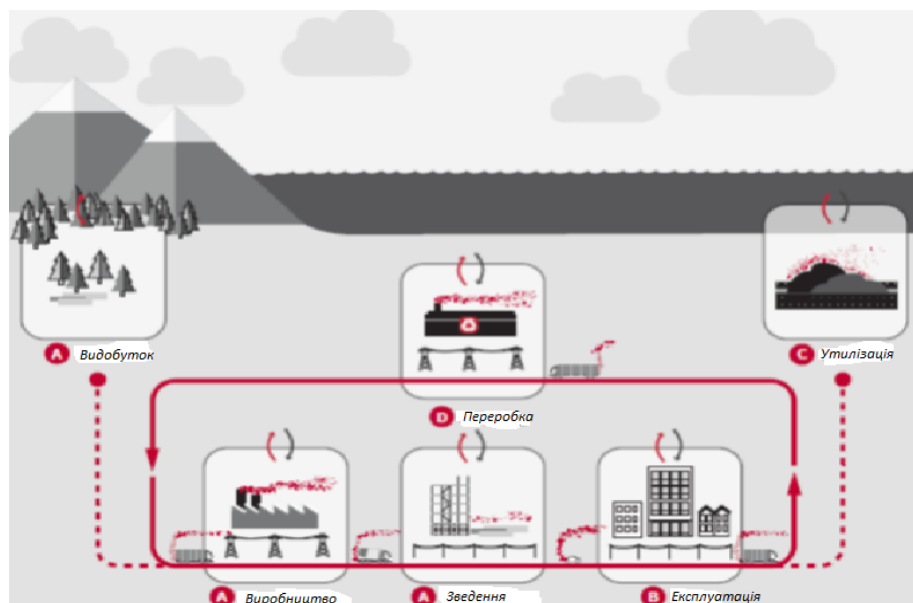


Рис. 1.4 Замкнутий цикл життя будівлі в контексті LCA [3]

1.2 Нормативна база у галузі оцінки життєвого циклу

Для визначення переваг будь-якої категорії продукції чи наданих послуг в загальному розумінні цього терміну, стосовно впливу на оточуюче середовище в загальному, та на стан здоров'я людини зокрема протягом всього життєвого циклу є потреба у розробці та впровадженні регуляторних норм на рівні держави. Це може бути як на рівні стандарту так і на рівні рекомендацій.

Варто відмітити, що розробка екологічних стандартів може мати статус обов'язкового до дотримання, але також і добровільного. Звичайно, що коли дотримання стандарту є необов'язковим (у випадку добровільного маркування, наприклад), є ризик того, що певні категорії забудовників, які лише прагнуть отримати матеріальну вигоду від результатів своєї діяльності, та свідомо приховують якість тип та вплив матеріалів, які були застосовані у проекті, що є само по собі нонсенсом у нас час широкого доступу до інформації будь-якого типу, через мережі мас-медіа та Інтернет, то тут постає дилема у регулюванні цих стандартів. Так, на-

приклад у нашій державі екологічні стандарти на певну категорію товарів та виробів є на засадах добровільності, при чому в цих стандартах встановлюються додаткові екологічні вимоги- так звані екологічні критерії, але лише до тих, що нормуються чинними нормативними документами.

Можна зазначити, що коли товар чи послуга відповідає екологічним критеріям, то це свідчить про очевидну перевагу даного виду продукції в контексті її впливу на оточення та зазвичай є дорожчим. Тому критерій вартості тут є вирішальним для потенційного споживача, тому забудовник не хоче йти на збільшення статті витрат у кошторисі за рахунок використання товарів з відповідним екологічним маркуванням.

Основні положення та принципи розробки екологічних критеріїв визначені міжнародним стандартом ISO 14024 (ДСТУ ISO 14024) «Екологічні маркування та декларації – Екологічне маркування I типу – Принципи та методи».

Варто відмітити, що оцінка життєвого циклу та екологія – речі які йдуть пліч-о-пліч, все що робиться у галузі екологічного маркування матеріалів та послуг слугує меті зменшення антропогенного тиску на довкілля, шляхом зміни ставлення до споживання товарів та послуг, наприклад як це уявляють автори довідника (рис. 1.5).

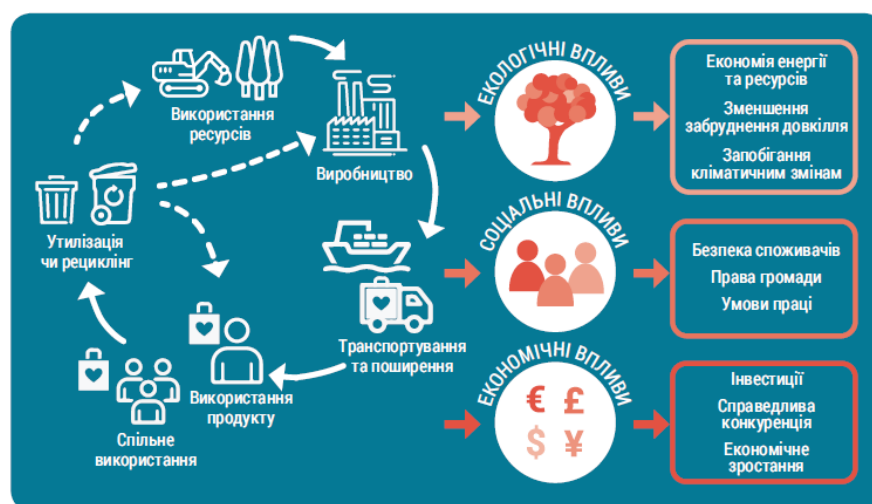


Рис. 1.5 Кругообіг життєвого циклу товару та категорії його впливу за концепцією [29]

Об'єктами стандартизації є харчові продукти, товари, вироби, матеріали та послуги, їх складники і впливи на стан довкілля та здоров'я на усіх етапах життєвого циклу.

В нашій державі, як і в решті крїн світу, розроблення, розгляд та погодження міжнародних (регіональних), національних та інших видів стандартів покладаються на технічні комітети стандартизації за закріпленою сферою діяльності.

Екологічні стандарти що встановлюють екологічні критерії оцінки життєвого циклу на певну категорію продукції розробляються підкомітетом «Оцінка життєвого циклу» технічного комітету стандартизації ТК 82 «Охорона навколишнього природного середовища України» за участю усіх заінтересованих сторін [29, 30].

В процесі розроблення стандарту враховується вимоги законодавства України та Євросоюзу, міжнародних стандартів серії ISO 14000, а також кращій вітчизняний та світовий досвід екологічних інновацій відносно певної категорії продукції.

Варто зазначити, що шлях нашої держави на шляху до усвідомлення врахування екологічного маркування продукції взагалі, та будівельної зокрема та впровадження парадигми проектування будь-якого об'єкту на засадах оцінку життєвого циклу продукції потребує, на превеликий жаль, через наші економічні реалії, ще багато часу для переосмислення та реального використання в Україні. Але це неодмінно покращить якість нашого життя, та саме головне, прийдешніх поколінь, в довгостроковій перспективі та дозволить в певній мірі зменшити той величезний антропогенний слід на довкілля в межах нашого усвідомлення тієї шкоди, яку людина чинить планеті Земля своєю інженерною діяльністю.

Окрім цього, у всьому світі, як і у нашій країні актуальним є принципи та методи оцінювання, аналізування та управління життєвим циклом продукції, які регламентуються та визначені в міжнародних стандартах серії ISO 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework («Оцінка життєвого циклу») [10]. ISO 14040:2006 «Управління навколишнім середовищем – Оцінка життєвого циклу – Принципи та структура» надає чіткий огляд практики, за-

стосувань та обмежень LCA для широкого кола потенційних користувачів та зацікавлених сторін, включаючи тих, хто має обмежені знання про оцінку життєвого циклу.

«Розробка міжнародних стандартів оцінки життєвого циклу є важливим кроком до консолідації процедур і методів LCA», – сказала Мелані Реймбо, секретар підкомітету ISO, яка розробила нові стандарти. «Їх внесок є вирішальним для загального визнання LCA всіма зацікавленими сторонами та міжнародною спільнотою».

Новітні світові стандарти, які розробляються щодо оцінювання життєвого циклу продукції, таматріалу, послуги, тощо, мають полегшити процес оцінки впливу продукту на навколишнє середовище протягом усього терміну його служби, заохочуючи тим самим ефективне використання ресурсів та зменшуючи зобов'язання перед прийдешніми поколіннями.

У Європейському стандарті EN 15978 [31] визначається метод розрахунку, заснований на оцінці життєвого циклу (LCA) та іншій кількісній екологічній інформації, для оцінки екологічних характеристик будівлі, а також надає засоби для звітності та повідомлення про результати оцінки. Стандарт застосовується до нових і існуючих будівель і проектів реконструкції.

Стандарт дає:

- опис об'єкта оцінки;
- межі системи, що застосовуються на рівні будівлі;
- порядок проведення інвентаризаційного аналізу;
- перелік показників і порядок розрахунків цих показників;
- вимоги до представлення результатів у звітності та комунікації;
- і вимоги до даних, необхідних для розрахунку.

Підхід до оцінки охоплює всі етапи життєвого циклу будівлі і базується на даних, отриманих з екологічних декларацій продукції (EPD), їх «інформаційних модулів» (prEN 15804) та іншої інформації, необхідної та важливої для проведення оцінки. Оцінка включає всі будівельні продукти, процеси та послуги, пов'язані з будівництвом, які використовуються протягом життєвого циклу будівлі.

Інтерпретація та оціночні судження результатів оцінки не входять до сфери застосування цього Європейського стандарту. Згідно з цим стандартом оцінка життєвого циклу складається з чотирьох основних та однієї додаткової стадії продукту (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні стадії життєвого циклу будівлі згідно [31]

Оцінка життєвого циклу будівлі				Додаткова інформація
Стадія виготовлення	Стадія зведення будівлі	Стадія експлуатація будівлі	Стадія завершення життя будівлі	Модуль D Переваги та впливи поза межами системи
A1. Видобуток A2. Транспортування на фабрику A3. Виробництво	A4. Транспортування (на будівельний майданчик) A5. Монтаж конструкцій	V1. Експлуатація V2. Обслуговування V3. Мілкий ремонт V4. Заміна V5. Капітальний ремонт V6. Енергетичні витрати на експлуатацію V7. Витрати води під час Експлуатація	C1. Знесення C2. Транспортування (для утилізації) C3. Процеси з водними ресурсами C4. Утилізація	від: 1. Повторного використання 2. Переробки (рециклінг) 3. Відновлення енергії
A1: Видобуток сировини (або переробка вторинної сировини) A2: Транспортування матеріалів до та з виробничого приміщення A3: Виробництво продукції із сировини або перероблених матеріалів	A4: Транспортування продукції від фабрик до будівельного майданчика A5: Експлуатаційне обладнання для монтажу виробів та будівництва будівлі	V1: Вплив змонтованих виробів у використанні, тобто виділення газів V2: Технічне обслуговування та прибирання будівлі, включаючи вплив продуктів, що використовуються V3: Ремонт зламаних компонентів, включаючи вплив матеріалів та використаної енергії V4: Заміна будівельних компонентів, якщо їх термін служби менший за термін служби будівлі V5: Реконструкція будівлі, включаючи вплив використаних матеріалів та енергії V6: Використання енергії під час нормальної експлуатації будівлі. Можуть бути включені такі види використання, як ліфти, прилади та розетки V7: Постачання та очищення води для нормальної роботи будівлі	C1: Деконструкція, демонтаж та/або знесення будівлі, включаючи тимчасові роботи за межами ділянки C2: Транспортування матеріалів з майданчика до кінцевого стану відходів, включаючи транспортування до/з проміжних місць переробки C3: Збір потоків відходів для повторного використання, переробки та відновлення енергії. Для отримання додаткової інформації про рекуперацію енергії див. Технічне керівництво C4: Попередня обробка відходів та управління місцем утилізації	D: Цей модуль містить різні елементи для повторного використання, переробки та відновлення за межами системи, наприклад: • Біогенний вуглець, який може бути кредитором або тягарем • Кредити на переробку • Енергія, яка виробляється на місці, експортується та/або замінюється іншими більш поширеними видами енергії

Якщо подивитися на стадію життєвого циклу будівлі (параметр В6 з табл. 1.1), то витрати енергії під час фази експлуатації напряму впливають на оцінку життєвого циклу будівлі, і будуть тим більшими, чим гірше теплоізоляційні, паропроникні, та інші фізико-механічні властивості теплоізоляційних будівельних матеріалів які зумовлюють комфортні умови для перебування людей всередині приміщення будівлі. Одними з основних параметрів, окрім термічного опору, паропроникності, ефузивності конструкції, що обов'язково потрібно враховувати це термоінерційність, тобто здатність бути термосом – повільно віддавати/не пропускати тепло, тим самим суттєво впливати на статтю витрат при опаленні/кондиціонуванні будівлі для підтримки комфортного мікроклімату приміщення при від'ємних зовнішніх або високих зовнішніх температурах. Теплова інерція є вагомим теплофізичним показником матеріалу стінового огороження [16, 3312].

Тобто при виборі стінового огороження для створення енергоефективного будинку, перш за все слід враховувати сукупність фізико-механічних параметрів будівельного матеріалу, чи багатошарової оболонки з яких формується конструктивних та/або теплоізоляційні шари зовнішнього стінового огороження, оскільки це прямо чинить вплив на енергоефективність будинку, а отже й на витрати в фазі експлуатації будівлі.

Додатково, в контексті форми будівлі, яка також прямо впливає на її енергоефективність, й отже на оцінку життєвого циклу (фази В2, В6 табл. 1.1) необхідно намагатись здійснити максимальну кількість заходів (архітектурні та інженерні рішення), які найкращим чином відповідають цілям мінімізації витрачання енергії на забезпечення мікроклімату в приміщеннях будівлі і створення екологічного міського середовища [34].

Цілком очевидно що використання глибокого систематизованого наукового підходу щодо проектування та реалізації такого життєвого циклу матеріалу на макрорівні концепції LCA сприятиме ресурсозбереженню та бережливому поводженню з скінченними ресурсами нашої планети.

На думку д.т.н. Чернишева Д.О. [9] не існує такого матеріалу, що використовується в будівництві, який може бути названий екологічно чистим в контексті витрат ресурсів та енергії, і це цілком справедливо, оскільки будь які, навіть відновлювальні ресурси потребують витрат енергії на їх переробку для використання у вигляді готового продукту, отже гіпотетично це може шкодити оточуючому середовищу.

Оскільки ми всі оперуємо матеріальними показниками в нашому світі, то якщо приймати за відправну точку економічну компоненту витрат LCA, то сумарні витрати (екологічні та економічні) можуть бути співставлені як (рис. 1.6)



Рис. 1.6 Концепція впливу витрат у життєвому циклі будівлі за [28]

Окрім поняття екологічності матеріалу в широкому сенсі цього терміну також неприпустимо нехтувати часом, як безупинним чинником, який впливає на вартість об'єкту забудови, а отже й опосередковано й на оцінку життєвого циклу (рис. 1.7)

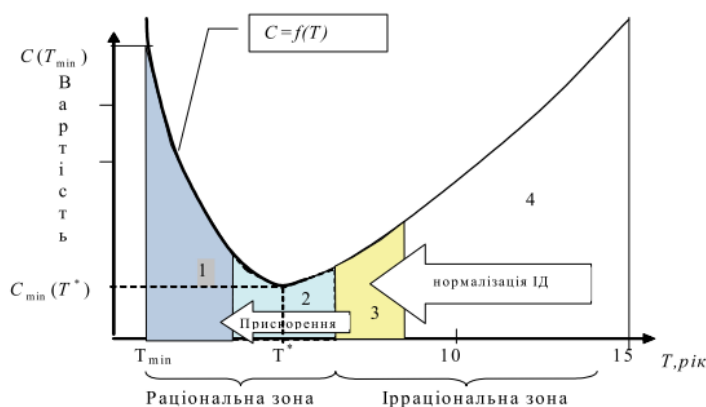


Рис 1.7 Залежність вартості будівельного проекту від його тривалості [9]:
(1 – зона прискорення реалізації проекту; 2 – світовий рівень; 3 – зона нормативних строків будівництва до 1991 року; 4 – зона теперішнього стану)

Аналізуючи рис. 1.7 можна виділити дві зони виконання робіт (дві гілки параболи):

– (ліва лігка параболи) так звана «зона оптимізаційної інтенсифікації», яку можна охарактеризувати зменшенням часу на виконання робіт, при цьому збільшено їх інтенсивність, що зумовлює збільшення витрат будівельної організації з однієї сторони, при цьому для зменшення відповідних витрат очевидним є зменшення інтенсивності виконання робіт;

– права гілка параболи, або зона вимушеної інтенсивності, яка зумовлює процес зведення, при якому збільшення тривалості виконання робіт призводить до їх здорожчання, як наслідок – сумнівний результат, як для вартості об'єкту забудови так і для завищених витрат на життєвий цикл будівлі.

Якщо спробувати графічно представити можливість впливу на життєвий цикл будівлі на різних стадіях будівництва, то це може виглядати як (рис. 1.8)

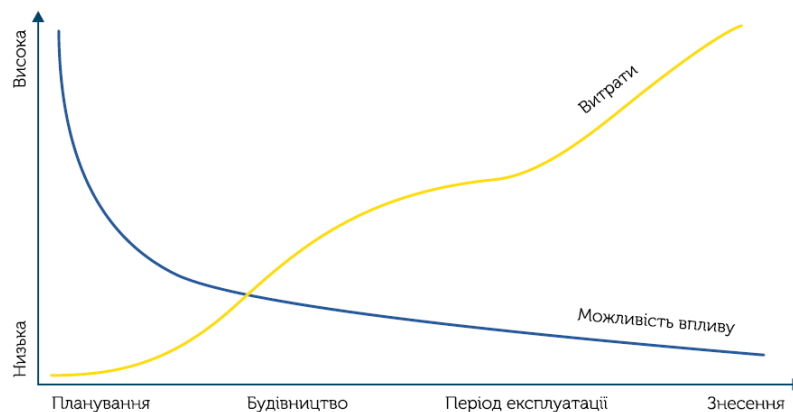


Рис. 1.8 Можливість впливу на стан будівлі протягом її «життєвого циклу» [26]

З аналізу рис 1.8 випливає, що оптимальним з точки зору витрат періодом (фазою) впливу на будівельний проект є фаза будівництва.

Проблема оцінки та врахування систем оцінювання життєвого циклу посилюється тим, що немає універсальних критеріїв LCA, які прийнятні всіма країнами світу, також не кожен методик LCA можна імплементувати в конкретній країні, оскільки, як це було відмічено у роботах як вітчизняних [9] так і закордонних нау-

ковців [35] виробничі процеси, пов'язані з будівництвом набагато менш стандартизовані, ніж більшість промислових товарів на ринку, тобто, у загальному розумінні кожна будівля має унікальний, нестандартний характер.

Це можна пояснити технологічними особливостями (специфікою виробництва) та неповторності робочого середовища будь-якої фази LCA для об'єкта. Саме тому використання окремого стандарту, методики чи концепції в контексті цілого об'єкта, з огляду на вищесказане, не є ефективним [9].

Крім того, мізерна доступна інформація про вплив виробництва будівельних матеріалів на навколишнє середовище, а також про поточні процеси будівництва та знесення (утилізації) робить LCA спрощеним інструментом, оскільки низка адаптацій і наближень даних, наявних у відкритих джерелах, більшість з яких отримано в різних країнах, до тих країн, де будується будівля, ще підлягає аналізу та оцінці.

1.2 Вплив будівельних матеріалів на життєвий цикл

Будівельні матеріали впливають як на саму будівлю, так і на природне середовище протягом усього свого життєвого циклу. На думку багатьох науковців [192] відбір матеріалу може відбуватися як на ранній стадії встановлення стратегії та пройти дослідження ринку екологічних будівельних матеріалів, а також при проектуванні на стадія розробки, на якій ці матеріали включені в проект. Про це стверджує Esin [36].

Очевидно, що пріоритет варто надавати використанню екологічних будівельних матеріалів для зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище. При чому, вибір матеріалів слід розглядати на ранній стадії та комплексно оцінювати на основі перспектив життєвого циклу будівлі, оскільки рішення щодо вибору матеріалу вплине на загальну продуктивність будівлі. Життєвий цикл будівельних матеріалів часто називають аналізом «від колиски до могили». Як вже було зазначено вище життєвий цикл матеріалу охоплює комплексно декілька фаз (етапів) і

включає видобуток сировини, процес виготовлення, доставку на будівельний майданчик, монтаж на місці, а також інші матеріали, необхідні на етапі експлуатації для технічного обслуговування, ремонту і реконструкція [37].

Видобуток сировини. Етап видобутку сировини відноситься до видобутку та заготівлі сировини з надр Землі. Процес видобутку часто створює пил, шум, порушення екосистем оточуючого ареалу флори і фауни, вносить зміни до ландшафту і спричиняє забруднення ґрунтові та поверхневі води, є джерелом локального дискомфорту.

На майданчику видобутку руди робоча обстановка наносить серйозний вплив на здоров'я та самопочуття працівників та людей, що знаходяться поблизу. Процес зазвичай характеризується високим споживанням первинної енергії через високий рівень використання складної механізованої техніки. Тому цю енергію зазвичай вважають частиною початкової втіленої енергії видобутих матеріалів [1, 2, 4].

Виготовлення матеріалу/конструкції. Видобута сировина потребує виробничого процесу, щоб перетворити їх у придатні для використання матеріали для будівельних цілей. Цей процес викликає серйозні занепокоєння у людей з соціальної та екологічної точки зору. Це вимагає значних витрат енергії та інших ресурсів у виробничому процесі та зазвичай утворює тверді відходи та інші забруднювачі, які можуть бути шкідливим для збудованого та природного середовища.

Ці виходи можуть бути як токсичними, так і мало або подальшого використання. Ця сфера привертає все більшу увагу громадськості та науковців до того, як ці процеси можна покращити більш екологічно та соціально безпечнішим.

Упаковка будівельних матеріалів для розповсюдження до будівельний майданчик також завдає шкоди навколишньому середовищу, оскільки існує мало варіантів біодеструктивного пакувального матеріалу або такі, що можуть бути безпечно спалені. Сектор упаковки матеріалів на думку [39] представляє значну марну трату ресурсів і має серйозне навантаження на сміттєзвалище.

Монтаж конструкції. Монтаж конструкцій на будмайданчику – це процес, який включає розрізання та підгонку матеріалів для будівлі. Цей процес утворює

відходи, а будівельне сміття стало серйозною екологічною проблемою. Так, будівельні відходи становлять приблизно 30% у США, 35% у Канаді, 50% у Великобританії [40]. Відходи часто утворюються через неефективне управління на місці або у майстернях де мають місце виготовлення відрізів. Більшість цих відходів можна переробити та зменшити, якщо їх належним чином спланувати та скерувати. Етап монтажу майданчика також вимагає енергії, яка також буде враховується в розрахунку втіленої енергії.

На думку Sterner [41], більшість відходів, пов'язаних з будівництвом, не потрібні. Ці відходи мають високий потенціал для відновлення та повторного використання. Однак через економічний характер о будівельної галузі, кожен етап будівельного періоду зведений до мінімуму.

Виснаження природних ресурсів через будівельну індустрію є предметом серйозних дискусій, оскільки більшість з них є вторинною сировиною з будівельних майданчиків, що потрапляє на сміттєзвалища.

Транспортування. Транспортування часто бере участь у різних стадіях життєвого циклу матеріалу. Транспорт є необхідним між ділянкою видобутку, переробки/виробництва та будівництвом, що має відповідне накопичення в тоно-кілометрах, пов'язане з відповідною втіленою енергією, одночасно збільшуючи викиди в атмосферу, що викликає глибоке занепокоєння.

Виходом з положення можуть стати менші та регіональні заводи та розподільчі майданчики, які можуть загально покращити загальний екологічний тягар будівлі [1, 9]. Відповідно до даних Esin [36].кожен етап виробничого процесу та остаточне складання на місці вимагає транспортування та споживання енергії, яка може сягати приблизно 2,2% життєвого циклу споживання первинної енергії. Матеріали місцевого виробництва мають потенціал та мають істотну різницю в загальному впливі на навколишнє середовище, пов'язаному з кожним етапом.

Експлуатація. На етапі експлуатації будівлі системи/елементи, що складаються з будівельних матеріалів також потребують обслуговування, ремонту та реконструкції до закінчення терміну експлуатації будівлі. Використані матеріалів на етапі експлуатації тісно пов'язано з вибором матеріалів. Деякі матеріали можуть

бути мати одномоментні високі значення вартості і початкової втіленої енергії, але при цьому мати низькі затрати при експлуатації будівлі.

Можлива й зворотня ситуація. Вибір того чи іншого матеріалу для зведення будівлі має бути обґрунтованим, та в ідеалі містити компромісний варіант між альтернативами забудовника та побажаннями замовника з урахуванням вищезазначених особливостей щодо втіленої енергії.

Правильний вибір матеріалів може вплинути не тільки на вимоги щодо технічного обслуговування, але також може мати шкідливий вплив на мешканців та навколишнє середовище, наприклад, виділення летких органічних сполук (ЛОС), хімічних речовин, що використовуються під час виробничого процесу. Термін служби будівлі, тощо.

Завершення терміну служби. Про закінчення терміну служби можна говорити з двох аспектів. Це може стосуватися закінчення терміну служби конкретного матеріалу, у якому подальше технічне обслуговування може не відновити його початкову функцію, тобто бути недоцільним з економічної точки зору. Інший аспект закінчення терміну служби може стосуватися всієї будівлі навіть незважаючи на те, що деякі з матеріалів можуть все ще працювати та функціонувати.

Кінцева заміна та утилізовані матеріали потрапляють на сміттєзвалище. Різноманітні типи обробки поверхонь, покриттів тощо, що були використані при виробництві матеріалів, може перетворити природні матеріали в токсичні відходи, утилізовані в повітрі і воді.

Тому слід вибирати матеріали, які підлягають переробці та біорозкладанню, що використовується для зменшення потреби на полігонах ТБВ та викиду забруднюючих речовин.

Важливо вибирати будівельні матеріали не тільки для того, щоб вони виконували свої функції протягом прийняттого періоду часу. Деякі з будівельних матеріалів може прослужити протягом усього терміну служби будівлі, але інші можуть функціонувати лише кілька років, тому є потреба у витратній стороні для їх заміни/оновлення.

Термін служби матеріалу може стосуватися особливих умов, які впливають на хімічні і механічні властивості. Натуральні матеріали зазвичай мають нижчу втілену енергоємність і рівень токсичності, ніж штучні матеріали. Багато науковців одностайні у думці про те, що для сталого розвитку є потреба використовувати природні матеріали з низьким вмістом енергії [42, 843].

1.3 Висновки по розділу 1.

1. Життєвий цикл будівлі – інтегральне поняття, яке включає в себе комплекс оціночних процесів протягом терміну життя будівлі, від виробництва (видобування з надр Землі) матеріалу, системи (чи послуги), що включають необхідні дослідження і розробки, виробництво, постачання, транспортування, використання і технічне обслуговування протягом усього періоду існування продукту до його остаточної утилізації.

2. Енергоефективність будівлі як складова структури життєвого циклу будівель залежить від багатьох фізико-механічних та теплофізичних параметрів матеріалу, серед яких можна виділити основні: теплоємність, термоінерційність, теплостійкість, а також інтегрального показника довговічності які є функціями матеріалу.

3. Для створення будівлі яка буде водночас ефективною в контексті оцінки її життєвого циклу (LCA) варто ще на етапі проекту оцінити можливість зменшити комплексний негативний вплив на навколишнє середовище та надавати перевагу матеріалам натурального походження, які є енергоефективними та довговічними, при цьому такі, що потребують мінімальний затрат енергії на їх переробку та утилізацію.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1 Критерії оцінки життєвого циклу огорожувальних конструкцій будинку

Типові впливи на навколишнє середовище, які включені в оцінку життєвого циклу LCA включає обстеження всіх вхідних і вихідних даних чи параметрів, пов'язаних з життєвим циклом досліджуваної системи. Потенціал впливу на навколишнє середовище розраховується на основі всіх вхідних та вихідних параметрів, а саме споживання ресурсів і викидів, які можуть бути пов'язані з різними процесами.

Що таке викиди і чому це важливо?

LCA відстежує викиди, які є речовинами, що викидаються в повітря, воду або ґрунт. Викиди та інші забруднювачі можуть негативно впливати на навколишнє середовище та здоров'я людей різними способами.

Ключове значення мають викиди парникових газів (ПГ), які сприяють порушенню глобального клімату.

За прогнозами, зміни клімату підірвуть продовольчу та водну безпеку [43], але поточні наслідки вже є руйнівними, особливо для тих місць на Землі, які географічно чи економічно вразливі до посухи, повеней та інших стихійних лих.

Подальше використання викопного палива викликає особливе занепокоєння в сучасну епоху. Забудоване середовище підтримується безпосередньо і опосередковано через спалювання викопного палива і становить майже половину енергії, що виробляється в найбільш розвинених країнах, Європи та США через будівництво, експлуатацію та знесення будівель [44]. Враховуючи величезний глобальний слід будівельної індустрії, професіонали у промисловості перебувають у критичному становищі – припиняючи спричинення потепління клімату та починаючи його лікування.

Викиди, пов'язані з матеріалами і продуктами зазвичай оцінюються за обчислювальними моделями або базуються на фактичних вимірах [45]. Викиди транслюються на екологічні впливи шляхом множення їх маси на характеристичні коефіцієнти. LCA оцінює декілька категорій впливу на навколишнє середовище, які є широкими мірами екологічних змін, що охоплюють наслідки від багатьох видів викидів. Наприклад у США, в американських ініціативах зеленого будівництва та Інструментах LCA найбільше використовується п'ять основні категорій впливу на навколишнє середовище:

- *Потенціал глобального потепління*

Описує потенційні зміни на місцевому, регіональному, або глобальному рівні у температурі поверхні, що викликані підвищеною концентрацією парникових газів в атмосфері, які затримують тепло від сонячного випромінювання через «парниковий ефект».

Ця категорія впливу має сильну кореляцію з двома іншими – підкисленням та утворенням смогу – бо глобальне потепління значною мірою викликане спалюванням викопного палива, що також безпосередньо сприяє ці дві категорії впливу.

- *Багато назв «вуглецю»*

Нижче наведено список термінів, які є часто використовуються як взаємозамінні

для посилання на викиди, пов'язані з зміна клімату або глобальне потепління [43]:

- Карбон
- Вуглецевий слід
- Вуглекислий газ (CO₂)
- Еквівалент вуглекислого газу (CO₂e або CO₂eq)
- Викиди парникових газів (ПГ).
- Викиди викопного палива
- Потенціал глобального потепління (ПГП)
- Потенціал зміни клімату (ЗК).

Ці терміни не збігаються за значенням. Незважаючи на те, що термін «карбон (вуглець)» зазвичай асоціюється зі зміною клімату, технічно це не елементарний карбон (вуглець), який сприяє зміні клімату, але вуглекислий газ поряд з багатьма іншими речовинами, такими як закис азоту і метану. Тим не менш, «карбон (вуглець)» часто зустрічається використовується як аббревіатура для позначення глобального потенціалу потепління.

Втілений карбон та експлуатаційний карбон(тобто той, що утворився під час експлуатації будівлі)

LCA може оцінити багато екологічних впливів, але потенціал глобального потепління ПГП (GWP) найчастіше є в центрі уваги. Дослідження міри втіленого вуглецю у LCA зазвичай відноситься до оцінки GWP, віднесеного до матеріалів та енергії, використаної при будівництві та експлуатації будівель. Експлуатаційний карбон відноситься до ПГП, що приписується експлуатації та використанню будівлі.

Потенціал підкислення: описує підкислюючу дію речовин у воді та ґрунті. Підкислення можуть виникати, коли такі речовини, як вуглекислий газ розчиняється у воді і знижує рівень рН, підвищуючи кислотність води. У LCA це терміни відноситься до місцевих ефектів підкислення. Однак на глобальному рівні, загроза закислення океану полягає у виживання окремих видів і ставить під загрозу морські запаси їжі для людей [43]. Додатковий потенціал ефекту підкислення включає знищення лісів і ерозію від будівельні матеріали [46].

• *Потенціал евтрофікації:* описує ефект внесення поживних речовин у ґрунт або води, викликаючи домінування певні видів в екосистемі та ставить під загрозу виживання інших видів. Прикладом цього є коли надмірне зростання водоростей виснажується рівень кисню води і вбиває рибу. Домінантою евтрофікації є добрива.

• *Потенціал руйнування озону:* Описує негативний вплив речовин у стратосфері на озоновий шар, послаблюючи здатність шару озону запобігати надмірному потраплянню ультрафіолетового випромінювання на поверхню Землі. Монреальський протокол ефективно змобілізував світові спільноти для вирішення цього питання

[47], [48]. Впливи на руйнування озонового шару від будівельних матеріалів рідко бувають значущими, але холодоагенти (наприклад R111), що використовуються в механічних системах викликають занепокоєння.





- *Потенціал утворення смогу*: Описує наявність речовин такі як чадний газ і леткі органічні сполуки (ЛОС) в атмосфері, утворюючи фотохімічний смог. Смог шкідливий для здоров'я людини (наприклад, викликають респіраторні проблеми) та екосистем (наприклад, спричиняє погіршення врожаю).

У США Агенція з захисту довкілля (EPA) опублікувало характеристичні коефіцієнти в інструменті для скорочення хімічних речовин та оцінки інших впливів на навколишнє середовище (TRACI) [50].




Інші характеристичні коефіцієнти використовуються в інших регіонах. Бази даних відомі як інвентаризація життєвого циклу (LCI), які надають дані про ці викиди для різних процесів, які сприяють створенню матеріалу або продукту. Різні LCI відображають відмінності в регіональній практиці та виробничих процесах.

В контексті конкретного об'єкту оцінки LCA можна розрахувати результати оцінки життєвого циклу при використанні вибраного діапазону вимірюваних показників. Показники, які найбільш широко використовуються для оцінки впливу на навколишнє середовище та використання ресурсів, наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Типові впливи на навколишнє середовище, які включені в LCA [51]

Піктограма впливу	Категорія впливу	Одиниця виміру впливу	Проблема, що утворюється при даному впливі
1	2	3	4
	Потенціал глобального потепління (GWP)	CO ₂ еквіваленти	Коли кількість парникових газів в атмосфері збільшується, шари атмосфери поблизу Землі нагріваються, що призводить до зміни клімату
	Потенційне виснаження озонового шару стратосфери (ODP)	R11 еквівалент	Знищення озонового шару стратосфери, який захищає флору та фауну проти шкідливого сонячного випромінювання УФ-А та УФ-Б.
	Потенційне утворення фотохімічні окислювачів тропосферного озону (POCP)	Етиленові еквіваленти	Сприяє утворенню у зв'язку з УФ-випромінюванням озону в нижній атмосфері (літній смог), який вражає дихальну систему та ін.
	Потенціал закислення	SO ₂ еквіваленти	При закисненні речовини реагують з водою і випадають як кислотні дощі, це призводить, серед іншого, до розкладання кореневої системи та вимивання поживних речовин з рослин.
	Потенціал евтрофікації (EP)	PO ₄ еквіваленти	Надмірне надходження поживних речовин породжує зростання небажаних рослин в тонких екосистемах, наприклад зростання водорості, що призводить до загибелі риб.
	Потенціал абіотичного виснаження для невикопних ресурсів (ADPe)	Sb еквіваленти	Високе використання абіотичних ресурсів може сприяти виснаженню доступних елементів, напр. виснаження металів і мінералів.

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
	Потенціал абіотичного виснаження для викопних ресурси (ADP _f)	МДж	Велике споживання абіотичних ресурсів може сприяти виснаження доступних викопних джерел енергії, таких як нафта або вугілля.
	Загальне використання первинної енергії (PE _{tot})	МДж або кВт×год	Високе використання ресурсів у формі первинної енергії з викопних а відновлювані джерела можуть сприяти виснаженню природних ресурсів.
	Використання відновлюваного вторинного палива (Sec.)	МДж або кВт×год	Вторинне паливо (наприклад, відходи) в принципі є обмеженими ресурсами, і тому високе використання вторинного палива може опосередковано призвести до дефіциту ресурсів.

Проведений аналіз даних табл. 2.1 та матеріалу з джерел [1, 2, 10, 25, 52, 53] та ін. свідчить про те, що одним з найважливіших та частніше згадуваних критеріїв оцінки є потенціал глобального потепління (GWP), що опосередковано виражається через карбоновий слід (діоксид вуглецю CO₂), або його еквівалент CO_{2 eq}, що об'єктивно зумовлює розробку різноманітного інструментарію для виконання таких оцінок як на стадії проекту [4, 8, 9, 35, 5235] так і на етапі експлуатації будівлі [10, 3755], причому, згідно даних рис. 1.5 на етапі експлуатації вплинути на вартість об'єкту в контексті LCA досить важко.

2.2 Стратегії та програмні продукти оцінки впливу будівель на навколишнє середовище

З огляду на ситуацію, описану раніше, протягом останніх років було створено ряд надзвичайно корисних математичних інструментів, щоб дізнатися як оцінити енергетичну ефективність будівель та зменшити вплив будівлі на навколишнє середовище. Серед найвідоміших програм слід зазначити: EnergyPlus [57], Trnsys [58], eQUEST [59], GaBi [61], Simapro [62], Design Builder [63], ATHENA [64], Eco2soft [23] та багато інших. Окрім цього деякі розробники програмного забезпечення з LCA використовують електронні таблиці, що дозволяють оцінити енергетичні потреби для залишків будівель та їх утилізації (демонтажу з послідовною переробкою та захороненням), посібники з екологічного будівництва та системи екологічної оцінки та сертифікації будівель тощо [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Вищезазначені програмні продукти вирізняє те, що частина з них потребують платної ліцензії (GaBi, Simapro, Design Builder), частина дозволяє використовувати

безкоштовно урізану демо-версію (GaBi, Eco2soft), деякі є безкоштовними (наприклад ATHENA). Окрім цього є відмінності у можливостях баз даних, що підключені до програм та їхньому функціоналі (табл.2.2).

Варто зазначити, що у даній магістерській роботі та аналізі інструментаріїв для виконання LCA наведено огляд стану питання, висвітлено лише незначну кількість різноманітного за своїми властивостями, вартістю, доступністю безкоштовної версії програмного забезпечення, яке було проаналізовано автором самостійно.

Більш детальний аналіз переваг та недоліків використання методик оцінки LCA та інструментів, що дозволяють провести моделювання життєвого циклу будівлі на раній передпроектній стадії можливий лише за їх практичного використання у інженерній практиці.

Таблиця 2.2 Якісне порівняння деяких інструментів LCA [65]

Критерій порівняння	GaBi	openLCA	SimaPro	Umberto NXT
1	2	3	4	5
Походження ПЗ	Німеччина	Німеччина	Нідерланди	Німеччина
Формат даних	ILCD, EPD, ecoSpold v1, GPR, gbx.	ILCD, ecoSpold v1, v2, csv, Excel, JSON- LD.	ecoSpold, csv.	Excel
Сприйняття інтерфейсу користувача	Використовує моделювання процесів і діаграми для кожного одиничного процесу.	Використовує моделювання процесів і діаграми для кожного одиничного процесу.	Використання матриць для моделювання одиничного процесу.	Використовує мережі Петрі для моделювання LCA.
Представлення результатів LCA	Використовує діаграму Санкі та стовпчасті діаграми для відображення результатів LCA. Для аналізу запасів використовуються таблиці та автоматичні баланси потоків.	Використовує діаграму Санкі та стовпчасті діаграми для відображення результатів LCA та таблиці для аналізу запасів.	Використовує діаграму Санкі та стовпчасті діаграми для відображення результатів LCA та таблиці для аналізу запасів.	Використовує діаграму Санкі для показу результатів LCA та таблиць для аналізу запасів. Результати можна експортувати до зведеної таблиці та діаграми інформаційної панелі Dynamic Excel
Невизначеність і чутливість результатів	Аналіз сценаріїв			
Допоміжні засоби для користувачів	Тест Монте-Карло		Команда підтримки Умберто може надати деякі інструменти на основі Excel, щоб уможливити аналіз чутливості.	
	Для потоків запасів можна використовувати відсоткові відхилення.	Матриця родоводу		
		Тести розподілу невизначеності	-	

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5
Позитивні аспекти моделювання	<ul style="list-style-type: none"> - Гарна документація наборів даних. - Витрати та соціальні аспекти також можна моделювати. - Можна легко імпортувати/експортувати набори даних. - Професійна база даних із сотнями наборів даних, а також є десятки баз даних розширень. - Можливість генерувати EPD. 	<ul style="list-style-type: none"> - Витрати та соціальні аспекти також можна моделювати. - Безкоштовно для користувачів. - Відкрите джерело. - Можна легко імпортувати/експортувати набори даних. - Можливість обміну наборами даних онлайн. - Можливість генерувати EPD. 	<ul style="list-style-type: none"> - Гарна документація наборів даних. - Соціальні аспекти також можна моделювати. - Інтегровано з базою даних ecoinvent. - Більшість наборів даних є одиничними процесами. 	<ul style="list-style-type: none"> - Аспекти витрат також можна моделювати. - Інтегрована з базою даних ecoinvent та/або базою даних GaBi. - Хороша інтеграція з функціями Excel.
Негативні аспекти моделювання	<ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість інвестицій - Більшість наборів даних агреговані. 	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність наборів даних у вільному доступі - Багато наборів даних погано задокументовані - Нормалізація та вагові коефіцієнти недоступні для методу ILCD/PEF 	<ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість інвестицій - Обмежена кількість форматів наборів даних 	<ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість інвестицій. - Не має аналізу Монте-Карло та аналізу невизначеності. - Неможливо імпортувати/експортувати набори даних у традиційні формати LCA (наприклад, ecoSpold, ILCD). - Нормалізація та вагові коефіцієнти недоступні для аналізованої версії програмного забезпечення.
Інші відповідні аспекти	Також можна придбати базу даних на вимогу.	Можна придбати певні бази даних (наприклад, GaBi, ecoinvent).	-	<ul style="list-style-type: none"> - Він дуже використовується для виконання аналізу матеріальних потоків (MFA). - Бази даних GaBi Professional і розширення можна придбати за бажанням.
Допоміжні засоби для користувачів	Автоматичне оновлення програмного забезпечення та баз даних, технічна підтримка електронною поштою та на веб-сайті, посібники та відеоуроки, поширені запитання та форум		Оновлення бази даних, технічна підтримка електронною поштою, посібники та навчальні посібники, поширені запитання та форум.	

Праналізувавши дані табл. 2.2, зрозуміло, що усі ці інструменти, та не лише ті, що наведено у даній роботі є корисними та актуальними для встановлення причин та наслідків певних впливів на навколишнє середовище (в основному використання енергії, парникових газів та утворення твердих відходів), які будуть мати аналізовані будинки, особливо під час видобутку матеріалів, виробництва та використання етапів будівництва. Після них можна визначити найкращі рішення щодо проектування простору (конструкційні системи або матеріали), щоб покращити проект з екологічної та енергетичної точки зору, наприклад оцінюючи потенціал енергоефективності багатошарових стін, в тому числі з натуральних матеріалів [33, 66, 67].

Методологією, яка дає можливість провести вичерпну оцінку впливу будівлі на навколишнє середовище, є LCA. Однак вона недостатньо відома і, на превеликий жаль, не використовується серед професіоналів будівельного сектору. Складність її застосування, час, необхідний для її розробки з огляду на періоди виконання проекту та дорогі економічні інвестиції, необхідні для використання цих інструментів і методології, зумовлюють той факт, що імплементація LCA як інструменту оцінки впливу на навколишнє середовище є складною у реалізації [68].

Мабуть очевидним фактом є те, що у наш час робота інженера-проектувальника має багатогранний характер, пов'язаний не лише з вибором оптимальних форм та конструктивних елементів будівлі, але й прорахунком такого варіанту конструкційних матеріалів, які дозволять при забезпеченні фізико-механічних властивостей матеріалів протягом встановленого терміну експлуатації будівлі досягти мінімального антропогенного впливу на довкілля. І все це дозволить більш гармонійно поєднувати інженерну творчу енергію людини з природою та не жити за рахунок прийдешніх поколінь.

2.3 Передові світові стандарти у галузі енергоефективності будівництва в контексті сталого розвитку, що прямо впливають на оцінку життєвого циклу будівель

Аналіз опрацьованих літературних джерел дозволив виділити основні стандарти [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

– Інструкція з енергетичного і екологічного проектування (LEED) [69], (англ. *Leadership in Energy and Environmental Design, LEED*) є одним з найбільш популярних та загальновідомих видів добровільної сертифікації зеленого будівництва або будівництва, яка створена ASHRAE і Радою з архітектури і будівництва «зелених» будівель (США). Імплементація інструментарію LEED в широкому сенсі цього слова сприяє загальносвітовому підходу щодо впровадження зелених технологічних рішень у будівельній галузі з використанням прогресивних універсальних інструментів та показників оцінки енергоефективності;

– (BREEAM)[70], метод екологічної експертизи, що розроблено у Великобританії Дослідницьким центром з питань будівництва будівель – *The Building Research Establishment, BRE*. BREEAM охоплює дев'ять критеріїв: матеріали, шкідливі викиди в атмосферу, відходи, землекористування та екологія водокористування, транспорт, енергетика, здоров'я та благоустрій, менеджмент;

– сертифікат стійкого будівництва (*German Sustainable Building Certificate*)[71], що створено у Німеччині Німецькою радою по екологічно чистим і стійким будівлям DGNB разом з Федеральним міністерством транспорту, будівництва і міського розвитку (BMVBS). У цьому сертифікаті враховано шість на оцінку життєвого циклу будівель впливають наступні критерії: екологічний, економічний, соціокультурний і функціональний, технологічний, експлуатаційний і за місцем розташування.

Всі перелічені вище стандарти мають на меті сприяти підвищенню рівня енергоефективності будівель в контексті концепції сталого розвитку та мінімізувати той негативний вуглецевий «слід» від витрат енергії на видобуток, перевезення, виготовлення і та утилізацію будівельного матеріалу.

2.4 Висновки по розділу 2

1. Існує багато категорій, за якими виконують оцінку життєвого циклу, при цьому немає універсальних критеріїв LCA, які прийнятні всіма країнами світу. Серед найважливіших параметрів виділяють викиди парникових газів (ПГ), потенціал підкислення, потенціал руйнування озонового шару, потенціал евтрофікації, тощо.

2. Для оцінки життєвого циклу будівель та матеріалів з яких вони зроблені на сьогоднішній день різними науковцями використовуються різноманітні програмні продукти, що базуються на відповідних базах матеріалів та основних критеріях: EnergyPlus [57], Trnsys [58], eQUEST [59], GaBi [61], Simapro [62], Design Builder [63], ATHENA [64], Eco2soft [23].

3. Методологія оцінки життєвого циклу будівлі – багатокритеріальна, мультидисциплінарна концепція оцінки, що має на меті кількісно оцінити негативний

вплив результатів антропогенної інженерної діяльності на довкілля. За своєю суттю це процедура, яка базується на використанні спеціалізованого програмного забезпечення та баз даних для проведення LCA аналізу.

4. яка потребує підготовки фахівців, інвестиції у програмне забезпечення інструментарію, який як правило є платним, та має деякі складнощі у впровадженні.

5. Серед основних причин, які гальмують широке використання будівельними експертами та забудовниками методології оцінки життєвого циклу у галузі будівництві можна виділити наступні:

- недостатня загальна обізнаність серед експертів будівництва щодо такого методу оцінки будівельного проекту;
- час, що потрібно витратити для розробки методики оцінювання;
- фінансові затрати для придбання ліцензованого програмного забезпечення для LCA;

6. Обмежена наявна доступна інформація про вплив виробництва будівельних матеріалів на навколишнє середовище, а також про поточні процеси будівництва та знесення (утилізації) робить LCA дещо спрощеним інструментом, оскільки низка адаптацій і наближень даних, наявних у відкритих джерелах, більшість з яких отримано в різних країнах, до тих країн, де будується будівля, ще підлягає аналізу та оцінці.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДИНКІВ НА ПРИКЛАДІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ ECO2SOFT [1]

3.1 Вибір типів багатошарових огороджувальних конструкцій

Після проведеного аналізу літературних джерел вітчизняних та закордонних науковців [1, 8, 17, 18, 19, 22, 27, 6772, 73, 7567] та узагальнення інформації з мережі Інтернет [6, 24, 2523], з урахуванням нормативної бази України в галузі вимог до огороджувальних конструкцій [11, 12, 77] було сформовано коло з п'яти варіантів багатошарових огороджувальних конструкцій стін, популярних для зведення у секторі малоповерхового будівництва України, для проведення чисельного моделювання оцінки життєвого циклу за допомогою програми Eсо2soft [23]. В даній роботі досліджували такі альтернативи:

- стіна типу «А» – цегляна з мінераловатним тюкиєм;
- стіна типу «В» – газоблок конструкційно-теплоізоляційного типу 325 кг/м³ з мінераловатним тюкиєм;
- стіна типу «С» – цегляна з колодязною кладкою та мінераловатним тюкиєм між шарами;
- стіна типу «D» – самонесуча стіна з солом'яного блоку 109 кг/м³ у дерев'яному каркасі;
- стіна типу «Е» – СІП утеплена EPS.

В розрахунку життєвого циклу до уваги прийнято лише зовнішні стіни будівлі, при чому для визначення витрат на транспортування, у всіх варіантів наведено також відстані для постачання матеріалів та умовний тип транспорту.

Термін експлуатаційної придатності конструктивних шарів та елементів для стін прийнято з узагальнених даних мережі Інтернет.

Для розрахунку показників життєвого циклу експлуатаційні витрати (гарячої воді на опалення/гаряче водопостачання, електрики) не були враховані, оскільки

такі дані є унікальними для кожного будинку, та залежать від багатьох факторів: клімату, кількості мешканців, типу інженерного обладнання у помешканні, культури споживання енергоносіїв, тощо.

Період оцінки життєвого циклу для всіх типів стін взято 100 років.

Основні характеристики шарів для обраних варіантів стін наведено на рис.3.1-3.6.

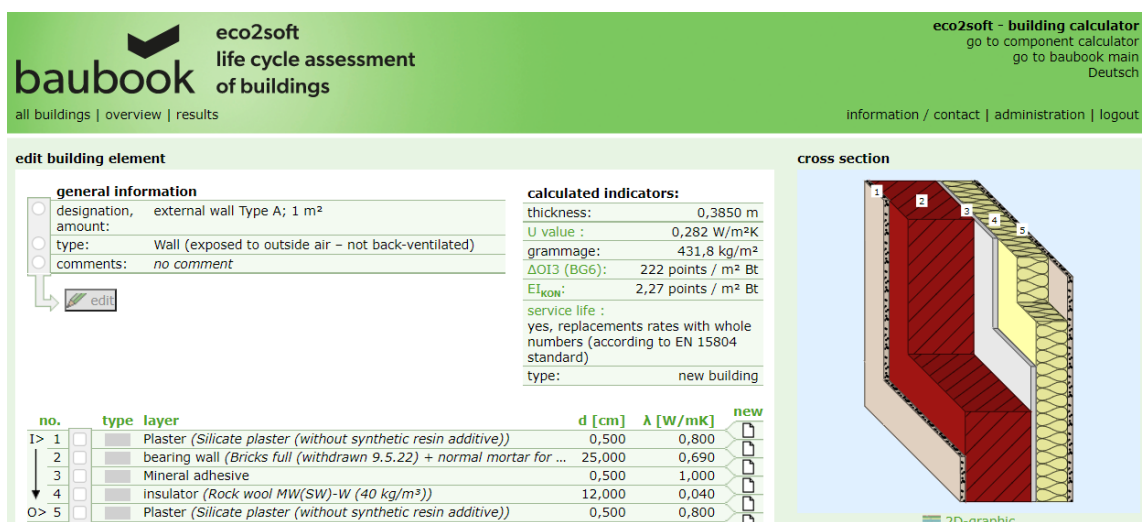


Рис. 3.1 Характеристики шарів для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу А

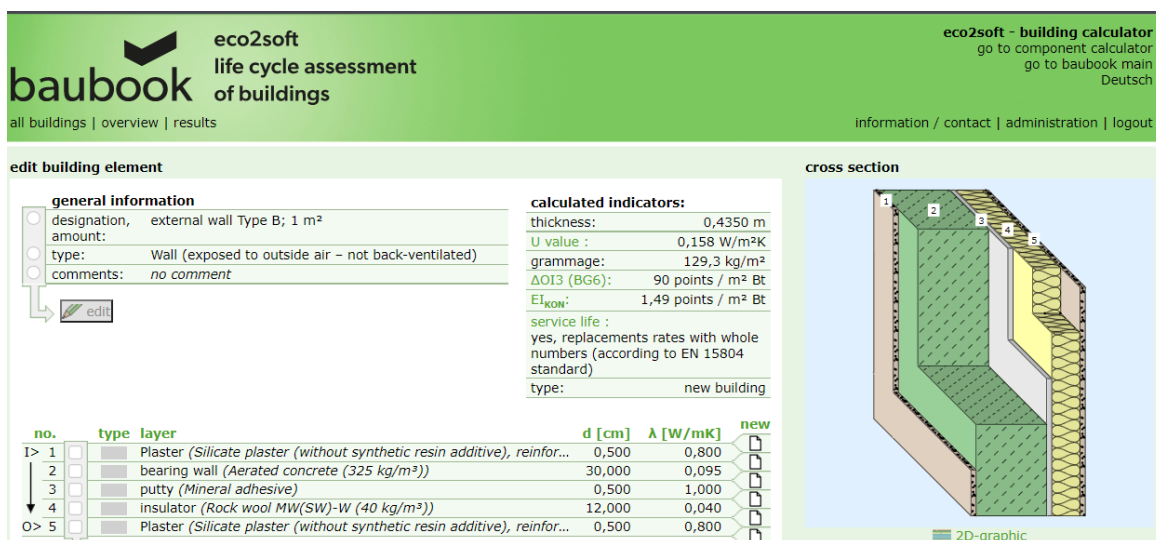


Рис. 3.2 Характеристики шарів для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу В

eco2soft
life cycle assessment
of buildings

baubook

eco2soft - building calculator
go to component calculator
go to baubook main
Deutsch

all buildings | overview | results

Information / contact | administration | logout

edit building element

general information

designation, amount: Wall C; 1 m²

type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)

comments: no comment

calculated indicators:

thickness: 0,4851 m

U value : 0,276 W/m²K

grammage: 645,6 kg/m²

ΔOI3 (BG6): 439 points / m² Bt

E_{kon}: 2,38 points / m² Bt

service life :
yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)

type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		CR lime cement finish plaster (1600 kg/m ³)	1,500	0,780	<input type="button" value="new"/>
2		Vertically perforated brick 17 cm to 38 cm + normal mortar for b...	25,000	0,577	<input type="button" value="new"/>
3		Glass wool MW(GW)-WV (70 kg/m ³)	10,000	0,035	<input type="button" value="new"/>
4		Polyethylene (PE) sealing sheeting	0,010	0,500	<input type="button" value="new"/>
O> 5		Full clinker + normal mortar for brickwork (2100 kg/m ³)	12,000	0,870	<input type="button" value="new"/>

cross section

2D-graphic

Рис. 3.3 Характеристики шарів для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу С

eco2soft
life cycle assessment
of buildings

baubook

eco2soft - building calculator
go to component calculator
go to baubook main
Deutsch

all buildings | overview | results

Information / contact | administration | logout

edit building element

general information

designation, amount: external wall; 1 m²

type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)

comments: no comment

calculated indicators:

thickness: 0,5300 m

U value : 0,121 W/m²K

grammage: 123,2 kg/m²

ΔOI3 (BG6): 39 points / m² Bt

E_{kon}: 1,55 points / m² Bt

service life :
yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)

type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,500	0,490	<input type="button" value="new"/>
2		Building straw bales (109 kg/m ³) / Timber (525 kg/m ³ - e.g. lar...	50,000	0,056	<input type="button" value="new"/>
O> 3		Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,500	0,490	<input type="button" value="new"/>

cross section

2D-graphic

Рис. 3.4 Характеристики шарів для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу D

eco2soft
life cycle assessment
of buildings

baubook

eco2soft - building calculator
go to component calculator
go to baubook main
Deutsch

all buildings | overview | results

Information / contact | administration | logout

edit building element

general information

designation, amount: external wall Type E; 1 m²

type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)

comments: no comment

calculated indicators:

thickness: 0,1940 m

U value : 0,267 W/m²K

grammage: 65,2 kg/m²

ΔOI3 (BG6): 91 points / m² Bt

E_{kon}: 1,15 points / m² Bt

service life :
yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)

type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		Plaster (Gypsum wallboards (1000 kg/m ³))	1,500	0,370	<input type="button" value="new"/>
2		putty (Mineral adhesive)	0,500	1,000	<input type="button" value="new"/>
3		OSB boards (650 kg/m ³)	1,200	0,130	<input type="button" value="new"/>
4		swisspor EPS-W 25 / Timber (525 kg/m ³ - e.g. larch) - planed...	14,000	0,038	<input type="button" value="new"/>
5		OSB boards (650 kg/m ³)	1,200	0,130	<input type="button" value="new"/>
6		putty (Mineral adhesive)	0,500	1,000	<input type="button" value="new"/>
O> 7		Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive), rein...	0,500	0,800	<input type="button" value="new"/>

cross section

2D-graphic

Рис. 3.5 Характеристики шарів для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу E

Враховуючи вищезазначені припущення у програмі Eco2soft [23] проведене чисельне моделювання оцінки життєвого циклу (LCA) огорожувальних конструкцій стін всіх п'яти типів, що розглянуто у роботі.

3.2 Вибір критеріїв при моделюванні оцінки життєвого циклу багатошарових огорожувальних конструкцій

Критеріями оцінки життєвого циклу альтернатив для порівняння варіантів у роботі було обрано наступні:

а) *PENRT* – загальна величина первинної невідновлюваної енергії. Це загальні енергетичні ресурси, необхідні для виробництва продукту або послуги, спільно називають первинним вмістом енергії (скорочено PE). PE вказується в МДж і розраховується з нижчої теплотворної здатності використаних енергетичних ресурсів.

У розділі «PENR» вказується первинний енергетичний вміст усіх невідновлюваних ресурсів (сирої нафти, вугілля тощо));

б) *GWP* – потенціал глобального потепління. Показник «ПГП-всього» є сумою ПГП-викопного та ПГП-біогенного. Потенціал глобального потепління наведено для періоду 100 років (*GWP100*) і в кг CO₂-еквіваленту (кг CO₂-еквіваленту);

в) *AP* – потенціал підкислювання. Підкислення в основному зумовлене взаємодією газів оксиду азоту (*NO_x*). Для розрахунку використовуються коефіцієнти характеристики відповідно до ÖNORM EN 15804, додаток С. Для старіших даних LCA (до публікації ÖNORM EN 15804: 2014) використовувався середній «європейський потенціал підкислення» відповідно до CML 2001 v3.9.

г) *EP* – потенціал евтрофікації. Потенціал евтрофікації введених поживних речовин визначається відповідно до CML 2001 v3.9 і вказується в кг (PO₄₃--екв. (фосфатний еквівалент).

д) маса конструкції стіни кг/м²;

е) коефіцієнт теплопередачі багатошарової оболонки (*u-value* Вт/м²×К, величина обернена до термічного опору *R*).

Результати моделювання оцінки життєвого циклу LCA наведено на рис. 3.6-3.11. Зведені показники результатів по варіантам стін представлено у табл. 3.1.

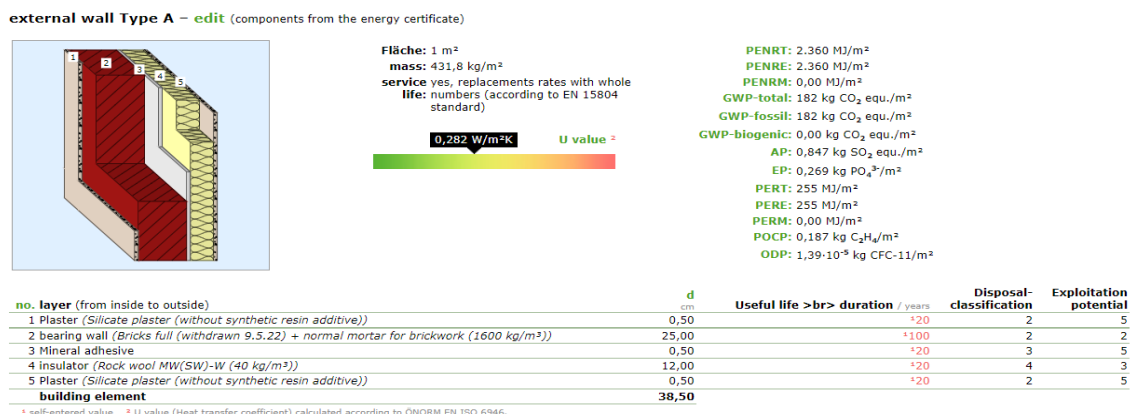


Рис. 3.6 Результати оцінки LCA для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу А

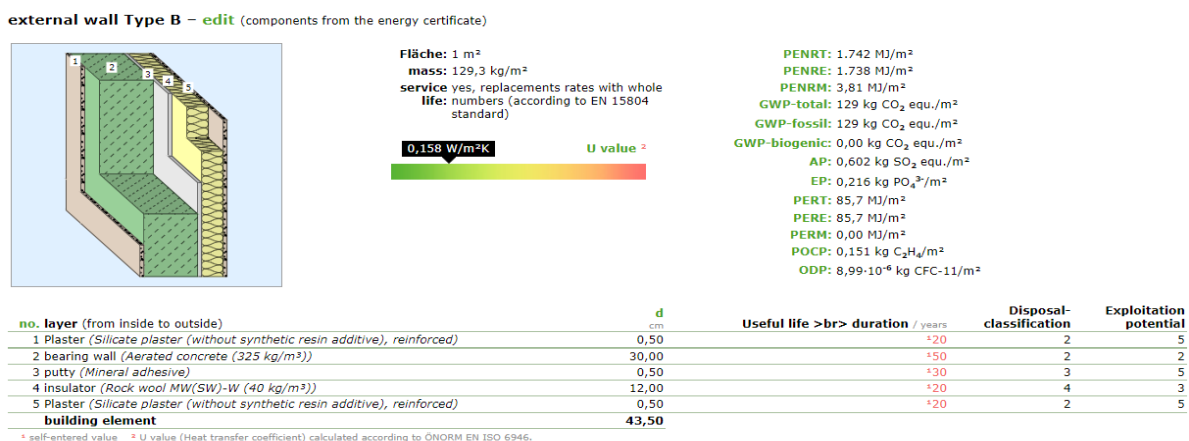


Рис. 3.7 Результати оцінки LCA для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу В

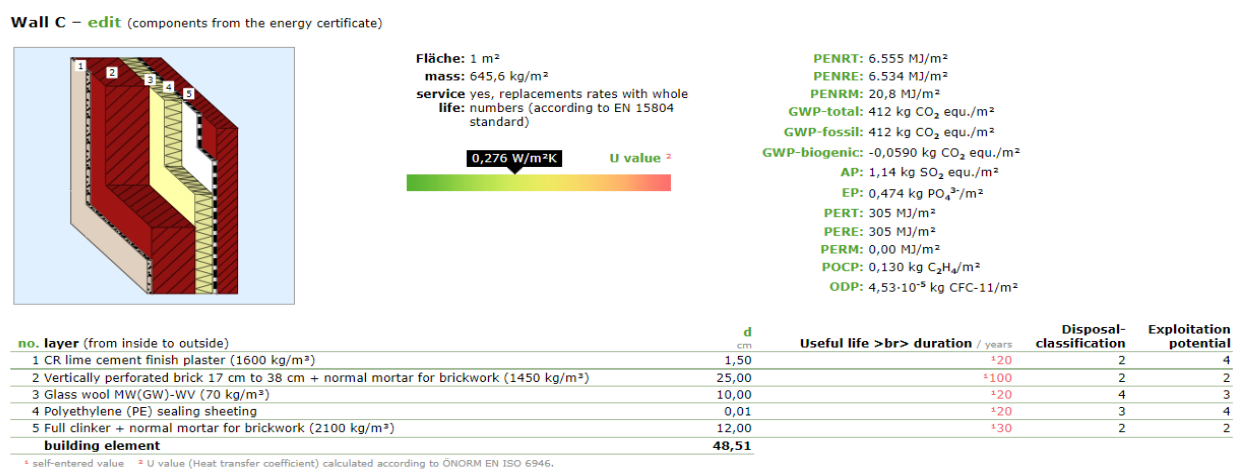
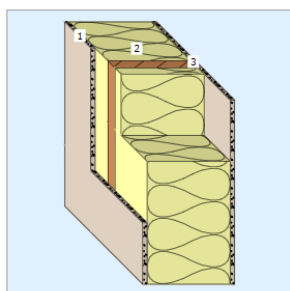


Рис. 3.8 Результати оцінки LCA для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу С

external wall – edit (components from the energy certificate)



Fläche: 1 m²
 mass: 123,2 kg/m²
 service yes, replacements rates with whole
 life: numbers (according to EN 15804 standard)

0,121 W/m²K U value

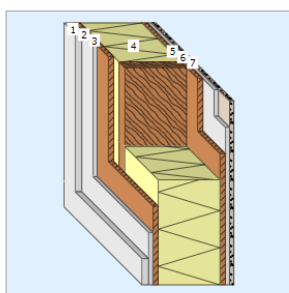
PENRT: 546 MJ/m²
 PENRE: 546 MJ/m²
 PENRM: 0,00 MJ/m²
 GWP-total: -71,3 kg CO₂ equ./m²
 GWP-fossil: 48,9 kg CO₂ equ./m²
 GWP-biogenic: -120 kg CO₂ equ./m²
 AP: 0,199 kg SO₂ equ./m²
 EP: 0,239 kg PO₄³⁻/m²
 PERT: 2.060 MJ/m²
 PERE: 104 MJ/m²
 PERM: 1.956 MJ/m²
 POCP: 0,0301 kg C₂H₄/m²
 ODP: 3,93·10⁻⁶ kg CFC-11/m²

no. layer (from inside to outside)	d cm	Useful life >br> duration / years	Disposal- classification	Exploitation potential
1 Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,50	+20	2	3
2 inhomogeneous (parts vertical)	50,00			
60 cm (86%) Building straw bales (109 kg/m ³)	50,00	+50	3	2
10 cm (14%) Timber (525 kg/m ³ - e.g. larch) - rough, air-dried	50,00	+100	1	1
3 Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,50	+20	2	3
building element	53,00			

* self-entered value * U value (Heat transfer coefficient) calculated according to ÖNORM EN ISO 6946.

Рис. 3.9 Результати оцінки LCA для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу D

external wall Type E – edit (components from the energy certificate)



Fläche: 1 m²
 mass: 65,2 kg/m²
 service yes, replacements rates with whole
 life: numbers (according to EN 15804 standard)

0,267 W/m²K U value

PENRT: 2.697 MJ/m²
 PENRE: 2.136 MJ/m²
 PENRM: 560 MJ/m²
 GWP-total: 106 kg CO₂ equ./m²
 GWP-fossil: 139 kg CO₂ equ./m²
 GWP-biogenic: -32,6 kg CO₂ equ./m²
 AP: 0,528 kg SO₂ equ./m²
 EP: 0,189 kg PO₄³⁻/m²
 PERT: 1.621 MJ/m²
 PERE: 370 MJ/m²
 PERM: 1.251 MJ/m²
 POCP: 0,165 kg C₂H₄/m²
 ODP: 9,65·10⁻⁶ kg CFC-11/m²

no. layer (from inside to outside)	d cm	Useful life >br> duration / years	Disposal- classification	Exploitation potential
1 Plaster (Gypsum wallboards (1000 kg/m ³))	1,50	+20	4	3
2 putty (Mineral adhesive)	0,50	+30	3	5
3 OSB boards (650 kg/m ³)	1,20	+30	3	3
4 inhomogeneous (parts vertical)	14,00			
45,5 cm (94%) swisspor EPS-W 25	14,00	+25	4	3
3 cm (6%) Timber (525 kg/m ³ - e.g. larch) - planed, technically dried	14,00	+40	1	1
5 OSB boards (650 kg/m ³)	1,20	+30	3	3
6 putty (Mineral adhesive)	0,50	+30	3	5
7 Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive), reinforced)	0,50	+20	2	5
building element	19,40			

* self-entered value * U value (Heat transfer coefficient) calculated according to ÖNORM EN ISO 6946.

Рис. 3.10 Результати оцінки LCA для багатошарової огорожувальної конструкції стіни типу E

Таблиця 3.1 Результати моделювання оцінки життєвого циклу для альтернатив

Типи стін	Критерії оцінки життєвого циклу					
	PENRT, МДж/м ²	GWP-total, кг CO ₂ екв./м ²	AP, кг SO ₂ екв./м ²	EP, кг PO ₄₃ /м ²	Маса стіни кг/м ²	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ² K
Стіна А	2360	182,00	0,847	0,269	431,80	0,282
Стіна В	1742	129,00	0,602	0,216	129,30	0,158
Стіна С	6555	412,00	1,14	0,474	645,60	0,276
Стіна D	546	-71,30	0,199	0,239	123,2	0,121
Стіна E	2697	106,00	0,528	0,189	65,20	0,267

3.3 Аналіз отриманих результатів

Для графічної інтрепретації отриманих у табл. 3.1 даних побудовано гістограми (рис. 3.11- 3.16).

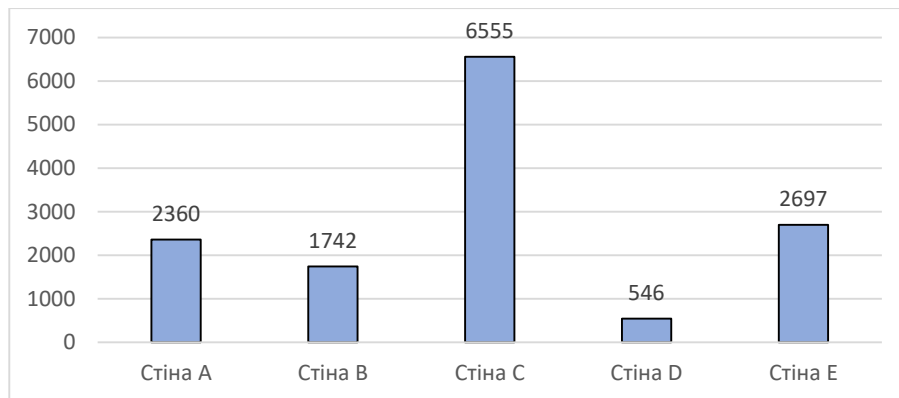


Рис. 3.11 Загальна величина первинної невідновлюваної енергії, PENRT, МДж/м²

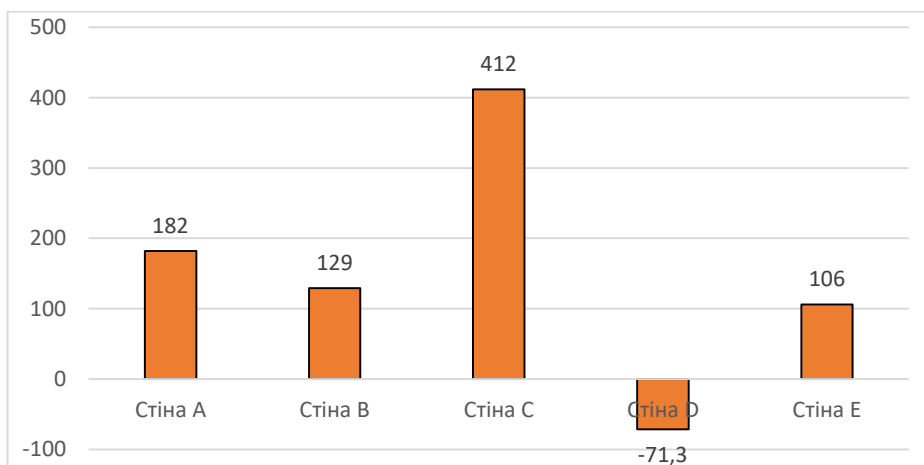


Рис. 3.12 Потенціал глобального потепління, GWP-total, кг·СО₂ екв./м²

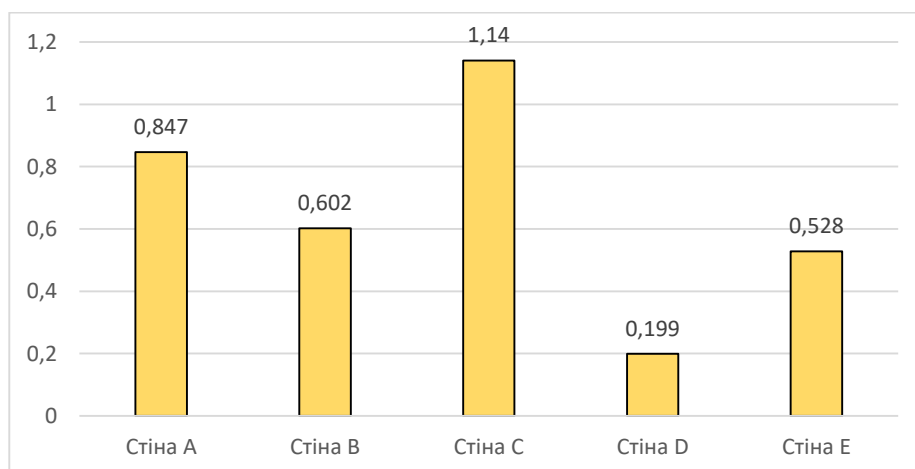


Рис. 3.13 Потенціал закислення, AP, кг·SO₂ екв./м²

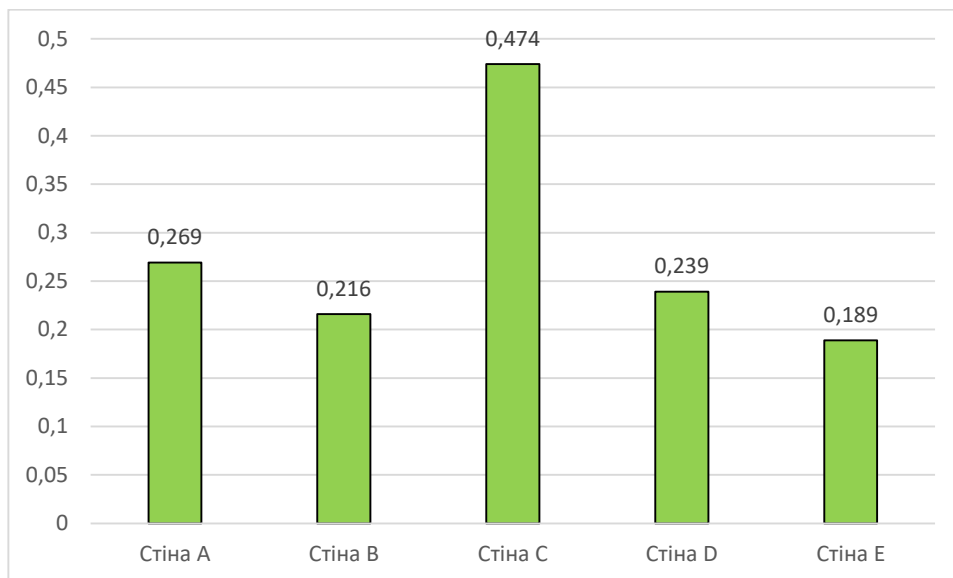


Рис. 3.14 Потенціал евтрифікації, EP, кг·PO₄₃/м²

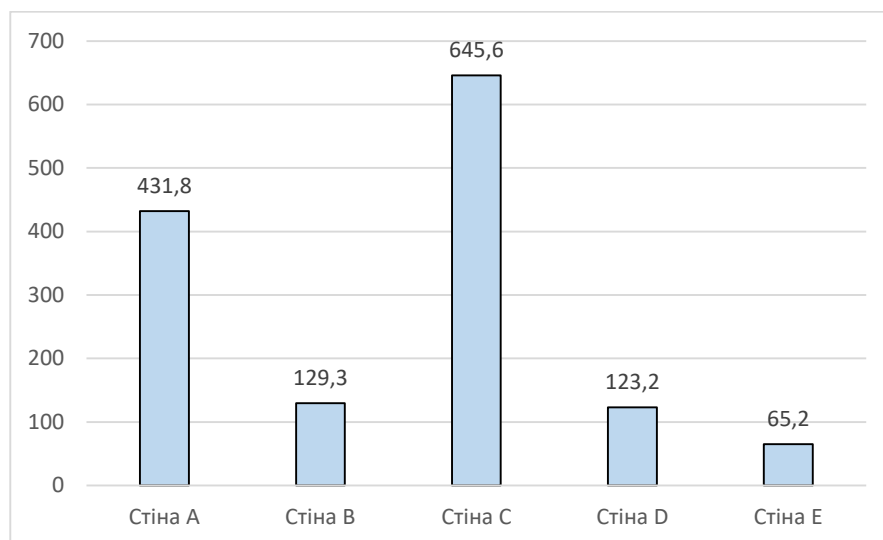


Рис. 3.15 Маса стіни, кг/м²

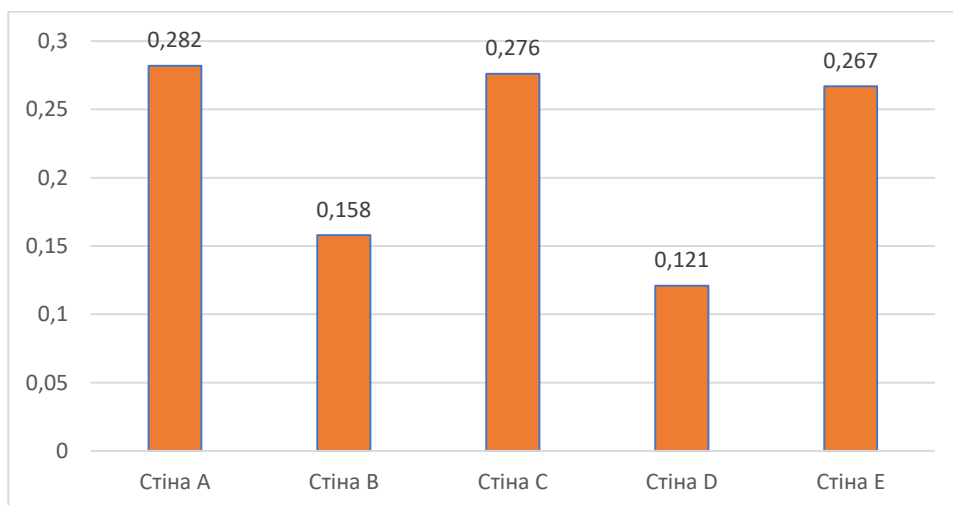


Рис. 3.16 Коефіцієнт теплопередачі стіни, Вт/м²К

Аналізуючи рис. 3.11- 3.16 навіть без приведення всіх вимірів показників у єдину шкалу шляхом будь якого з методів нормалізації дани, видно, що стіна типу D є найкращим варіантом по всіх критеріях (окрім критерію маси та критерію евтрифікації, де вона поступається варіанту СІІ стіни типу E). Це є цілком очевидним, оскільки стіна типу D виконана з натуральних матеріалів (солома, дерево, штукатурка) та на фоні решти альтернатив позиціонується як один з найкращих за всіма критеріями, що розглядаються.

Але якщо проранжувати отримані дані шляхом стандартної функції РАНГ у програмі Excel, а потім просумувати отримані ранги, тобто виконати адитивну згортку критеріїв, то це дозволить кількісно співставити всі альтернативи по всім критеріям (табл. 3.2) та рис. 3.17.

Таблиця 3.2 Результати моделювання оцінки життєвого циклу для альтернатив (після ранжування)

Типи стін	Критерії оцінки життєвого циклу						Сумарна оцінка в балах
	PENRT, МДж/м ²	GWP-total, кг CO ₂ екв./м ²	AP, кг SO ₂ екв./м ²	EP, кг PO ₄₃ /м ²	Маса стіни кг/м ²	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ² К	
Стіна А	3	4	4	4	4	5	24
Стіна В	2	3	3	2	3	2	15
Стіна С	5	5	5	5	5	4	29
Стіна D	1	1	1	3	2	1	9
Стіна E	4	2	2	1	1	3	13

* 1 – найкращий показник, 5 – найгірший.

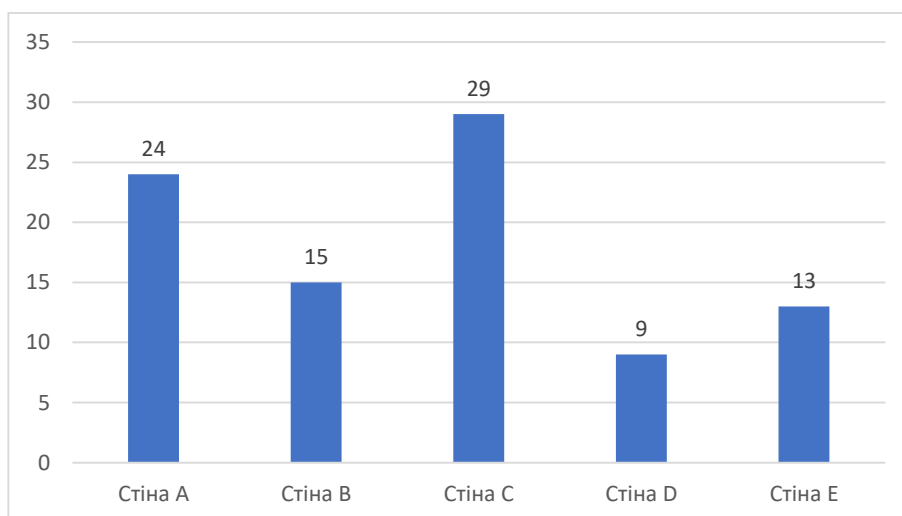


Рис. 3.16 Сумарна оцінка після згортки критеріїв

Аналіз даних рис 3.16 показав, що стіна з соломи є лідером по оцінці життєво-го циклу в контексті обраних критеріїв з мінімальною кількістю балів – 9. Якщо прийняти варіант стіни з соломи за базовий 100% за критеріями оцінки життєвого циклу, тоді розподіл буде виглядати наступними чином:

Стіна А – 266,67%;

Стіна Б – 166,67%;

Стіна С – 322,22%;

Стіна D – 100%;

Стіна Е – 144,44%.

Таким чином, за використання лише фізичних критеріїв для оцінювання втрат енергії / нанесення шкоди довкіллю можна зробити висновок, що чисельне моделювання дозволило співставити п'ять популярних альтернатив багат шарових конструкцій стін, та виявити, що стіна з соломи майже в 2,7 рази більш екологічніша за цегляну з тюкиєм, майже в 1,7 рази екологічніша від стіни з газоблоку з тюкиєм, майже в 3,25 рази ефективніша від стіни з колодязною кладкою, та в 1,45 рази краща від стіни СІП.

Очевидно, що для більш об'єктивної оцінки необхідно також провести калькуляцію вартості кожного з варіантів стін та лише тоді, співставляючи результати, зробити вибір, який є обґрунтованим в контексті методології LCA.

3.4 Висновки по розділу 3

1. При чисельному моделюванні оцінки життєвого циклу огороджувальних конструкцій стін в контексті критеріїв (PENRT, GWP-total, AP, EP, маси та коефіцієнту теплопередачі) з'ясовано, що найбільш оптимальним варіантом влаштування стіни буде стіна з солом'яних блоків, яка перевершує всі альтернативні варіанти стін – вона в 2,7 більш екологічніша за цегляну стіну з тюкиєм, майже в 1,7 рази екологічніша від стіни з газоблоку з тюкиєм, майже в 3,25 рази ефективніша від стіни з колодязною кладкою, та в 1,45 рази краща від стіни СІП.

2. Для об'єктивного аналізу та зваженого багатокритеріального вибору «кращої» альтернативи слід провести техніко-економічні розрахунки які дозволять оцінити не тільки фізико-механічні параметри стін, але й вартісну компоненту яку необхідно враховувати при прийнятті управлінських рішень щодо оптимального вибору огорожувальних конструкцій.

3. В практичних цілях є доречним виконання аналізу життєвого циклу декількома інструментами, з урахуванням додаткових фізико-механічних (наприклад час теплової інерції, величина внутрішньої питомої теплоємності стіни) та вартісних показників з метою виявлення кращої альтернативи.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельна рішення

4.1.1 Вихідні дані про об'єкти першої групи. Їх характеристика

Встановлено завдання провести котеджну забудову передмістя Вінниці. Зводитимуться будівлі: *двоповерховий одноквартирний житловий будинок*. В плані будинок має г – подібну форму. Область застосування будинку - I - III кімнатного району зі звичайними геологічними умовами та розрахунковою температурою зовнішнього повітря 20⁰С (основне рішення) та –20⁰С.

Двоповерховий будинок призначений для проживання в ньому двох сімей. В будинку запроектовані такі приміщення: - на першому поверсі розташовані: хол, кабінет, кух

ня, санвузол, а також кладовка; - на другому поверсі розташовані: спальні, горище, санвузол.

Проектуємий двоповерховий будинок складається з основних конструктивних елементів, таких як: фундамент стрічковий бутобетонний, цоколь – фундаментні блоки товщиною 400 мм, висотою – 600 мм, стіни зовнішні – тюки солом'яні, перекриття – дерев'яний настил, перегородки – дерев'яні бруси, дах вкритий металочерепицею, схема даху скатового типу.

4.1.2 Опис плану забудови

Для будівництва двоповерхового солм'яного будинку виділяється ділянка розмірами 35×26 м. Рельєф місцевості неоднорідний. Будинок з однієї сторони прив'язаний до червоної лінії, яка складає відстань, що відповідає витримуванню протипожежних та санітарних норм. Виконана широтна орієнтація відносно сторін світу та по відношенню рози вітрів.

На геометричному плані крім будинку запроектовано також басейн, літня кухня, дитячий майданчик та сад.

Територія, на якій розташований проектуємий будинок максимально озеленена, для цього було запроєктовано декілька дерев, а також газонне покриття.

4.1.3 Підрахунок техніко-економічних показників

1. Площа ділянки: $P_d = 35 \times 26 = 860 \text{ м}^2$.
2. Площа забудови: $P_z = 262,19 \text{ м}^2$.
3. Процент забудови: $(P_z/P_d)100\% = (262,19/860)100\% = 30,49\%$.
4. Площа господарського комплексу = $220,50 \text{ м}^2$
5. Площа басейну = $25,00 \text{ м}^2$
6. Площа дитячого майданчика = $25,00 \text{ м}^2$
7. Площа твердої поверхні П.т.п. = $177,45 \text{ м}^2$
8. Площа озеленення П.оз. = $483,64 \text{ м}^2$
9. Процент озеленення = $(P_{оз}/P_d)100\% = (483,64/860)100\% = 42,88\%$

Таблиця 4.1 – Визначення показників балансу території

№	Назва показника	Величина
1	Площа ділянки	860м ²
2	Площа забудови	262,19 м ²
3	Процент забудови	30,49%
4	Площа господарського комплексу	220,50 м ²
5	Площа басейну	25,00 м ²
6	Площа дитячого майданчика	25,00 м ²
7	Площа твердої поверхні	177,45 м ²
8	Процент твердої поверхні	26,63%
9	Площа озеленення	483,64м ²
10	Процент озеленення	42,88%

4.1.4 Об'ємно – планувальне рішення

Запроєктований солом'яний будинок призначений для проживання в ньому двох сімей. Проектуємий будинок в плані має г – подібну форму з основними

розмірами в осях 11,100 x 11,000 м. Проектуємий будинок має два поверхи, висота кожного поверху 2,700 м. Евакуація людей з будинку здійснюється через сходову клітку. Мінімальна ширина коридорів 2м. Кімнати розташовані: на першому поверсі – прохідні, на другому – розділені.

4.1.5 Конструктивне рішення

Конструктивна схема будинку складається з поперечно несучих стін з опиранням брусів на дві сторони. Згідно завдання до проектування, проектується фундамент стрічковий бутобетонний. Під зовнішніми стінами запроєктований фундамент розміром 400 мм. Глибина залягання фундаменту 0,800 м. Захист від ґрунтової вологи досягається використанням вертикальної гідроізоляції. Вона виконується з обмазки гарячим бітумом і з двох шарів руберойду. По всьому периметру будинку покладена тротуарна плитка. Відстань від землі до підшви фундаменту 0,800 м. Стіни мають високу міцність і стійкість, вони в змозі переносити постійне і тимчасове навантаження. Завдяки товщині стіни вона має необхідні теплотехнічні властивості для забезпечення температурно-вологого режиму.

Таблиця 4.2 – Специфікація столярних виробів

Марка позиції	Позначення	Назва конструкції	К-сть
1	2	3	4
BC-1	BC 9x6	Вікно	2
BC-2	BC 6x6	Вікно	2
BC-3	BC 23,5x10	Вікно	2

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
BC-4	BC 16x10	Вікно	4
BC-5	BC 16x20	Вікно	2
BC-6	BC 16x15	Вікно	2
BC-7	BC 16x6	Вікно	2
Д-1	Д 9x20	Двері одинарні	8
Д-2	Д 25x28	Двері одинарні	1
Д-3	Д 12x24	Двері двійні	1
Д-4	Д 8,5x20	Двері одинарні	1
Д-5	Д 7x20	Двері одинарні	4
Д-6	Д 6,5x20	Двері одинарні	5

Перегородки виконані аналогічно з солом'яних тюків. Вікна в даному проєктуємому будинку роздільні. Розміри вікон підбрані так, щоб забезпечувати достатню освітленість. Також за допомогою вікон проводиться вивітрювання приміщення. Вікна повинні задовільняти мінімальні теплотехнічні вимоги, теплові затрати, відсутність продування. Крім цього вони повинні бути підбрані по архітектурно-художнім вимогам до фасаду будинку та його інтер'єру. Деякі вікна даного будинку мають форму трикутника і покращують вигляд будинку. Для ізоляції один від одного прохідних приміщень, та входу в будинок, служать двері. окриття виконується з кругло пустотних панелей 220 мм, також як і перекриття.

Таблиця 4.3 – Специфікація залізобетонних виробів:

Марка позиції	Позначення	Назва конструкції	к-сть
П-1	ПК 42x13	Плита перекриття	2
П-2	ПК 42x10	Плита перекриття	9
П-3	ПК 62x13	Плита перекриття	3
П-4	ПК 63x10	Плита перекриття	19
П-5	ПК 63x13	Плита перекриття	3
П-6	ПК 62x10	Плита перекриття	2
П-7	ПК 41x10	Плита перекриття	1
П-8	ПК 40x10	Плита перекриття	3

4.1.6 Вихідні дані про об'єкти другої групи. Їх характеристика

Двохповерховий котедж на дві сім'ї: В плані будинок має прямокутну форму. Область застосування будинку - I - III кімнатного району зі звичайними геологічними умовами та розрахунковою температурою зовнішнього повітря – 20°C (основне рішення) та -20°C.

Клас будинку III, прийнята ступінь довговічності II, ступінь вогнестійкості III. Двохповерховий будинок призначений для проживання в ньому однієї сім'ї. В будинку запроектовані такі приміщення: - на першому поверсі розташовані: хол, веранда, вітальня, спальня, кухня, а також санвузол; - на другому поверсі розташовані: спальні, дитяча кімната, санвузол, а також виходить друге світло холу.

Проектуємий двухповерховий будинок складається з основних конструктивних елементів, таких як:

- фундамент стрічковий бутобетонний
- стіни породільні несучі
- дах складається з метало черепиці, схема даху скатна, похила.

4.2 Опис генерального плану

Для будівництва двухповерхового солом'яного будинку умовно виділяється ділянка розмірами 72x44 м. Рельєф місцевості спокійний. Будинок з однієї сторони прив'язаний до червоної лінії, яка складає відстань, що відповідає витримуванню протипожежних та санітарних норм. Виконана широтна орієнтація відносно сторін світу та по відношенню рози вітрів. На геометричному плані крім будинку запроектовано також гараж розміром 33.0 м,² господарчий майданчик, басейн та гральний майданчик. Територія, на якій розташований проектуємий будинок, максимально озеленена, для цього було запроектовано багато дерев, також відделено місце під насадження. Біля будинку запроектований квітник.

4.2.1 Підрахунок техніко-економічних показників

1. Площа ділянки: Пд.=72x44=3168 м².
2. Площа забудови: Пз=196,2 м².

3. Процент забудови: $(\text{Пз}/\text{Пд.})100\%=(196,2/3168)100\%=6,12\%$
4. Площа зайнята проїздами = 214 м²
5. Площа зайнята тротуарами = 820 м²
6. Площа гаражу = 33.0 м².
7. Площа басейну = 118,3 м²
8. Площа грального майданчику = 72,0 м²
9. Площа озеленення = 2036 м²
10. Процент озеленення = $(\text{Поз}/\text{Пд.})100\%=(2036/3168)100\%=64,26\%$
11. Кінцеві результати заносимо в таблицю:

Таблиця 4.4. – Техніко-економічні показники

№	Назва показника	Величина
1	Площа ділянки	3168 м ²
2	Площа забудови	196,2 м ²
3	Процент забудови	6,12%
4	Площа зайнята проїздами	214 м ²
5	Площа зайнята тротуарами	820 м ²
6	Площа гаражу	330 м ²
7	Площа басейну	118,3 м ²
8	Площа грального майданчику	72 м ²
9	Площа озеленення	2036 м ²
10	Процент озеленення	64,26%

4.2.2 Об'ємно - планувальне рішення

Проектуємий будинок в плані має прямокутну форму з основними розмірами в осях 11,400 × 11,600 м.

Конструктивна схема будинку з поперечно несучими стінами. Проектуємий будинок має два поверхи, висота кожного поверху 2,800 м.

Евакуація людей з будинку здійснюється через сходову клітку та два виходи.

Короткий опис елементів будинку та їх техніко-економічне обґрунтування.

Проектується фундамент стрічковий бутобетонний. Під зовнішніми стінами запроектований фундамент розміром 600 мм. Глибина залягання підшви фундаменту 14,50 м. Захист від ґрунтової вологи досягається використанням вер-

тикальної гідроізоляції. Вона виконується з обмазки гарячим бітумом із двох шарів руберойду. По усьому периметру будинку зроблено відмостку із щільного водонепроникного асфально-бетону. Відстань від землі до підшви фундаменту 900 мм. Фундамент кладуть на щебеневу підсипку 100 мм.

Стіни мають високу міцність і стійкість, вона взмозі нести навантаження від своєї маси і масу корисного навантаження. Завдяки товщині стіни 510 мм і тюкиі, які в ній знаходяться - вона має необхідні теплотехнічні властивості для забезпечення температурно-вологого режиму. Піностірол також є гарним звукоізолятором. Стіна має достатню ступінь вогнестійкості.

Облегшені стіни можна возводити індустріальним способом. Стіна завдяки своїй конструкції має невелику вагу, це дає можливість приймати меншу ширину фундаменту. На облегшені стіни тдс менше використання порівняно з суцільною кладкою стін, тому вони мають меншу вартість, порівняно зі стінами з суцільною кладкою.

Перекрыття виконується з набірних кругло пустотних панелей, воно служить як розділяючий елемент по вертикалі на поверхні. Перекрыття передає навантаження па поперечні стіни і надає будинку стійкості та жорсткості в поперечному напрямленні.

Також перекрыття повинно забезпечувати необхідну ступінь вогнестійкості. Перекрыття повинно бути індустріальним, мати мінімальну коштовність, яка забезпечується збірними деталями, механізацією робіт, використанням місцевих матеріалів.

Вікна в даному проектуємому будинку роздільні. Розміри вікон підібрані так, щоб забезпечувати достатню освітленість. Також за допомогою вікон проводиться вивітрювання приміщення. Вікна повинні задовольняти мінімальні теплотехнічні вимоги, теплові затрати, відсутність продування. Крім цього вони повинні бути підібрані до архітектурно-художнім вимогам до фасаду будинку та його інтер'єру.

Для ізоляції друг від друга прохідних приміщень та входу в будинок служать

двері. Покриття виконується з кругло пустотних панелей 220 мм, також як і перекриття.

Дах виконується похилий з метало черепиці, який захищає будинок зверху від атмосферних опадів, сонячних променів та вітру. Також покрівля повинна бути водонепроникна, щоб вода не попадала на перекриття. Несучі конструкції повинні бути міцними та стійкими, щоб витримувати навантаження від снігу та протистояти дії вітру.

4.3 Технологія будівельного виробництва

Технологічна карта розроблена на зведення зовнішніх стін житлового двоповерхового одноквартирного будинку із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками із застосуванням сумішей будівельних сухих модифікованих, рідких розчинів ТМ «Мастер», а також плитного тюкиа на основі мінеральної сировини (мінераловатні, базальтові, скловолокнисті тюки), герметиків, ущільнювачів.

Технологічну карту розроблено у відповідності до вимог [1-4].

Конструкція із солом'яних тюків – це конструктивне рішення, що призначене для забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту конструкцій від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативного мікроклімату приміщень та надання фасадам будинків та споруд привабливого естетичного вигляду.

4.3.1 Організація виконання робіт

Проект виконання робіт розробляють для кожного конкретного об'єкта, користуючись нормативами.

Під час огляду та обстеження будівельного об'єкта встановлюють його готовність до виконання утеплення огорожувальних конструкцій.

До початку робіт необхідно:

- виконати загальнобудівельні роботи;

- улаштувати покрівлю та гідроізоляцію;
- прокласти (відремонтувати) всі комунікації і заповнити комунікаційні шви, перевірити їх роботу;
- заповнити і ущільнити стики між балконами і панелями перекриття на фасаді будівлі (за потреби);
- ущільнити місця сполучення віконних, дверних і балконних блоків з елементами огорож;
- засклити вікна або вставити склопакети.

Під час огляду будівельних конструкцій визначають:

- наявність і розміри відхилень від вертикалі і горизонталі конструкцій;
- наявність пошкоджень на цоколі, стінах, в місцях примикань віконних і дверних блоків, балконів, лоджій та ін.;
- наявність, характер і площі забруднення на поверхні конструкцій;
- стан покрівлі.

За результатами огляду складають акт з підготовки об'єкта до улаштування системи фасадної теплоізоляційні.

Потім планують і влаштовують будівельний майданчик.

Під час планування будівельного майданчика визначаються:

- розміри майданчика;
- місця розташування і розміри ділянок складування матеріалів, інструментів, пристосувань;
- місця розташування і розміри ділянок приготування розчинових сухих сумішей;
- місця відпочинку працівників;
- місця складування і збирання відходів.

При цьому повинні здійснюватися загальні заходи з техніки безпеки та охорони праці робітників:

- виконано огорожу майданчика і забезпечено його освітлювання в вечірній та нічний час;
- забезпечено відвід поверхневих вод;
- небезпечні зони оснащені попереджувальними знаками;
- забезпечена правильна організація руху транспортних засобів, що гарантуватиме вільний під'їзд до всіх будов.

При облаштуванні майданчика роботи повинні виконуватися з урахуванням усіх можливостей з використання тимчасових і постійних споруд, що розташовані на території майданчика.

До всіх ділянок приготування розчинових сумішей повинна подаватися вода.

До початку виконання робіт необхідно:

- завести на об'єкт і підготувати до використання механізми, інвентар та інструменти;
- доставити в необхідній кількості тюки солом'яні, суміші сухі будівельні, профільні та кутові планки, дюбелі, герметики та ін.;
- встановити засоби підмащування згідно проекту;
- провести інструктаж та ознайомлення робітників з правилами безпечного проведення робіт, навчити методам приготування і використання робочих розчинів;
- перевірити роботу механізмів на холостому ході, виправити злами чи перегиби шнурів, дротів тощо;
- підготувати захисні екрани для вікон, тенти та навіси.

Основа вважається підготовленою до влаштування фасадної теплоізоляції, якщо вона відповідає вимогам табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Вимоги до поверхні основи

Технічні вимоги	Граничні відхилення	Метод та об'єм контролю
Відхилення поверхні по горизонталі та вертикалі	± 5 мм	Не менше 5 вимірів на кожні 100 м ² поверхні, за допомогою щупа по ТУ 2-034-022197-011.
Нерівності плавного опису на довжині 2 метра	не більше 2	Не менше 5 вимірів на кожні 100 м ² поверхні, за допомогою вометрової рейки та щупа по ТУ 2-034-022197-011.
Гранична волога основ, не більше: бетонних та цементно-піщаних; цегельних	4%	Не менше двох вимірювань на кожні 100 м ² поверхні, за допомогою вологоміра по ГОСТ 29027.
	5%	

Водостічні труби, вивіски, металеві захисні елементи віконних прорізів, парпетів слід демонтувати. Поверхню цоколя слід попередньо ізолювати від періодичного впливу вологи, застосовуючи при цьому гідроізоляційну суміш. Основу підготовляють відповідно до вимог [5].

Основи, які мають нерівності від 10 до 20 мм, вирівнюють штукатурною сумішшю. Наносять шар штукатурки за допомогою ковша, лопатки або механізованим способом, укриваючи не менш ніж 55-60% загальної площі штукатурення, потім вирівнюють правилом.

Таблиця 4.6 – Методи та засоби очищення основи

Характер забруднення	Методи та засоби очищення
1	2
Пухкі продукти корозії	Обробка поверхні піскоструминним або дробоструминним методами. В якості абразивного матеріалу рекомендують застосовувати пісок або дріб розміром 0,75-1,2 мм. При невеликих обсягах робіт поверхні слід очистити від пухких, неміцних шарів ручним будівельним інструментом.

Продовження таблиці 4.6

1	2
Жирні плями	Обробка водними лужними розчинами, в які входять поверхнево-активні речовини (ПАР). В якості солей слід застосовувати карбонат натрію (Na_2CO_3), тринатрійфосфат (Na_3PO_4 , пирофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), триполіфосфат натрію ($\text{Na}_3\text{PO}_4, 2\text{NaPO}_3$). У якості поверхнево-активних речовин рекомендується застосування неіоногенні ПАР (ОП-7, ОП-10), які представляють собою продукти оксиетилювання моно- та діалкілфенолів. Розчини солей повинні бути 4-5% концентрації. При приготуванні рекомендується додавати не більше 1% ПАР. Обробка органічними розчинниками. Для знежирювання рекомендується застосовувати такі розчинники, як трихлоретилен, перхлоретилен уайт-спірит. При обробці мокрих і вологих поверхонь до хлорированих вуглеводів рекомендують вводити аміак, триетаноламін або уротропін. Обробка емульсійними сумішами, в склад яких входять органічні розчинники, вода, ПАР. Очистка від плям невисихаючих олій. Обмазування плям жирною глиною.
Висоли	Обробка розчином соляної кислоти концентрацією до 6% з наступною обробкою 4%-м розчином гідроксиду натрію NaOH .
Плями бітуму	Обробка скребачками (при невеликих обсягах робіт). Промивання розчинниками (уайт-спіритом, нефрасами).
Кіптява	Промивання 3% розчином соляної кислоти з наступним змиванням 4% розчином гідроксиду натрію (NaOH).
Бруд та пил	Обдування стислим повітрям. Піскоструминна обробка. Промивання розчином карбонату натрію Na_2CO_3 . Промивання водою з ПАР.
Плями водних і неводних фарб	Очищення скребачками (при невеликих обсягах робіт); Очищення піскоструминним апаратом; Обробка органічними та неорганічними сумішами для змивання з наступною очисткою механічним способом. З лугостійких сумішей рекомендується застосовувати розчинені у воді гідроксиди лужних металів, у які додані прискорювачі. В якості прискорювачів рекомендується використовувати трипропіленгліколь або його суміш з монофениловим ефіром-етиленгліколем. Вміст прискорювача в суміші від 1 до 10% (по масі).
Сліди очищуваль-них сумішей	Механічне очищення (зняття з поверхні слідів глини). Промивання водою. Обдування стислим повітрям.
Надлишкова вологість поверхні	Природне сушіння при температурі $+20 \dots - 5^\circ\text{C}$; Обдування теплим повітрям з калориферів (операція виконується при необхідності: у разі дуже сильного зволоження, а також після очистки з послідовним промиванням великою кількістю води).

4.3.2 Технологія маркування зовнішніх та солом'яних блоків

Усі складові системи зведення стіни улаштовують шар за шаром після перевірки якості попереднього шару і складання акту засвідчення прихованих робіт.

Монтування починають з установки першого ряду солом'яних тюків на проектній відмітці.

Перед тим як приклеювати тюки до основи, її попередньо ґрунтують. Ґрунтівку наносять на поверхню конструкції рівномірно, без пропусків. Ґрунтування виконують, як правило, вручну за допомогою щітки-макловиці. До виконання приклеювання приступають через 2-4 години.

При влаштуванні елементів поверхня приклеювання тюків до основи повинна становити не менше 60% площі самого тюка. Для цього використовують сухі будівельні суміші.

Приготування клейових розчинових сумішей здійснюється згідно інструкції виробника безпосередньо на будівельному об'єкті і полягає в ретельному перемішуванні сухої будівельної суміші з чистою водою за допомогою низькооборотного дреля з насадкою. При цьому спочатку наливають воду в посуд, а потім вже висипають в неї суху суміш і перемішують. Після 3...5-хвилинного витримання клейову розчинову суміш знов перемішують.

Використовувати клей потрібно протягом двох годин. У випадку загустівання розчинової суміші можна додатково перемішати, але не можна додавати до суміші надлишкову воду.

Після нанесення клею на тюк потрібно відразу ж установити її в проектне положення і притиснути. Проте, для забезпечення щільного прилягання тюка до основи, її спочатку потрібно прикласти до поверхні стіни на відстані 2-3 см від проектного положення, а потім вже притиснути за допомогою дерев'яного напівтерка зі зміщенням у проектне положення. Зусилля притискання має бути таким, щоб найменше на 60% клейова суміш розподілилася між основою та тюком. Відразу після приклеювання солом'яні тюки не можна рухати, щоб не послабити її з'єднання з основою. Якщо тюки добре не приклеїлися, її треба відірвати, видалити з неї і стіни клей, вкрити тильний бік тюка свіжим клеєм і знову приклеїти до стіни.

Ширина швів між плитами не повинна перевищувати 2 см. Якщо шов вийшов ширшим, його слід ущільнити смужкою з матеріалу тюкиа без проклеювання.

Нанесення клею на тюки солом'яні здійснюють маяковим методом, так як поверхня стіни має нерівності до 15 мм. При цьому випадку клейову розчинову суміш

наносять на поверхню у вигляді смуг на відстані 20 мм від краю по всьому периметру тюки завширшки 60 мм і заввишки 20 мм, а потім посередині тюки у вигляді маячків із розрахунку 5-8 штук діаметром близько 100 мм і заввишки 20 мм на тюк розміром 0,5 x 1,0 м; смуги по периметру повинні мати розриви.

Приклеювання по периметру запобігає відриванню країв від основи взимку, а смуги клею посередині – запобігають виникненню вигинання влітку. Від моменту нанесення клейової суміші до моменту приклеювання її до основи повинно проходити не більше 20 хв.

Клейовий розчин не можна наносити на бокові грані, а також він не повинен видавлюватися і накопичуватися в швах між плитами. Цьому можна запобігти, якщо наносити розчинову суміш з відступом на 2 см від краю тюки. Якщо після встановлення тюки в проектне положення, відбувається видавлювання клею, його необхідно видалити без залишку.

Якщо залишати клейовий розчин між плитами тюкиа, він утворює «місток холоду», цим самим знижує ефективність всієї системи утеплення.

Солом'яні тюки встановлюють на перфоровані цокольні профілі і далі з дотриманням наступних правил перев'язування швів: зсув швів по горизонталі; зубцювате перев'язування на розі будівлі; обрамлення віконних та інших прорізів з підігнаними по місцю вирізами. Стики не повинні дублювати шви панельної або каркасної будівлі (за винятком деформаційних швів) та безперервні тріщини. Стики, що обрамляють віконні або дверні блоки, не повинні співпадати з осями бокових граней цих блоків, відстань між ними повинна становити не менше 100 мм.

Облаштування віконних або дверних прорізів слід виконувати у такій послідовності:

- спочатку монтують фасадні тюки, не обрізуючи їх;
- після висихання клею віконну або дверну раму фіксують герметиком і одразу точно по укосу приклеюють тюки (тюки для укосів повинні бути завтовшки 30 мм в незалежності від товщини плит тюкиа фасаду);

Обрамлення віконних або дверних прорізів слід виконувати з тюків завширшки 150-200 мм з підігнаними по місцю вирізами. При приклеюванні плит над віконною перемичкою для запобігання падіння тюки слід використати проміжну опору у вигляді шматка цокольної планки з капельником, що перевищує по довжині приблизно на 6 см ширину віконного прорізу, її слід втиснути в приклеєні з боків прорізу теплоізоляційні тюки; тоді планка слугує опорою і забезпечує утворення чистої, рівної кромки, яка перпендикулярна боковим кромкам прорізу.

Для отримання рівних вертикальних кутів будівлі необхідно наклеїти першу тюк із напуском 5-10 мм на кут будівлі, а іншу зістикувати з нею. Потім виступаючі тюки чисто обрізають. Обрізати їх слід з різних боків кута по черзі, щоб отримати правильні кутові сполучення з перев'язкою.

Всі сполучення між теплоізоляцією і суміжними конструктивними елементами будівлі, такими як віконні та дверні прорізи, балконні тюки, козирки та інші елементи, слід виконувати герметичне по відношенню до проливної дощу. В якості ущільнювача сполучення теплоізоляційних плит і конструктивних елементів будівлі використовується ущільнююча стрічка, герметики або спеціальні пластмасові профілі.

Правильне влаштування армованого гідрозахисного шару має принципове значення для збереження основних характеристик фасадної теплоізоляції протягом строку служби системи.

Армований гідроізоляційний шар системи являє собою шар з розчинної армуючої суміші армований склосікою, стійкою до лужного впливу. Якість армованого шару залежить від якості і правильності розташування його складових, а також їх спільної роботи з суміжними шарами системи теплоізоляції.

До улаштування армованого гідроізоляційного шару приступають після затвердіння клейового складу, що фіксує положення плит тюкиа, і закріплення їх дюбелями, але не раніше, ніж через три доби.

При улаштуванні армованого шару для досягнення потрібних функціональних характеристик слід брати до уваги кліматичні умови, а також дотримуватися наступних правил: під час приготування, нанесення і в процесі набування міцності

гідрозахисної армувальної суміші температура повітря повинна бути не нижче плюс 5°C; в перші декілька днів нанесений армований гідроізоляційний шар слід захищати від прямих сонячних променів, сильного вітру, а температура повітря при цьому не повинна перевищувати плюс 30°C.

Перед улаштуванням армованого шару необхідно захистити від забруднення суміжні будівельні конструкції (віконні та дверні блоки, скло). Армувальна суміш не повинна потрапляти у відкриті шви на поверхні теплоізоляційного шару. Тому перед її нанесенням необхідно перевірити поверхню шару на наявність таких швів і пошкоджень і, за потреби, їх ущільнити.

Роботу слід організувати в наступній послідовності. Поверхню спочатку розбивають на захватки, а захватки – на карти, залежно від використовуваних засобів підмоцнення та фактичної можливості бригади забезпечити фронт робіт.

Розміри карт по горизонталі визначають довжиною захватки, по вертикалі – по верхніх межах прорізів (так як роботи ведуться з колісок).

Після визначення захваток слід готувати матеріали.

До моменту укладання основного гідрозахисного шару потрібно виконати додаткове зміцнення армування в місцях підвищеного напруження, а також на ділянках можливого механічного пошкодження.

На стінах фасадів, щонайменше на висоту 2 м над рівнем землі, а також в місцях примикання сходових маршів до укладання основного шару склосітки заздалегідь улаштовують «антивандальний» захисний шар. В цих місцях армуюча сітка проклеюється в два шари одночасно або армування виконують за допомогою панцирної сітки в один шар (проклеюють її встик).

Улаштування основного гідрозахисного шару з суцільним армуванням слід починати після висихання додаткових зміцнених шарів.

Спочатку на тюки слід рівномірно нанести приготовлений гідрозахисний шар із клейової армуючої розчинової суміші завтовшки 2 мм і розрівняти його по площині сталеву теркою згори вниз вертикальною смугою завширшки близько 1,1 м.

У верхній точці за допомогою цвяхів або обрізків дротів тимчасово закріплюють краї склосітки. Поступово розкручуючи полотнище, сітку вкладають в нанесений та вирівняний перший шар розчинної суміші, одночасно утепляючи її в цей шар за допомогою терки.

Слід не допускати складок, а також уникати надлишкового натягу і заглиблення до тюки тюкиа, запобігти цьому можна, вкладаючи рулон сітки внутрішньою стороною до стіни. На торцях віконних і дверних прорізів полотна загальної сітки слід розрізати і утворені шматки потрібно завести на косяки. У верхній частині будівлі для захисту тюкиа від дії опадів під час виконання робіт розчинну суміш потрібно нанести на торцеву поверхню плит тюкиа з заходом на карнизну тюк, що запобігає впливу осадів на тюки в ході виконання робіт. У нижній частині будівлі сітку слід завести за торець теплоізоляційних плит, цокольний профіль і після цього на поверхню цоколю.

Другий гідрозахисний шар з розчинної армуючої суміші слід наносити одразу по свіжовклеєній сітці шаром близько 2-3 мм так, щоб сітка стала непомітною. Після цього поверхню потрібно дуже ретельно розгладити сталеву теркою. Сліди від терки можна усунути за допомогою шліфувального паперу вже наступного дня, коли захисний шар ще не зовсім зміцнів. Гідрозахисний армований шар повинен відповідати вимогам, наведеним у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Вимоги до гідрозахисного армованого шару

Показник	Граничне відхилення	Метод контролю
Товщина шару не менш ніж 2 мм: • першого • другого	+ 10% + 10%	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 100 м поверхні за допомогою щупів.
Допустимі відхилення поверхні армувального шару • по горизонталі • по вертикалі	±7мм ±5мм	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 100 м поверхні за допомогою дво-метрової рейки.

До опорядження поверхні фасадів приступають після повного закінчення попередніх робіт із улаштування теплоізоляції.

Для забезпечення однорідності декоративного покриття основу покривають тонувальною адгезійною ґрунтівкою і витримують не менше 4-6 годин.

Ґрунтівку поставляють на будівельний майданчик у готовому вигляді. Перед використанням розчин ретельно перемішують у ємності виробника за допомогою низько-обертового дреля. Наносять ґрунтівку на основу за допомогою малярної щітки чи валика, рівномірно зафарбовуючи всю поверхню основи.

Допускається колерування ґрунтівки в бажаний колір за допомогою універсальних пігментів або пігментних паст. При цьому, для гарантії однорідності кольору, необхідно дотримуватися точності дозування барвника та ретельності перемішування.

Улаштування штукатурно-декоративного покриття на полімерцементній основі. Декоративну штукатурну розчинову суміш наносять на підготовлену належним чином поверхню шляхом намазування шпателем, теркою знизу вгору, після чого формують товщину шару покриття, що відповідає розміру зерна наповнювача штукатурки. При цьому інструмент слід тримати під кутом 50° до поверхні, знімаючи розчинову суміш до появи числених розривів.

У момент початку тужавлення приступають до формування фактури покриття. Затиранням (вигладжуванням) поверхні штукатурки за допомогою пластмасової або гумової терки і залежно від інтенсивності та напрямку руху терки можна отримати різноманітні «короїдні» фактури: горизонтальні, вертикальні, коллові і перехресні.

Під час формування фактур у цих випадках інструмент потрібно тримати паралельно оброблюваній поверхні. Полімерцементні штукатурно-декоративні покриття можна додатково пофарбувати у потрібний колір спеціальними фасадними фарбами. Для цього необхідно використовувати фарби з високою паропроникністю, часто фарбування виконують силіконовими або силікон-дисперсійними фарбами.

Декоративну штукатурну розчинну суміш наносять на підготовлену належним чином поверхню шляхом намазування шпателем, теркою знизу вгору до появи зерен наповнювача штукатурки. При цьому інструмент слід тримати під кутом 50°

до поверхні. До формування структури «барашек» приступають у момент початку полімеризації (через 5-15 хвилин від моменту нанесення) за допомогою пластикової терки шляхом легких колових рухів по поверхні.

Також при поновленні робіт не слід укладати штукатурку на поверхні, що обігріваються, на які потрапляє пряме сонячне проміння, а також виконувати опорядження під час дощу. ротягом 2-3 діб декоративні штукатурні оберігають від дощу, надмірного висихання і впливу від'ємних температур. Інструмент і посуд очищують одразу ж після закінчення робіт. Решітки розчинної суміші змивають водою, затверділий розчин видаляють механічним способом.

Важливою характеристикою фарбованого покриття являється кольоровий відтінок. Не рекомендується фарбувати в темні кольори, особливо південні сторони фасадів, для того щоб уникнути надмірного перегрівання зовнішнього шару системи. Перегрівання тюкиа може призвести до значних температурних деформацій внутрішніх шарів системи фасадної теплоізоляції і, як наслідок, до виникнення тріщин. Під час вибору кольорового відтінку рекомендуємо керуватися основними правилами: чим складніше фасад, тим менш яскравими і насиченими повинні бути колірні відтінки.

Фасад може бути розподілений колірними відтінками відповідно до площ окремих ділянок.

Для поверхонь великих розмірів рекомендується використовувати пастельні, неясраві тони; для малих площ навпаки – яскраві, насичені тони. Колірний тон робить вплив на сприйняття оптичної глибини, тобто поверхня, забарвлена темним кольором, створює ефект віддаленості фасаду і навпаки.

Чим темніший простір, що оточує будівлю, тим світлішими повинні бути великі ділянки фасаду. Штукатурно-декоративні покриття повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Вимоги до штукатурно-декоративних покриттів

Показник	Граничне відхилення	Метод контролю
Товщина шару повинна дорівнювати розміру зерна наповнювача	+ 10%	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 100 м поверхні за допомогою щупів.
Допустимі відхилення поверхні штукатурно-декоративного шару <ul style="list-style-type: none"> • по горизонталі • по вертикалі 	±7мм ±5мм	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 100 м поверхні за допомогою двометрової рейки.
Різнотонність по площі ділянки	Відсутня	Візуально

4.3.3 Вимоги до якості та приймання робіт

До початку виконання робіт контролюються умови зберігання матеріалів, виробів та елементів, що застосовують (температура, відносна вологість) на відповідність вимогам нормативних документів; наявність, якість і справність необхідних для виконання роботи інструментів і пристроїв, а також (за потреби) засобів підмащування або риштувань, а також готовність об'єкту в цілому та окремих його конструкцій до виконання робіт.

Сухі будівельні суміші, матеріали та вироби, які застосовують у комбінації з ними, при надходженні на будівельний майданчик повинні проходити вхідний контроль на їх відповідність державним стандартам [4], технічним вимогам, паспортним даним та іншим документам, що підтверджують якість, а також відповідають вимогам проекту.

Під час виконання робіт з утеплення огорожувальних конструкцій згідно [3,5] слід контролювати:

- дотримання правил транспортування і зберігання матеріалів на об'єкті;
- відповідність застосовуваних матеріалів і виробів вимогам проекту;
- якість основи;
- відповідність технологічної послідовності виконання робіт проекту;
- температуру і вологість навколишнього середовища;
- міцність зчеплення розчинових сумішей з основою;
- міцність зчеплення розчинових сумішей з плитами тюкіа;

- товщина шарів розчинових сумішей;
- якість штукатурно-декоративного покриття.

Граничні відхилення технічних показників від нормативних значень і методи їх контролю наведено в табл. 4.9.

Контроль виробництва здійснюється систематично на кожному етапі робіт і фіксується в журналі виконання робіт, а також засвідчується актом огляду прихованих робіт.

Таблиця 4.9 – Вимоги до системи утеплення

Технічні вимоги	Граничні відхилення	Метод контролю
Максимально допустима вологість основи, % - зі збірних матеріалів - з монолітних матеріалів	4 5	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-70 м ² площі покриття.
Рівність поверхні основи, мм: - на горизонтальній поверхні та вздовж схилу - на вертикальній поверхні та поперек схилу	5 10	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-70 м ² площі покриття.
Товщина клейового шару, мм	2-5	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-70 м ² площі покриття.
Ширина вертикальних і горизонтальних щілин між плитами тюкиа, мм, не більше	2	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-70 м ² площі покриття.
Порядок розміщення вертикальних швів	Шаховий (перев'язування)	Візуальний
Відхилення площини ізоляції від схилу, передбаченого проектною документацією, %	0,2	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-100 м ² площі покриття.
Товщина теплоізоляційного шару, %: - збільшення від проектної - зменшення від проектної	10 Не допуск.	Вимірювальний. Не менше п'яти вимірювань на кожні 50-100 м ² площі покриття.
Рівність поверхні теплоізоляційного шару, мм, не більше	5	За допомогою контрольної двометрової рейки.

Готова теплоізоляція будівлі має відповідати наступним вимогам:

- в процесі експлуатації утепленої будівлі не допускається відшарування системи, а також окремих її шарів від поверхні огорожувальної конструкції;

- поверхня фасаду повинна бути рівною, без тріщин та інших пошкоджень; не повинно бути смуг, плям від висолив, місцевих виправлень, що проступають на загальному фоні;
- температурні та деформаційні шви в опоряджувальному шарі мають бути ретельно ущільненими еластичними герметизувальними матеріалами;
- кольорова гама і фактура штукатурно-декоративного покриття фасаду має відповідати вимогам проекту; не допускаються смуги, що різняться за кольором або тоном від основного кольору штукатурки, а також плями від ремонту і закладання місць кріплення риштувань.

Приймання в експлуатацію двоповерхову будівлі із солом'яних тюків здійснюється згідно з [6].

4.3.4 Калькуляція трудовитрат та заробітної плати

Калькуляція трудовитрат та заробітної плати виконується з урахуванням всіх розрахованих об'ємів при утепленні фасадів. Калькуляція виконана у вигляді. Локальний кошторис подано у додатку Б.

4.3.5 Вимоги до охорони праці

Приступати до виконання робіт із монтажу солом'яних стін дозволяється тільки при наявності проекту виконання робіт (ПВР) та даної карти.

До робіт допускаються особи, які досягли вісімнадцяти років і пройшли:

- професійну підготовку та навчання безпечним методам і прийомам робіт;
- попередній медичний огляд відповідно до вимог Міністерства охорони здоров'я України;
- вхідний інструктаж з безпеки праці, виробничої санітарії, пожежної та електробезпеки та забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодяг, спецвзуття, рукавиці, респіратори, каски, окуляри захисні пояси запобіжні та канати страхувальні.

Складські приміщення та будівельний майданчику цілому мають обладнуватись засобами пожежогасіння і знаками безпеки.

Будівельний майданчик, робочі місця складських та виробничих приміщень із приготування розчинових сумішей та підготовки до монтажу інших комплектуючих збірної системи слід обладнати:

- природним та штучним освітленням;
- питною водою;
- каналізацією;
- припливно-витяжною вентиляцією (тільки приміщення з приготування сумішей);
- опаленням (тільки при проведенні монтажних робіт у холодний період).

Усі машини, механізми, ручний електроінструмент під час роботи мають бути заземлені або занулені.

У процесі роботи робітники повинні дотримуватися наступних вимог безпеки праці:

- ручний і механізований інструмент повинен бути справним;
- усі машини та механізми, що працюють під тиском, перед початком роботи перевіряють на тиск, у півтора рази більшим від робочого;
- при застосуванні абразивного інструменту слід переконатися у відсутності тріщин на абразивному крузі, міцність закріплення його на корпусі;
- під час роботи з електроінструментом потрібно наглядати за станом електрокабелів, відсутності різких перегинів, утворенням петель;
- при перервах у роботі з застосуванням електро- або пневмо-інструменту, а також при необхідності переміщення інструменту з одного місця на інше, його слід вимкнути;
- при виявленні пошкоджень шлангів чи відмови роботи пневмо-інструменту робітники повинні припинити роботу та перекрити подачу повітря вентиляем. Перекриття подачі повітря за рахунок перегину шлангів не допускається;
- у якості засобів підмашування необхідно застосовувати, як правило, інвентарні засоби підмашування (риштування збірно-розбірне та пересувне), які обладнані огороженням. Забороняється застосовувати в якості риштування випадкові засоби підмашування (ящики, бочки, відра та ін.);
- забороняється зберігати на робочому місці матеріали в кількості, яка перебільшує потреби для роботи даної робочої зміни;

- забороняється брати руками розчинову суміш, у складі якої є вапно та цемент; потрібно остерігатися потрапляння розчинової суміші в очі;
- розчинові суміші, що використовують для опорядження та суміші, що застосовують для очистки поверхні від забруднень, необхідно готувати на відкритому повітрі або в приміщенні, яке обладнане притоково-витяжною вентиляцією;
- забороняється складувати матеріали на підмостях і риштуванні в кількості, яка перевищує максимальне навантаження, яке вказане в паспорті заводу – виробника даного засобу підмашування;
- всі роботи виконувати, застосовуючи засоби індивідуального захисту.

Після закінчення робіт потрібно:

- від'єднати електроінструмент від електромережі, вимити і просушити насадки (міксера);
- очистити та вимити ручний інструмент, прибрати його в ящик для інструментів; очистити інвентар та пристосування;
- прибрати робоче місце від розчину; відходи матеріалів, які застосовували в штукатурних роботах, необхідно утилізувати згідно вимогам [7].

4.4 Висновки по розділу 4

1. Встановлено завдання провести котеджну забудову передмістя Вінниці. Зводитимуться будівлі: *двоповерховий одноквартирний житловий будинок*. Двоповерховий будинок призначений для проживання в ньому двох сімей. В будинку запроектовані такі приміщення: - на першому поверсі розташовані: хол, кабінет, кухня, санвузол, а також кладовка; - на другому поверсі розташовані: спальні, горіще, санвузол. Проектуємий двохповерховий будинок складається з основних конструктивних елементів, таких як:

- фундамент стрічковий бутобетонний
- стіни породільні несучі
- дах складається з метало черепиці, схема даху скатна, похила.

2. Проектуємий будинок в плані має прямокутну форму з основними розмірами в осях $11,400 \times 11,600$ м. Конструктивна схема будинку з поперечно несучими стінами. Проектуємий будинок має два поверхи, висота кожного поверху 2,800 м. Евакуація людей з будинку здійснюється через сходову клітку та два виходи.

3. Стіна завдяки своїй конструкції має невелику вагу, це дає можливість приймати меншу ширину фундаменту. На облегшені стіни тдс менше використання порівняно з суцільною кладкою стін, тому вони мають меншу вартість, порівняно зі стінами з суцільною кладкою. Перекриття забезпечує необхідну ступінь вогнестійкості. Перекриття індустріальне, має мінімальну коштовність, яка забезпечується збірними деталями, механізацією робіт, використанням місцевих матеріалів. Також покрівля водонепроникна, тому вода не потрапляє на перекриття. Несучі конструкції міцні та стійкі, щоб витримувати навантаження від снігу та протистояти дії вітру.

4. Конструкція із тюків солом'яних – це конструктивне рішення, що призначене для забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту конструкцій від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативного мікроклімату приміщень та надання фасадам будинків та споруд привабливого естетичного вигляду.

5. Проект виконання робіт розробляють для кожного конкретного об'єкта, користуючись нормативами. Під час огляду та обстеження будівельного об'єкта встановлюють його готовність до виконання огорожувальних конструкцій.

6. Під час улаштування штукатурно-декоративних покриттів роботи на однорідній поверхні слід виконувати без перерв. До початку виконання робіт контролюються умови зберігання матеріалів, виробів та елементів, що застосовують (температура, відносна вологість) на відповідність вимогам нормативних документів; наявність, якість і справність необхідних для виконання роботи інструментів і пристроїв, а також (за потреби) засобів підмащування або риштувань, а також готовність об'єкту в цілому та окремих його конструкцій до виконання робіт.

7. Приступати до виконання робіт із монтажу стін із солом'яних тюків дозволяється тільки при наявності проекту виконання робіт (ПВР) та технологічної карти.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Це проявляється в зростанні продуктивності праці, збереженні трудових ресурсів

Зростання продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фонду робочого часу завдяки скороченню внутрішньо-змінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасного стомлення шляхом раціоналізації і покращення умов праці та введенню оптимальних режимів праці і відпочинку.

Економічне значення охорони праці оцінюється за результатами, отриманими при зміні соціальних показників шляхом впровадження заходів з покращення умов праці: підвищення продуктивності праці; зниження непродуктивних витрат часу і праці; збільшення фонду робочого часу; зниження витрат, тощо.

В результаті поліпшення умов праці нормалізується психологічний клімат в трудовому колективі, підвищується налагодженість в роботі, зростає продуктивність праці.

В даному розділі аналізуються небезпечні та шкідливі фактори у приміщенні лабораторії кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету. Основне призначення лабораторії - проведення експериментальних та аналітичних досліджень. При виконанні даної магістерської роботи проводилися аналітичні дослідження.

В цьому розділі розглядається дана лабораторія на предмет відповідності нормам охорони праці, безпеки та ефективності організації робочих місць. Також в рамках даного розділу було проведено розрахунок опору повторного заземлення нульового провода та зроблено висновки щодо прийняття заходів з покращення умов праці.

5.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.1.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату, що нормуються: температура повітря ($t^{\circ}\text{C}$), відносна вологість повітря ($W, \%$), швидкість переміщення (м/с), потужність теплових випромінювань (Вт/м^2).

Оскільки робота за комп'ютером виконується сидячи, без особливо важкого фізичного навантаження, то таку роботу операторів можна віднести до категорії Іб (легка). Для виконання вище приведеної роботи згідно з [Ошибка! Источник ссылки не найден.] повинні бути забезпечені оптимальні параметри мікроклімату, які наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату виробничих приміщень

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	$t^{\circ}\text{C}$	$W, \%$	$V, (\text{м/с})$	$t^{\circ}\text{C}$	$W, \%$	$V, (\text{м/с})$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	75	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	55 при 27°C	не більше 0,3

Ці умови забезпечуються механічною загальнообмінною вентиляцією, кондиціонуванням та опаленням.

5.1.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 .

На робочому місці не виготовляють і не ремонтують обладнання, а лише виконують аналітичні дослідження, тому до шкідливих речовини, які можуть бути в приміщенні, відноситься тільки пил і деякі його різновиди. ГДК шкідливих речовин наведені в таблиці 5.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Таблиця 5.2 - ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил(паперовий) не токсичний	6	6	4

Ефективним засобом нормалізації повітря у приміщенні є вентиляція. За способом переміщення повітря вона розділяється на природну і штучну (механічну). У даному приміщенні застосовується загальнообмінна механічна вентиляція.

5.1.3 Виробниче освітлення

Діяльність з використанням комп'ютерного обладнання повинна відбуватися із застосуванням природного та штучного освітлення.

Дане приміщення по задачах із зорової роботи відноситься до групи приміщень, у яких відбувається розпізнавання об'єктів зорової роботи розміром від 0,5 до 1 мм при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню.

Природне освітлення приміщення забезпечується бічним освітленням, коли світло у приміщення проникає через світлові пройоми в зовнішніх стінах.

Нормування значень КПО для будівель, які розташовуються в IV-му поясі (м. Вінниця знаходиться в IV-му поясі):

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (5.1)$$

де e_N – значення КПО для приміщень, які розташовані в III поясі світлового клімату,

$e_H = 1,5$ (система природного освітлення бічна);

m_N – коефіцієнт світлового клімату, $m=0,85$;

Тоді $e_H^{IV} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,27\%$.

Для забезпечення розрахованих параметрів потрібно вжити такі заходи щодо передбачення аварійного та евакуаційного освітлення. Евакуаційне освітлення має

забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів 0,5 лк та 0,2 лк на відкритій території.

Оскільки в даному приміщенні буде відбуватися дослідження різних характеристик системи, і тому це потребує концентрації уваги над опрацюванням графіків та великої кількості даних, то рівень складності роботи слід визначитимсаме за цимимознаками. Типдтаких робітдвіповідає зоровій роботі середньої точності IV – го розряду, підрозряду зорової роботи „Б” [0,5÷1 мм]. Зважаючимна це є необхідним обладнання робочих місць штучним освітленням, для забезпеченняоптимальних рівнів освітленості, які б задовольняли вимогам згідно [89] (Табл. 5.3)

Таблиця 5.3 – Норми освітленості для штучного освітлення та КПО.

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд роботи	Підрозряд роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення		
						Освітленість, лк		КПО, %				
						комбіноване		загальне	Верхнє або комбіноване	бокове	Верхнє або комбіноване	бокове
						всього	У т.ч. від загального					
Середньої точності	Більше 0,5 до 1,0 включно	IV	б	Малий Середній	Темний Середній	500	200	500	4	1,2	2,4	0,9

При експлуатації світильників необхідно своєчасне регулярне чищення світильників і ламп і своєчасна заміна ламп. Не менш важлива наявність надійних і безпечних засобів доступу до світильників і розташування їх на досяжній висоті.

5.1.4 Виробничий шум і вібрації

В приміщеннях, що обладнанні ЕОМ, шум на робочих місцях створюється технічними засобами, установками кондиціонування повітря, перетворювачами напруги й іншим устаткуванням. Рівень шуму на робочих місцях користувач не повинен перевищувати 50 дБА. Даний вид роботи відноситься до праці для теоретичних робіт та обробки даних. Норми приведені в таблиці 5.4 [Ошибка! Источник ссылки не найден].

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Еквівалентний рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
конструювання і проектування, програмування, в лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Вентилятори, та інше механічне обладнання лабораторій є джерелами як повітряного, так і структурного шуму. Наприклад, вентиляційні установки створюють сильний повітряний шум. Якщо не вжити відповідних заходів, цей шум поширюється разом з потоком повітря по вентиляційних каналах і через вентиляційні решітки проникає в кімнати. Крім того, вентилятори, як і інше механічне обладнання, в результаті вібрації викликають інтенсивні звукові коливання в перекриттях і стінах будинків. Ці коливання у вигляді структурного шуму легко поширюються по конструкціях будівель і проникають навіть у далеко розташовані від джерел шуму приміщення. Основним джерелом виникнення шуму є вентилятор, рівень звукової потужності якого дорівнює 87 дБА, що значно перевищує еквівалентний рівень звуку (50 дБА). Для цього рекомендується вжити такі заходи як розміщення на шляху поширення звукових хвиль звукоізолюючого огороження у вигляді стін та перегородок. Це може бути трипласт, пластбетон та арболіт.

5.1.5 Виробниче випромінювання

Основним джерелом електромагнітного випромінювання є трансформатори, електроприлади виробничого призначення, антенні пристрої радіотелевізійних та радіолокаційних станцій, що працюють у широкому діапазоні частот, радіоелектронна апаратура, комп'ютерна техніка, пристрої сотового та інших видів радіозв'язку та інше електричне устаткування, яке працює у широкому діапазоні радіочастот.

Під впливом ЕМВ та випромінювань спостерігається загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль у ділянці серця, зміна артеріального тиску.

Опромінення організму може призводити до деструктивних змін у тканинах та органах гострого або хронічного характеру, що перш за все позначається на нервовій системі. Людина стає більш роздратованою, що пов'язується з прокладкою в містах великої мережі телефонних, телевізійних, електричних і кабельних мереж і т. ін. В таблиці 5.5 приведено гранично допустимі значення величин ЕМП

Таблиця 5.5 – Гранично допустимі значення встановлених величин ЕМП

Частота ЕМП, Гц	Допустима напруженість	
	електричного поля ($E_{гд}$, В/м)	магнітного поля ($H_{гд}$, А/м)
$6 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^6$	500	50
$3 \cdot 10^6 \div 30 \cdot 10^6$	300	-
$30 \cdot 10^6 \div 300 \cdot 10^6$	80	-

Основним джерелом електромагнітного випромінювання є персональні комп'ютери, але вони не перевищують гранично допустимих значень встановлених величин ЕМП, тому не є шкідливими.

5.2 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

Для створення безпечних і здорових умов праці, які безпосередньо впливають на продуктивність, в необхідним є правильний вибір території розташування дослідницької лабораторії, правильне розміщення технологічних засобів і комп'ютерів, правильна організація робочого місця, правильний підбір відповідних параметрів мікроклімату, освітлення, забезпечення ізоляції від шуму та інше.

5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Основними заходами з охорони праці для попередження різних професійних захворювань є механізація і автоматизація виробничих процесів; герметизація обладнання; заміна токсичних, отруйних і горючих речовин менш токсичними, не отруйними і негорючими речовинами.

Саме в робочому приміщенні проводиться виконання магістерської кваліфікаційної роботи, в якому буде працювати одна людина. Обсяг робочого приміщення на одного працюючого повинно складати не менше 20 м³, а площа приміщень – не менш 6 м², висота приміщень – не менш 3,2 м.

Організація робочого місця наукового дослідника повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування повинно відповідати певним ергономічним вимогам:

- відстань від екрана до ока працівника визначається згідно з вимогами;
- під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму;
- Зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +/- 30 град;
- висота робочої поверхні стола - 725 мм;
- робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 450 мм, на рівні витягнутих ніг — не менше 650 мм.

При виборі того чи іншого технологічного обладнання та його розташуванні слід враховувати джерела шкідливих та небезпечних чинників і вимоги безпеки праці.

Правильне розташування дозволяє найбільш раціонально організувати робочі місця, забезпечувати безпеку, зменшувати втому працюючих, а відтак підвищувати продуктивність праці.

Робоче приміщення оснащено додатковою загальною вентиляцією, яка забезпечує виведення шкідливого повітря, що утворюється в процесі роботи за ЕОМ та обладнанням, оскільки у приміщенні знаходиться велика кількість людей та постійно випромінюється тепло від ПК.

У відповідності з вимогами щодо освітлення робочі місця повинні бути забезпечені природним та штучним освітленням. Природне освітлення здійснюється боковим світлом через світлові прорізи в зовнішніх стінах через прозорі частини стін, а також верхнім – через світлові прорізи в перекриттях і стінах. Штучне освітлення здійснюється економічними люмінесцентними лампами ЛД (денного світла) і ЛДП (денного світла з покращеною кольоропередачею).

Щодо шуму на робочих місцях, то він створюється внутрішніми джерелами. Для зниження такого шуму, а також шуму, що проникає ззовні, необхідно послабити шум самих джерел, застосувати раціональне планування устаткування, використовувати архітектурно-планувальні і технологічні рішення, спрямованні на ізоляцію джерел шуму.

5.2.2 Електробезпека

В приміщенні використовуються електроустановки, такі як персональні комп'ютери, освітлювальні пристрої, технологічне обладнання, живлення яких здійснюється напругою 220В. Також в даному приміщенні спостерігається запиленість та вологість повітря. Проаналізувавши всі фактори, можна зробити висновок, що дане приміщення відноситься до приміщень підвищеної небезпеки тому в якості захисту робочого персоналу обираємо занулення. Вимоги нормативів [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] до занулення: повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ ($1,25 \div 3$) залежно від типу запобіжного пристрою, цілісність нульового провідника і достатня його провідність – за рахунок вибору достатнього

перерізу нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника. Занулення електроустановок, як і заземлення, призначене перш за все для забезпечення безпеки людей від ураження електричним струмом при торканні ними до елементів електрообладнання, що опинилося під напругою при аварійних режимах.

5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Важливе значення щодо виконання вимог пожежної безпеки має ступінь вогнестійкості виробничого приміщення.

Для виключення можливості швидкого поширення полум'я під час пожежі потрібно забезпечити II ступінь вогнестійкості, а також категорію по пожежо-вибухонебезпечності - Д.

5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Лабораторія розміщена в будівлі з несучими конструкціями які виготовлені із природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням негорючих матеріалів. За даними характеристиками визначаємо II ступінь вогнестійкості будівлі. Відповідно до якого визначаємо мінімальні межі вогнестійкості (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см): межа вогнестійкості (год.), межа розповсюдження (см). Мінімальні межі вогнестійкості будівель наведені в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони, балки	Драбини, площадки	Тюки, настили, форми	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішньо-несучі	Перегородки				Тюки, настили, прогони	Балки, арки, ферми, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Примітка: R – втрати несучої здатності, E – втрати цілісності, I – втрати теплоізолювальної спроможності, M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню), M0 – (межа поширення вогню дорівнює 0 см), M1 – (M25 см – для горизонтальних конструкцій; M 40 см – для вертикальних і похилих конструкцій), M2 – (M > 25 см – для горизонтальних конструкцій; M > 40 см – для вертикальних і похилих конструкцій).

5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Відповідно до [90] для будівлі об'ємом до 15 тис.м³, категорією приміщення Д та ступенем вогнестійкості II найбільша відстань до евакуаційного виходу залежить від щільності людського потоку в загальному проході кількості людей на 1м.

Найбільша відстань до евакуаційного виходу із виробничого приміщення зовні чи на сходову клітку подано у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Найбільша відстань до евакуаційного виходу

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань, м при щільності людського, чол./м ²		
			до 1	>1 до 3	> 3 до 5
до 15	Д	II	100	60	40

З метою швидкої локалізації та ліквідації можливої пожежі кожне робоче приміщення повинне обладнуватися первинними засобами пожежегасіння, необхідний пожежний інструмент та інвентар. Для гасіння пожеж, причиною яких є електрообладнання, в приміщенні мають знаходитися вуглекислотні вогнегасники типів ОУ-2 або ОУБ-3. Такі вогнегасники є ефективними при гасінні твердих та рідких матеріалів, що зайнялися. Кількість вогнегасників розраховується в залежності від площі приміщення в розрахунку одна штука на 45 м² площі.

5.4 Розрахунок опору повторного заземлення нульового провода

Небезпечним фактором в лабораторії кафедри промислового та цивільного будівництва є можливість враження електричним струмом. Для запобігання необхідно заземлити корпус усього технологічного обладнання, що живиться електричним струмом. Допустимий опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Визначаємо опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлення:

$$R_g = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right); \quad (5.2)$$

$$R_g = \frac{80}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,056} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 2 + 1}{4 \cdot 2 - 1} \right) = 13,27 \text{ (Ом)},$$

де l - довжина заземлення, м;

d - різниця зовнішнього і внутрішнього діаметра труби, $d = D - d_0$, м;

t - глибина закладання заземлювача в ґрунт, м;

ρ - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м.

Визначимо число електродів по формулі:

$$n = \frac{R_g}{R_3 \cdot \eta}; \quad (5.3)$$

$$n = \frac{13,27}{4 \cdot 0,71} = 4,67 \approx 5,$$

де R_3 - найбільший допустимий опір заземлюючого пристрою, Ом;

η - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів без урахування впливу сполучної смуги, $\eta = 0,71$

η - визначимо опір розтікання струму горизонтальної смуги:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi l_1} \ln \frac{2l_1^2}{bt_1}; \quad (5.4)$$

$$R_n = \frac{80}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,25} \ln \frac{2 \cdot 5,25^2}{1,5 \cdot 1,1} = 3,69 \text{ (Ом)},$$

де t_1 - глибина закладання смуги, м;

b - ширина смуги, м;

l_1 - довжина смуги, визначається як, м:

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n; \quad (5.5)$$

$$l_1 = 1,05 \cdot 1,0 \cdot 5 = 5,25 \text{ (м)},$$

де a - відстань між вертикальними заземленнями, м.

Визначаємо опір розтіканню струму заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_s R_n}{R_s + R_n n \eta_s}; \quad (5.6)$$

$$R_0 = \frac{13,27 \cdot 3,69}{13,27 + 3,69 \cdot 5 \cdot 0,7} = 1,87 \text{ (Ом)},$$

де η_s - коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі.

Опір R_0 не повинен перевищувати допустимий опір захисного заземлення ($R_0 \leq R_s$).

В даному випадку $1,87 < 4$ Ом, отже умова виконується. Оскільки умова виконується приймаємо 5 стержнів.

Наведемо схему заземлення на рис. 5.1

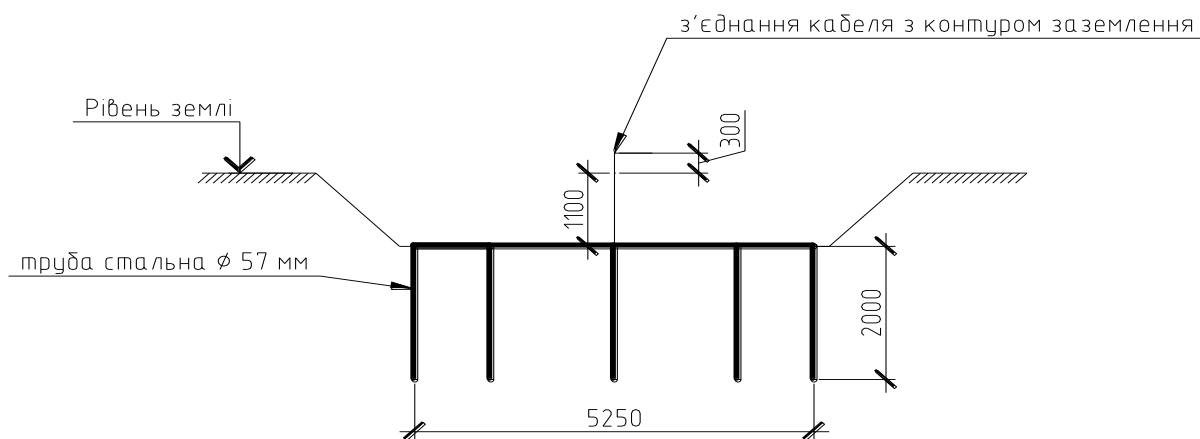


Рисунок 5.1 – Схема заземлення

5.5 Висновки по розділу 5

В даному розділі було проаналізовано умови праці, розглянуто технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення щодо безпечного виконання робіт, технічні рішення з пожежної безпеки та передбачено заходи щодо покращення умов праці. Проведений розрахунок опору повторного заземлення нульового провoda, в результаті чого визначено, що потрібно встановити 5 вертикальних електродів.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно визначити кошторисну вартість влаштування солом'яних блоків на 1 м² стіни.

Для визначення кошторисної вартості розробляємо локальні кошторисні документа за допомогою програмного комплексу АВК (табл.6.1).

Вони розроблялися на основі:

ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 99); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

6.1 Висновки по розділу 6

Складений локальний кошторис для влаштування солом'яних блоків стіни 1 м².

Кошторисна вартість влаштування 1 м² стіни становить – 0,895 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 0,016 тис. люд-год, кошторисна заробітна плата – 0,338 тис. грн.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано оцінку енергоефективності будівлі в контексті оцінювання життєвого циклу її багат шарових стін. До основних висновків по роботі можна віднести наступні:

1. Життєвий цикл будівлі – інтегральне поняття, яке включає в себе комплекс оціночних процесів протягом терміну життя будівлі, від виробництва (видобування з надр Землі) матеріалу, системи (чи послуги), що включають необхідні дослідження і розробки, виробництво, постачання, транспортування, використання і технічне обслуговування протягом усього періоду існування продукту до його остаточної утилізації.

2. Енергоефективність будівлі як складова структури життєвого циклу будівель залежить від багатьох фізико-механічних та теплофізичних параметрів матеріалу, серед яких можна виділити основні: теплоємність, термоінерційність, теплостійкість, а також інтегрального показника довговічності які є функціями матеріалу.

3. Методологія оцінки життєвого циклу будівлі – багатокритеріальна, мультидисциплінарна концепція оцінки, що має на меті кількісно оцінити негативний вплив результатів антропогенної інженерної діяльності на довкілля. За своєю суттю це процедура, яка базується на використанні спеціалізованого програмного забезпечення та баз даних для проведення LCA аналізу яка потребує підготовки фахівців, інвестиції у програмне забезпечення інструментарію, який як правило є платним, та має деякі складнощі у впровадженні.

4. Для створення будівлі яка буде водночас ефективною в контексті оцінки її життєвого циклу (LCA) варто ще на етапі проекту оцінити можливість зменшити комплексний негативний вплив на навколишнє середовище та надавати перевагу матеріалам натурального походження, які є енергоефективними та довговічними, при цьому такі, що потребують мінімальний затрат енергії на їх переробку та утилізацію.

5. Існує багато категорій, за якими виконують оцінку життєвого циклу, при цьому немає універсальних критеріїв LCA, які прийнятні всіма країнами світу. Серед найважливіших параметрів виділяють викиди парникових газів (ПГ), потенціал підкислення, потенціал руйнування озонового шару, потенціал евтрофікації, тощо.

6. При чисельному моделюванні оцінки життєвого циклу огорожувальних конструкцій стін в контексті критеріїв (PENRT, GWP-total, AP, EP, маси та коефіцієнту теплопередачі) з'ясовано, що найбільш оптимальним варіантом влаштування стіни буде стіна з солом'яних блоків, яка перевершує всі альтернативні варіанти стін – вона в 2,7 більш екологічніша за цегляну стіну з тюкиєм, майже в 1,7 рази екологічніша від стіни з газоблоку з тюкиєм, майже в 3,25 рази ефективніша від стіни з колодязною кладкою, та в 1,45 рази краща від стіни СПП.

7. Для об'єктивного аналізу та зваженого багатокритеріального вибору «кращої» альтернативи слід провести техніко-економічні розрахунки які дозволять оцінити не тільки фізико-механічні параметри стін, але й вартісну компоненту яку необхідно враховувати при прийнятті управлінських рішень щодо оптимального вибору огорожувальних конструкцій.

8. В практичних цілях є доречним виконання аналізу життєвого циклу декількома інструментами, з урахуванням додаткових фізико-механічних (наприклад час теплової інерції, величина внутрішньої питомої теплоємності стіни) та вартісних показників з метою виявлення кращої альтернативи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Ding G. K. C. Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview. *Eco-efficient construction and building materials*. 2014. P. 38-62.
2. Ramesh T., Prakash R., Shukla K. K. Life cycle energy analysis of buildings: an overview. *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42, No 10. P.1592 - 1600.
3. Mokhlesian S., Holmén M. Business model changes and green construction processes. *Construction Management and Economics*, 2012. Vol. 30, No. 9. P .761-775.
4. Li X., Zhu Y., Zhang, Z. An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes. *Building and Environment*. 2010. Vol. 45. P. 766-775.
5. Balderstone S. Built heritage: a major contributor to environmental, social and economic sustainability. Victoria, Australia: Heritage Victoria, Department of Planning and Community Development. 2004.
6. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ URL: <https://www.ecolabel.org.ua/zhittevij-tsikl> (дата звернення 12.05.2022).
7. ISO 14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework [valid from 2006-07-01]. ISO: Genève, Switzerland, 2006.
8. Brojan L., Petric A., Clouston Peggi L. A comparative study of brick and straw-bale wall systems from environmental, economical and energy perspectives. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2013.Vol.8, No.11. P.920–926.
9. Чернишев Д.О. Науково-методологічний інструментарій організації будівництва на засадах біосферосумісності: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» . Дніпро, 2018. 460 с.
10. Ip K., Miller A. Life cycle greenhouse gas emissions of hemp-lime wall constructions in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*. 2012. No. 69, P.1-9.
11. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с.

12. ДСТУ Б В.2.6-100:2010. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2010-01-20]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 42 с.

13. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Енергетична ефективність будівель: настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 29 с. (Інформація та документація).

14. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с. (Інформація та документація).

15. Філоненко О.І., Юрін О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель: навч. посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.

16. Савицький М. В., Бабенко М. М. Показники енергоефективності екологічного малоповерхового будинку з місцевих матеріалів. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения.* 2014. №.77. С.168–172.

17. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Оцінка екологічного життєвого циклу будівельної продукції. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.* 2014. Т. 16. №. 1. С. 136-140.

18. Куліченко І. І. та ін. Економічна ефективність використання місцевих екологічних матеріалів в малоповерховому будівництві доступного житла. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения.* 2013. №.69. С.257-264.

19. С. А. Сычев Экотехнологии строительства с учетом критериев энергоэффективных зданий. *SCIENCETIME.* 2014.№10. С.343–349.

20. Artaraz M. Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas.* 2002. Vol. 11. No. 2.

21. Коршунов О. В., Зуев В. И. Время тепловой инерции термическое сопротивление слоистых стен. Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. 2011. №4(40). С.23-26.
22. Савин В. К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение. Москва: Лазурь, 2005. 432 с.
23. Eco2soft. Life style assessment for buildings. URL: <https://www.baubook.at/eco2soft/?SW=27&lng=2> (дата звернення 15.05.2022).
24. Сталий розвиток. URL: <https://www.zhiva-planeta.org.ua/diyalnist/staluy-rozvutok.html> (дата доступу 24.05.2022).
25. Du Plessis C. A strategic framework for sustainable construction in developing countries. *Construction Management and Economics*. 2007. Vol. 25, No.1. P. 67-76.
26. Марусич Д. Життєвий цикл будинку. Проект ЄС- ПРООН «Об'єднання співвласників будинків для впровадження сталих енергоефективних рішень (Houses) URL: www.ua.undp.org (дата звернення 16.05.2022).
27. Han G., Srebric J. Life-cycle assessment tools for building analysis. *Engr. Psu. Edu*. 2011. p. 7.
28. Getun G., Lesko I. Врахування вартості життєвого циклу при проектуванні суміщених покриттів будівель. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2018, №. 11. С. 95-102.
29. Берзіна С.В., Капотя Д.Ю., Бузан Г.С. Екологічна сертифікація та маркування. Методичний довідник. Київ: вид-во Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 114 с.
30. Берзіна С.В., Яреськовська І.І. та ін. Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти. Посібник. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 134 с.
31. EN 15978:2011. Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/62c22cef-5666-4719-91f9-c21cb6aa0ab3/en-15978-2011> ((дата звернення 25.05.2022).

32. Шеина С. Г., Миненко Е. Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве. *Инженерный вестник Дона*. 2012. №4-1(22). С.133.
33. 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.
34. Смирнова С. Н. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий: дис. ... канд. арх.: 18.00.02 / Нижний Новгород, 2009. – 320 с.
35. Carabaño R. et al. Life Cycle Assessment (LCA) of building materials for the evaluation of building sustainability: the case of thermal insulation materials. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*. 2017. Vol. 16. №. 1. P. 22-33.
36. Esin T. A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production (in Turkey). *Building and Environment*. 2007. Vol. 42 P.3860 – 3871.
37. 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.
38. Miller T. R., Gregory J., Kirchain R. Critical issues when comparing whole building & building product environmental performance. MIT concrete Sustainability Hub, 2016. 34 p.
39. Halliday S. *Sustainable Construction* Butterworth Heinemann. 2008.
40. Ekanayake L. L., Ofori G. Building waste assessment score: design-based tool. *Building and environment*. 2004. – Vol. 39. No. 7. P. 851-861.
41. Sterner E. 'Green procurement' of buildings: a study of Swedish clients' considerations. *Construction Management & Economics*. 2002. Vol. 20. No. 1. P. 21-30.
42. John G., Clements-Croome D., Jeronimidis G. Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world. *Building and environment*. 2005. Vol. 40. No. 3. P. 319-328.

43. Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*. 2015. Vol. 4, P. 1–17.
44. Architecture 2030, “Why The Building Sector? URL: http://architecture2030.org/buildings_problem_why. [Accessed: 08.02. 2021].
45. Simonen K. Life cycle assessment. Routledge, 2014.
46. International Association of Certified Home Inspectors, “Acid Rain and Inspectors: Buildings at Risk - InterNACHI.” [Online]. URL: <https://www.nachi.org/acid-rain.htm>. [Accessed: 12.12. 2021].
47. Protocol M. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: Final Act. Montreal: United Nations Environment Programme. 1987.
48. Solomon S. et al. Emergence of healing in the Antarctic ozone layer. *Science*. 2016. Vol. 353. No 6296. P. 269-274.
49. Field C. B. et al. Summary for policymakers. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2014. P. 1-32.
50. Ryberg M. et al. Updated US and Canadian normalization factors for TRACI 2.1 *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2014. Vol. 16. No 2. P. 329-339.
51. Birgisdottir H. et al. Introduction to LCA of Buildings. Danish Transport and Construction Agency: Copenhagen, Denmark. 2016. 18 p.
52. Rønning A., Brekke A. Life cycle assessment (LCA) of the building sector: strengths and weaknesses. *Eco-efficient construction and building materials*. Woodhead Publishing, 2014. P. 63-83.
53. Azari R. Integrated energy and environmental life cycle assessment of office building envelopes. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 82. P. 156-162.
54. Ben-Alon L. et al. Life cycle assessment (LCA) of natural vs conventional building assemblies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 144. P. 1-11.

55. Balaras C.A., Drousa K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S. Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment building. *Energy and Buildings*. 2005. Vol. 37, No. 5. P. 429 -442 .

56. Маліновський А. А., Олійник М. Й., Музичак А. З. Аналіз систем утеплення будівель з врахуванням життєвого циклу теплової ізоляції. Вісник *Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*. 2016. №. 844. С. 139-145.

57. Energy Plus URL: <https://energyplus.net/> (Дата звернення 20.12.2021).

58. TRNSYS URL: <http://www.trnsys.com/index.html> (Дата звернення 20.12.2021).

59. eQUEST the QUick Energy Simulation Tool. URL: <http://doe2.com/eQUEST/> (Дата звернення 20.12.2021).

60. Open source library for building energy and control systems URL: <https://simulationresearch.lbl.gov/modelica/> (Дата звернення 20.12.2021).

61. Life Cycle Assessment Software (GaBi). URL: <https://gabi.sphera.com/international/index/> (Дата звернення 20.05.2022).

62. 61 LCA software for informed change-makers. URL: <https://simapro.com/> (Дата звернення 20.05.2022).

63. One Click LCA - Building Life-Cycle Assessment. URL: <https://design-builder.co.uk/software/one-click-lca-building-life-cycle-assessment>
<https://simapro.com/> (Дата звернення 20.05.2022).

64. The Athena EcoCalculator. URL: <http://www.athenasmi.org/our-software-data/ecocalculator/> (Дата звернення 20.05.2022).

65. Silva D. et al. How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto // Proceedings of the VII Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida en Latinoamérica, Medellin, Colombia. 2017. P. 10-15.

66. Бікс Ю. С. Перспективи використання виробів з соломи у малоповерховому будівництві. Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2017. Том 22, №1. С. 75-83.

67. Дудикевич Ю. Б. Энергоощадні котеджі: методики проектування будинків без газу. Львів: Сполом, 2011. 192 с.
68. Scheuer C., Keoleian G. A., Reppe P. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and buildings*. 2003. Vol. 35. No 10. P. 1049-1064.
69. LEED. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/LEED> (дата звернення 07.01.2022).
70. BREAM..URL: <https://www.breeam.com> (дата звернення 07.01.2022).
71. DGNB. <https://www.dgnb.de/en/index.php> (дата звернення 07.01.2022).
72. Смирнова С. Н. Теоретическая модель энергоэффективного здания. Приволжский научный журнал. Серия: Архитектура. Дизайн.2009.№2.С.86–91.
73. Савицький М. В., Бабенко М. М. Показники енергоефективності екологічного малоповерхового будинку з місцевих матеріалів. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2014. №.77. С.168–172.
74. Мацура А. А., Ермоленко Б. В. Разработка методов оптимального проектирования энергоэффективных домов. *Успехи в химии и химической технологии*. 2015.№8.ТОМ XXIX. С.118–122.
75. Лапин Ю. Н. Автономные экологические дома. Москва: Алгоритм, 2005.416 с.
76. Бікс Ю. С., Ратушняк О. Г. Аналіз економічної доцільності утеплення будинків в контексті енергетичної ефективності на прикладі міст України та Європи. *Вісник ХНУ*. 2017. № 3, т. 1. С. 199-206.
77. ДСТУ-Н. Б. В. 1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2011. 127 с.
78. Y. Biks, R. Lototskiy, O. Ratushnyak. LCA analysis of popular envelope assemblies for low-storey construction segment. LI Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (31 травня, Вінниця,

2022). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15921> (дата звернення 20.06.2022).

79. Державні будівельні норми України. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. ДБН В.1.4-0.01-97, ДБН В.1.4-0.02-97, ДБН В. 1.4-1.01-97, ДБН В.1.4-2.01-97.- Кі " Держкоммістобудування України, 1997 - 100 с.

80. Bläsi W. Bauphysik. Bibliothek des technischen Wissens. 3 Auflage. Haan: Verlag Europa Lehrmittel, 2001. 536 p.

81. Evrard A. Thermal inertia and moisture regulation of straw bale buildings with earth plasters. URL: https://www.researchgate.net/publication/283567965_Thermal_inertia_and_moisture_regulation_of_straw_bale_buildings_with_earth_plasters (дата звернення: 02.03.2018).

82. Arumi-Noe F., Hamilton K. Thermal inertia of Strawbale walls.– Buildings XII Conference, Florida (December, 2015), USA. URL: http://web.ornl.gov/sci/buildings/2012/1998%20B7%20papers/063_Arumi_Noel.pdf. (дата звернення: 13.03.2018).

83. Ezennia I. S., Alibaba H.Z. A Systematic Review Of Thermal And Moisture Performance Of Straw-Bale Houses In Hot And Humid Climates. International Journal of Scientific & Technology Research 2017. Vol. 6, No. 01. P. 13–18.

84. ДСТУ Б. В. 2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 55 с.

85. Энергоемкость основных строительных материалов URL: <http://cnb.by/servisy/novosti/pochemu-neobhodimo-normirovat-energoemkost-v-stroitelstve> (дата звернення: 30.03.2018).

86. Clarke J. A., Yaneske P. P., Pinney A. A. The Harmonisation of Thermal Properties of Building Materials. URL: http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/89/thermor_rep.pdf (дата звернення: 02.03.2018).

87. Особенности малоэтажного энергоэффективного экологического строительства в разных климатических зонах. URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2017/files/Section_02.pdf#page=16 (дата звернення: 02.03.2018).

88. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. Вінниця: ВНТУ, 2012. 22 с.

89. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення [Чинний від 2006-05-15]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України, 2006. 78 с.

90. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний від - 2003-05-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДІПБ МВС України, 2003. 87 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри БМІА

к.т.н., доцент  В.В. Швець



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ


«Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті
його життєвого циклу»

ПОГОДЖЕНО

Керівник МКР

к.т.н., доц.  Ю. С. Бікс

Відповідальний виконавець,

магістрант  Р. О. Лотоцький

1. Підстава для виконання роботи

Робота проводиться на підставі наказу ВНТУ від _____ 2022 року № _____

Дата початку роботи - 01.02.2022 р.

Дата закінчення роботи - 28.05.2022. р.

2. Мета і призначення НДР

При проектуванні огорожувальних конструкцій стін житлових будинків, як правило не приділяється увага розрахунку часу теплової інерції стін, тобто здатності конструкції утримувати теплові хвилі при сталій температурі, або зберігати тепло.

Тому в даній роботі поставлена задача оцінити потенціал енергоефективності огорожувальних конструкцій стін малоповерхових будинків з природних матеріалів шляхом порівняння аналітично визначеної величини часу теплової інерції, а також спробі порівняти економічні аспекти зведення стін з даних матеріалів.

Мета роботи – вирішення науково-технічної задачі аналізу та комплексної оцінки теплотехнічних параметрів багатошарових конструкцій стін з природних матеріалів та вдосконалення способу оптимального вибору конструктивного варіанту багатошарової стіни в контексті фізико-механічних характеристик її шарів.

Об'єкт дослідження – комплекс фізико-механічних параметрів огорожуючої конструкції стіни з натуральних матеріалів.

Предмет дослідження – розрахунок теплової інерції багатошарових конструкцій стін з натуральних матеріалів для зведення малоповерхової забудови.

Узагальнений науковий результат – запропоновано методику визначення інтегрального показника для оцінки теплотехнічного потенціалу багатошарових огорожувальних конструкцій стін будинків з натуральних матеріалів;

Узагальнений практичний результат – запропонована методика та проведені розрахунки можуть бути використані для створення системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень при проектуванні багатошарових огорожувальних конструкцій стін енергоефективних будинків з натуральних матеріалів з оптимальними з точки зору теплотехнічного потенціалу, товщинами шарів.

3. Вихідні дані для проведення НДР

Передбачається використати відомі математичні апарати та теоретично-експериментальні дані фізико-механічних та теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій з природних матеріалів для проведення чисельного моделювання величини теплотехнічного потенціалу огорожувальних багат шарових конструкцій стін для кліматичних умов м. Вінниця. Обробка даних чисельного моделювання виконана в пакеті MS Office Excel.

Під час проведення НДР будуть використані матеріали таких публікацій:

1. Ding G. K. C. Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview. *Eco-efficient construction and building materials*. 2014. P. 38-62.
2. Ramesh T., Prakash R., Shukla K. K. Life cycle energy analysis of buildings: an overview. *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42, No 10. P.1592 - 1600.
3. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Енергетична ефективність будівель: настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 29 с. (Інформація та документація).
4. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с. (Інформація та документація).
5. Brojan L., Petric A., Clouston Peggi L. A comparative study of brick and strawbale wall systems from environmental, economical and energy perspectives. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2013. Vol.8, No.11. P.920–926.
6. ДСТУ Б. В. 2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 55 с.
7. Hens H. *Building Physics Heat, Air and Moisture: Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises*. 2nd Ed. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2012. 324 p.
8. Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*. 2015. Vol. 4, P. 1–17.

9. Labat M., Magniont C., Oudhof N., Aubert J.-E. From the experimental characterization of the hygrothermal properties of straw-clay mixtures to the numerical assessment of their buffering potential. *Building and Environment*. 2016. Vol. 97. P. 69–81.

4. Виконавці НДР

Організація –виконавець – кафедра БМГА ВНТУ.

Відповідальний виконавець - магістрант Лотоцький Р. О.

5. Вимоги до виконання НДР

У процесі виконання НДР слід використовувати програмні комплекси, які реалізують методи числового аналізу, що пройшли сертифікацію та напрацьовані.

Вимоги нормативних документів ДБН та ДСТУ до розрахунку теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень.

6. Етапи НДР і терміни її виконання

Етап	Назва та зміст етапу	Терміни виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1	Огляд літературних джерел та їх аналіз.	01.01.2022	30.01.2022	Аналіз стану питання по темі досліджень енергоефективності та критеріїв її оцінки в контексті огорожувальних будівельних конструкцій	Текст ПЗ МКР
2	Підбір конструктивних типів стінового огороження для чисельно-аналітичного моделювання їх теплотехнічного потенціалу	01.02.2022	10.02.2022	Концептуальні рішення конструктивного складу стін (розрізи)	Текст ПЗ МКР
3	Складання таблиць фізико-механічних та теплотехнічних параметрів-типів конструктивних шарів стін для чисельно-аналітичного моделювання часу теплової інерції .	06.04.2022	18.04.2022	Аналітичні розрахунки часу теплової інерції стін	Текст ПЗ МКР
4	Введення поняття про інтегральний показник оцінки теплотехнічного потенціалу стін. Вибір факторів впливу на величину параметрів інтегрального показника	19.05.2022	21.05.2022	Таблиці фізико-механічних та теплотехнічних характеристик конструктивних шарів стін	Текст ПЗ МКР
5	–Розробка методики розрахунку інтегрального показника оцінки теплотехнічного потенціалу стін; –Розрахунок інтегрального показника теплотехнічного потенціалу стін за методом аналізу ієрархій (MAI); – Розрахунок витрат на НДР; – Формулювання рекомендацій щодо оптимального вибору типу огорожуючої конструкції стіни з природних матеріалів	22.05.2022	30.05.2022	Чисельні значення інтегрального показника теплотехнічного потенціалу для зазначених типів стін	Текст ПЗ МКР, плакати
6	Аналіз одержаних результатів	01.06.2022	10.06.2022	Виявлення взаємовпливу між конструктивним шаром стіни та	Текст ПЗ МКР, плакати

				інтегральним показ- ник теплотехнічного потенціалу	
--	--	--	--	----------------------------------------------------------	--

7. Очікувані результати та порядок реалізації НДР

Проведені розрахунки дозволяють створити систему інтелектуальної підтримки прийняття рішень при проектуванні з багат шарових огорожувальних конструкцій стін енергоефективних будинків з натуральних матеріалів з оптимальними, з точки зору теплотехнічного потенціалу, товщинами шарів. Врахування інтегрального критерію теплотехнічного потенціалу дозволить проектувати огорожуючі конструкції стіни оптимальною вартістю.

Результати НДР можуть бути використані:

- проектно-конструкторськими організаціями при проектуванні житлових будівель;
- в навчальному процесі при подальшому дослідженні оптимізаційної задачі вибору товщин багат шарових конструкцій стін з урахуванням їх теплотехнічного потенціалу.

8. Матеріали, які подаються під час закінчення НДР та її етапів

Текст пояснювальної записки МКР та ілюстраційний матеріал у вигляді плакатів.

Підготовлені доповіді на науково-технічні конференції.

9. Порядок приймання НДР та її етапів

Подання результатів кожного етапу на розгляд наукового керівника.

Представлення остаточної редакції МКР на розгляд кафедри БМГА та рецензента.

Захист МКР на засіданні ДЕК.

10. Вимоги до розроблення документації

Звітна документація повинна містити: результати огляду літературних джерел, результати чисельно-аналітичного моделювання теплотехнічного потенціалу ого-

роджувальних конструкцій стін визначених типів, результати визначення інтегрального показника теплотехнічного потенціалу стін за двома методиками, аналіз одержаних результатів, визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження.

11. Вимоги щодо технічного захисту інформації з обмеженим доступом

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

Додаток Б

Форма № 1

Таблиця 6.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 0,895 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,016 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 0,338 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,9 розряд

Складений в поточних цінах станом на "24.04." 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
						на одиницю	всього				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН15-36-1	Поліпшене штукатурення піщано-вапняним розчином стін механізованим способом	100м2	0,01	2681,28	73,61	27	17	1	77,23	0,77
					1708,33	53,82			1	3,7044	0,04
2	ЕН10-5-1	Установлення елементів каркаса з брусів	м3	0,08	3449,51	-	276	52	-	35,55	2,84
					645,23	-			-	-	-
3	Е8-20-3	Мурування зовнішніх із солом'яних блоків при висоті поверху до 4 м	м3	0,6	555,90	91,86	334	178	55	14,01	8,41
					296,59	29,67			18	1,6791	1,01
4	ЕН15-46-5	Поліпшене штукатурення цементно-вапняним розчином стін механізованим способом	100м2	0,01	3172,72	108,17	32	18	1	86,36	0,86
					1801,47	88,48			1	6,0883	0,06
		Разом прямі витрати по кошторису					669	265	57		12,88
		Разом будівельні роботи, грн.					669		20		1,11
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					347				
		всього заробітна плата, грн.					285				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати, грн.					226				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					1,62				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					53				
		Всього будівельні роботи, грн.					895				

		Всього по кошторису					895				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					16				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					338				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Вінницький національний технічний університет
Кафедра БМГА

Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу

Розробив: ст. гр. Б-21м Лотоцький Р. О.
Науковий керівник: к.т.н., доц. Бікс Ю. С.

- **Актуальність теми.** Дана робота присвячена оцінці життєвого циклу (*life cycle assessment, LCA*) багатошарових огорожувальних конструкцій стін для п'яти варіантів, популярних на сьогоднішній день у малоповерховій забудові України.
- **Метою даної роботи** є вирішення науково-технічної задачі аналізу та комплексної оцінки параметрів життєвого циклу будівлі для багатошарових конструкцій стін та вдосконалення методів та критеріїв оптимального вибору альтернативного варіанту багатошарової стіни в контексті низки фізико-механічних та екологічних параметрів.
- **Об'єкт дослідження** є комплекс фізико-механічних та енергетичних параметрів матеріалів стін які формують причинно-наслідкові зв'язки з критеріями оцінки життєвого циклу будівлі в розрізі огорожувальних конструкцій стін.
- **Предметом дослідження** є комплексні параметри оцінки життєвого циклу багатошарових конструкцій стін які дозволять враховувати додаткові фактори при аналізі альтернатив з метою прийняття управлінських рішень щодо вибору ефективного варіанту багатошарової конструкції в малоповерховому будівництві.

Вступ

У ХХІ столітті, в якому ми живемо, важко переоцінити негативний вплив будівельної індустрії на оточуюче середовище. Будівельна галузь є одним з найбільших експлуатантів як відновлюваних, так і невідновлюваних джерел енергії та природних ресурсів.

Питання забруднення атмосфери та погіршення якості життя внаслідок ан-тропогенного впливу, зокрема будівництва вже давно є риторичними. У всьому світі будівельний сектор виснажує 40% природних матеріалів, споживає 40% загальної первинної енергії, 15% світових ресурсів прісної води, генерує 25% всіх відходів і викидає 40-50% парникових газів (ПГ). Наприклад у США будівельний сектор є третім за величиною промисловим сектором внеску у викиди ПГ.

Оскільки будівельні процеси, що виконуються під час зведення будівлі а також експлуатація будівель споживають величезну кількість матеріалів та енергетичних ресурсів протягом усього терміну служби (життєвого циклу, Life Cycle – англ.), то будівлі мають безпосередній вплив на навколишнє середовище, починаючи від використання сировини під час будівництва, технічного обслу-говування та ремонту до викидів шкідливих речовин протягом життєвого циклу будівлі.

Життєвий цикл – це послідовні та взаємопов'язані стадії продуктивної системи (чи послуги) – від придбання сировини чи її добування з природних ресурсів до остаточного видалення.

Саме тому збалансований, оптимальний вибір і використання матеріалів в контексті концепції сталого розвитку з урахуванням життєвого циклу будівлі відіграє важливу роль у проектуванні та будівництві все більш популярного сектору «зеленого» будівництва.

Основний матеріал і результати

Для проведення чисельного моделювання обрано наступні багатошарові огорожувальні конструкцій стін наступних типів :

- стіна типу «А» – цегляна з мінераловатним утеплювачем;
- стіна типу «В» – газоблок конструкційно-теплоізоляційного типу з густиною 325 кг/м^3 з мінераловатним утеплювачем;
- стіна типу «С» – цегляна з колодязною кладкою та мінераловатним утеплювачем між шарами;
- стіна типу «D» – самонесуча стіна з солом'яного блоку 109 кг/м^3 у дерев'яному каркасі;
- стіна типу «Е» – СІП утеплена екструдованим пінополістиролом (EPS).

edit building element

general information

designation, amount:	external wall Type A; 1 m ²
type:	Wall (exposed to outside air - not back-ventilated)
comments:	no comment

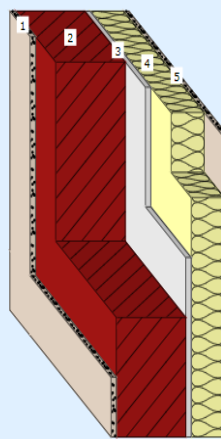


calculated indicators:

thickness:	0,3850 m
U value :	0,282 W/m ² K
grammage:	431,8 kg/m ²
ΔOI3 (BG6):	222 points / m ² Bt
E _{кон} :	2,27 points / m ² Bt
service life :	yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)
type:	new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1	<input type="checkbox"/>	Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive))	0,500	0,800	
2	<input type="checkbox"/>	bearing wall (Bricks full (withdrawn 9.5.22) + normal mortar for ...)	25,000	0,690	
3	<input type="checkbox"/>	Mineral adhesive	0,500	1,000	
4	<input type="checkbox"/>	insulator (Rock wool MW(SW)-W (40 kg/m ³))	12,000	0,040	
O> 5	<input type="checkbox"/>	Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive))	0,500	0,800	

cross section



2D-graphic

edit building element

general information

designation, amount:	external wall Type B; 1 m ²
type:	Wall (exposed to outside air - not back-ventilated)
comments:	no comment

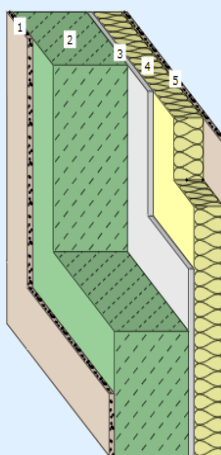


calculated indicators:

thickness:	0,4350 m
U value :	0,158 W/m ² K
grammage:	129,3 kg/m ²
ΔOI3 (BG6):	90 points / m ² Bt
E _{кон} :	1,49 points / m ² Bt
service life :	yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)
type:	new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1	<input type="checkbox"/>	Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive), refor...	0,500	0,800	
2	<input type="checkbox"/>	bearing wall (Aerated concrete (325 kg/m ³))	30,000	0,095	
3	<input type="checkbox"/>	putty (Mineral adhesive)	0,500	1,000	
4	<input type="checkbox"/>	insulator (Rock wool MW(SW)-W (40 kg/m ³))	12,000	0,040	
O> 5	<input type="checkbox"/>	Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive), refor...	0,500	0,800	

cross section



2D-graphic

Рис. 1 – Конструктивне виконання стін

edit building element

general information

designation, amount: Wall C; 1 m²
 type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)
 comments: no comment

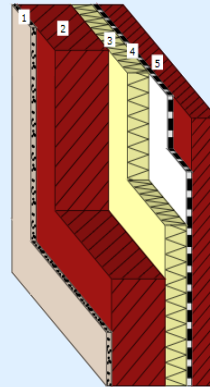
edit

calculated indicators:

thickness: 0,4851 m
 U value : 0,276 W/m²K
 grammage: 645,6 kg/m²
 ΔOI3 (BG6): 439 points / m² Bt
 EI_{KON}: 2,38 points / m² Bt
 service life :
 yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)
 type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		CR lime cement finish plaster (1600 kg/m ³)	1,500	0,780	
2		Vertically perforated brick 17 cm to 38 cm + normal mortar for b...	25,000	0,577	
3		Glass wool MW(GW)-WV (70 kg/m ³)	10,000	0,035	
4		Polyethylene (PE) sealing sheeting	0,010	0,500	
O> 5		Full clinker + normal mortar for brickwork (2100 kg/m ³)	12,000	0,870	

cross section



2D-graphic

edit building element

general information

designation, amount: external wall; 1 m²
 type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)
 comments: no comment

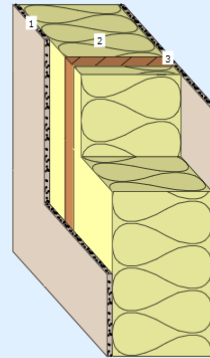
edit

calculated indicators:

thickness: 0,5300 m
 U value : 0,121 W/m²K
 grammage: 123,2 kg/m²
 ΔOI3 (BG6): 39 points / m² Bt
 EI_{KON}: 1,55 points / m² Bt
 service life :
 yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)
 type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,500	0,490	
2		Building straw bales (109 kg/m ³) / Timber (525 kg/m ³ - e.g. lar...	50,000	0,056	
O> 3		Plaster (Normal plastering mortar GP lime (1300 kg/m ³))	1,500	0,490	

cross section



2D-graphic

edit building element

general information

designation, amount: external wall Type E; 1 m²
 type: Wall (exposed to outside air – not back-ventilated)
 comments: no comment

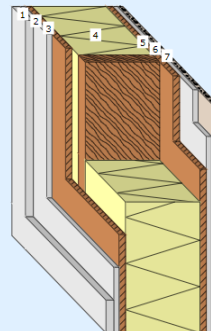
edit

calculated indicators:

thickness: 0,1940 m
 U value : 0,267 W/m²K
 grammage: 65,2 kg/m²
 ΔOI3 (BG6): 91 points / m² Bt
 EI_{KON}: 1,15 points / m² Bt
 service life :
 yes, replacements rates with whole numbers (according to EN 15804 standard)
 type: new building

no.	type	layer	d [cm]	λ [W/mK]	new
I> 1		Plaster (Gypsum wallboards (1000 kg/m ³))	1,500	0,370	
2		putty (Mineral adhesive)	0,500	1,000	
3		OSB boards (650 kg/m ³)	1,200	0,130	
4		swisspor EPS-W 25 / Timber (525 kg/m ³ - e.g. larch) - planed...	14,000	0,038	
5		OSB boards (650 kg/m ³)	1,200	0,130	
6		putty (Mineral adhesive)	0,500	1,000	
O> 7		Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive), rein...	0,500	0,800	

cross section



2D-graphic

Рис. 2 – Конструктивне виконання стін

Критерії оцінювання для матеріалів стін

- ▶ а) PENRT – загальна величина первинної невідновлюваної енергії. Це загальні енергетичні ресурси, необхідні для виробництва продукту або послуги, спільно називають первинним вмістом енергії (скорочено PE). PE вказується в МДж і розраховується з нижчої теплотворної здатності використаних енергетичних ресурсів.
- ▶ б) GWP – потенціал глобального потепління (ПГП), є сумою ПГП-викопного та ПГП-біогенного. Потенціал глобального потепління наведено для періоду 100 років (GWP100) і в кг CO₂-еквіваленту (кг CO₂-еквіваленту);
- ▶ в) AP– потенціал підкислювання. Підкислення в основному зумовлене взаємодією газів оксиду азоту (NO_x). Для розрахунку використовуються коефіцієнти та характеристики відповідно до ÖNORM EN 15804, додаток С. Для старіших даних LCA (до публікації ÖNORM EN 15804: 2014) використовувався середній «європейський потенціал підкислення» відповідно до CML 2001 v3.9.
- ▶ г) EP – потенціал евтрофікації. Потенціал евтрофікації введених поживних речовин визначається відповідно до CML 2001 v3.9 і вказується в кг (PO₄₃-екв. (фосфатний еквівалент).
- ▶ д) маса конструкції стіни кг/м²;
- ▶ е) коефіцієнт теплопередачі багатосарової оболонки (u-value Вт/м²×К, величина обернена до термічного опору R).

Обчислені значення критеріїв

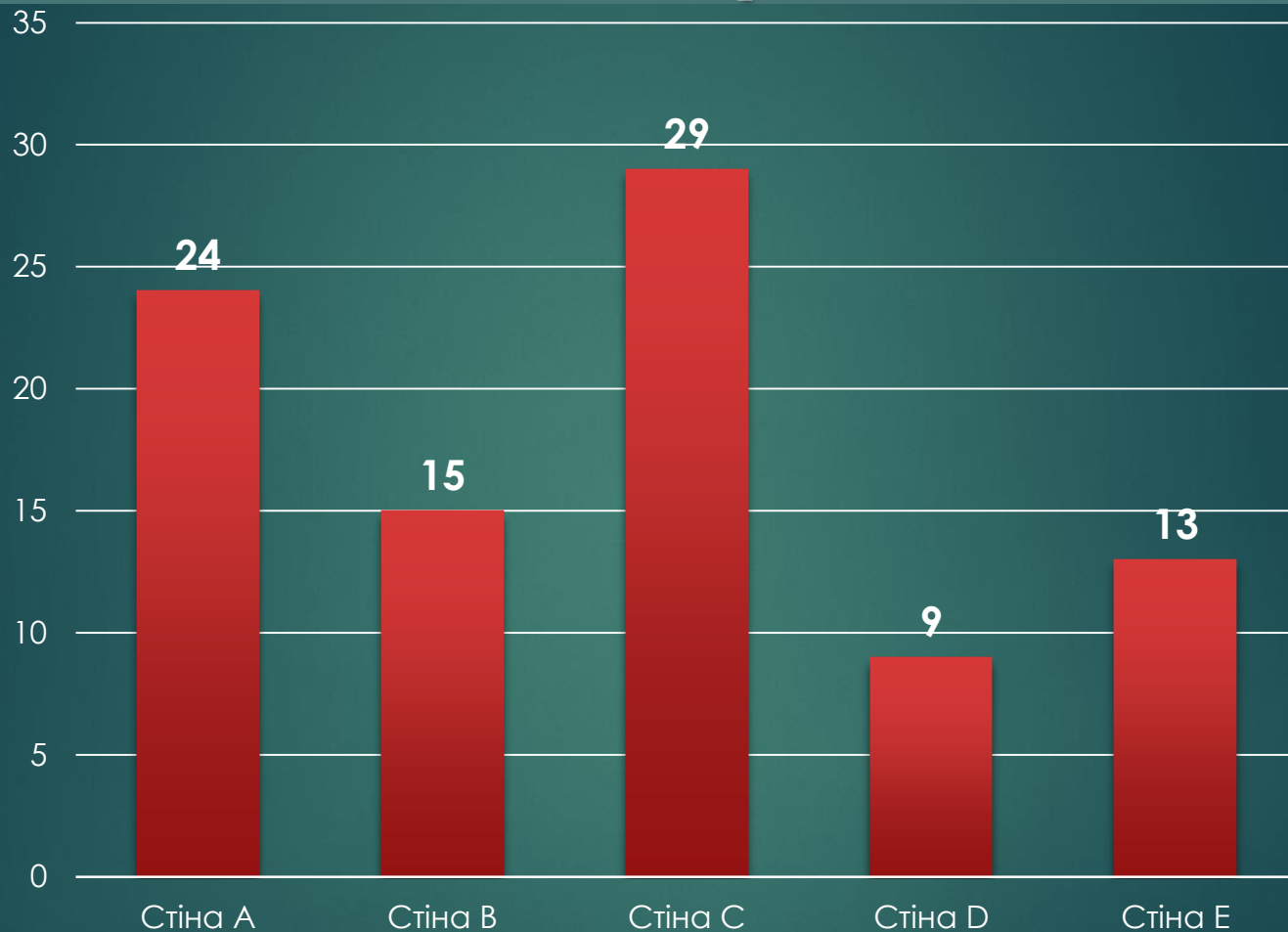
Типи стін	Критерії оцінки життєвого циклу					
	РЕНРТ, МДж/м ²	GWP-total, кг CO ₂ екв./м ²	AP, кг SO ₂ екв./м ²	EP, кг PO ₄₃ /м ²	Маса стіни кг/м ²	Коефіцієнт теплопе редачі, Вт/м ² К
Стіна А	2360	182,00	0,847	0,269	431,80	0,282
Стіна В	1742	129,00	0,602	0,216	129,30	0,158
Стіна С	6555	412,00	1,14	0,474	645,60	0,276
Стіна D	546	-71,30	0,199	0,239	123,2	0,121
Стіна Е	2697	106,00	0,528	0,189	65,20	0,267

Обчислені значення критеріїв (після виконання процедури ранжування у Excel)

Типи стін	Критерії оцінки життєвого циклу після ранжування*					
	RENRT, МДж/м ²	GWP-total, кг CO ₂ екв./м ²	AP, кг SO ₂ екв./м ²	EP, кг PO ₄₃ /м ²	Маса стіни кг/м ²	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ² К
Стіна А	3	4	4	4	4	5
Стіна В	2	3	3	2	3	2
Стіна С	5	5	5	5	5	4
Стіна D	1	1	1	3	2	1
Стіна Е	4	2	2	1	1	3

* – найкраща альтернатива має бал 1, найгірша – бал 5 відповідно.

Порівняння величини інтегрального показника оцінки життєвого циклу за зазначеними LCA-критеріями після аддитивної згортки



Сумарна оцінка після згортки критеріїв

Загальні висновки по роботі

1. Життєвий цикл будівлі – інтергальне поняття, яке включає в себе ком-плекс оціночних процесів протягом терміну життя будівлі, від виробництва (видобування з надр Землі) матеріалу, системи (чи послуги), що включають не-обхідні дослідження і розробки, виробництво, постачання, транспортування, використання і технічне обслуговування протягом усього періоду існування продукту до його остаточної утилізації.
2. Енергоефективність будівлі як складова структури життєвого циклу будівель залежить від багатьох фізико-механічних та теплофізичних параметрів матеріалу, серед яких можна виділити основні: теплоємність, термоінерційність, теплостійкість, а також інтегрального показника довговічності які є функціями матеріалу.
3. Методологія оцінки життєвого циклу будівлі – багатокритеріальна, мультидисциплінарна концепція оцінки, що має на меті кількісно оцінити негативний вплив результатів антропогенної інженерної діяльності на довкілля. За своєю суттю це процедура, яка базується на використанні спеціалізованого програмного забезпечення та баз даних для проведення LCA аналізу яка потребує підготовки фахівців, інвестиції у програмне забезпечення інструментарію, який як правило є платним, та має деякі складнощі у впровадженні.
4. Для створення будівлі яка буде водночас ефективною в контексті оцінки її життєвого циклу (LCA) варто ще на етапі проекту оцінити можливість зменшити комплексний негативний вплив на навколишнє середовище та надавати перевагу матеріалам натурального походження, які є енергоефективними та довговічними, при цьому такі, що потребують мінімальний затрат енергії на їх переробку та утилізацію.
5. Існує багато категорій, за якими виконують оцінку життєвого циклу, при цьому немає універсальних критеріїв LCA, які прийнятні всіма країнами світу. Серед найважливіших параметрів виділяють викиди парникових газів (ПГ), потенціал підкислення, потенціал руйнування озонового шару, потенціал евтрофікації, тощо.
6. При чисельному моделюванні оцінки життєвого циклу огорожувальних конструкцій стін в контексті критеріїв (PENRT, GWP-total, AP, EP, маси та коефіцієнту теплопередачі) з'ясовано, що найбільш оптимальним варіантом влаштування стіни буде стіна з солом'яних блоків, яка перевершує всі альтернативні варіанти стін – вона в 2,7 разів екологічніша за цегляну стіну з утеплювачем, майже в 1,7 рази екологічніша від стіни з газоблоку з утеплювачем, майже в 3,25 рази ефективніша від стіни з колодязною кладкою, та в 1,45 рази краща від стіни СІП.
7. Для об'єктивного аналізу та зваженого багатокритеріального вибору «кращої» альтернативи слід провести техніко-економічні розрахунки які дозволять оцінити не тільки фізико-механічні параметри стін, але й вартісну компоненту яку необхідно враховувати при прийнятті управлінських рішень щодо оптимального вибору огорожувальних конструкцій.
8. В практичних цілях є доречним виконання аналізу життєвого циклу декількома інструментами, з урахуванням додаткових фізико-механічних (на-приклад час теплової інерції, величина внутрішньої питомої теплоємності стіни) та вартісних показників з метою виявлення кращої альтернативи.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!



ВДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи
студента Лотоцького Романа Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему: Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку
в контексті його життєвого циклу

Робота магістра Лотоцького Романа Олександровича присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі – спробі комплексно оцінити та багатокритеріально врахувати низку різномірних, значущих з точки зору оцінки життєвого циклу (ОЖЦ), теплотехнічної точки зору, а також опосередковано економічної багатошарові огорожувальні конструкції стін в контексті їх енергоефективного використання з урахуванням їхнього життєвого циклу, на прикладі п'яти різних типів багатошарових стінових конструкцій.

Робота є актуальною, цілком відповідає поставленому завданню. Робота складається з шістьох основних розділів.

Перший розділ присвячено аналізу стану питання щодо поняття оцінки життєвого циклу конструкції (ОЖЦ) та його взаємозв'язку із енергоефективністю конструкцій. Розглянуто концепцію замкнутого циклу життя матеріалу, що дозволяє більш широко розглядати проблему вибору будь-якої матеріалу, конструкції товару чи послуги, в розрізі їх негативного впливу на оточуюче середовище, що прямо впливає на ОЦЖ. Магістром проведено дослідження у галузі нормативної бази з питань ОЦЖ, показано ключові етапи життя матеріалу, які прямо впливають на кількісну оцінку життєвого циклу.

У другому розділі магістром досліджено методи та критерії оцінювання життєвого циклу конструкцій та проаналізовано типові впливи на навколишнє середовище, які включені в ОЦЖ. Показано, що одним з найвагомніших факторів у будь-якій оцінці ОЖЦ є потенціал глобального потепління (GWP), що опосередковано виражається через карбоновий слід (діоксид вуглецю CO_2), або його еквівалент CO_2eq , що об'єктивно зумовлює розробку різноманітного інструментарію для виконання таких оцінок як на стадії проекту так і на етапі експлуатації будівлі. Магістром проведено аналіз стану питання щодо використання програмного забезпечення для ОЖЦ, показані основні переваги та недоліки декількох програм. Всі методи мають свої переваги та недоліки та можуть бути використані для вирішення прикладної задачі досліджень у даній роботі. На основі аналізу літературних джерел обрано основні критерії для проведення чисельного моделювання.

У третьому розділі магістр провів чисельне моделювання з визначення комплексного показника ОЖЦ для п'ятиох альтернатив. Критеріями порівняння було обрано чотири показника ОЦЖ та два показника які віддзеркалюють фізичні та теплотехнічні характеристики багатошарових стін. В результаті проведеного моделювання, після ранжування різномірних характеристик, із застосуванням адитивної згортки критеріїв виявлено найкращий, в контексті зазначених параметрів варіант стіни.

Четвертий розділ присвячено складанню технологічної карти на монтаж варіанту стіни, який виявився найкращим, в контексті зазначених критеріїв, на основі технічного об'єкту.

П'ятий розділ роботи присвячено основним питанням охорони праці та життєдіяльності при проведенні будівельно-монтажних робіт з урахуванням технологічних особливостей процесу.

У шостому розділі магістрантом обчислено економічну складову для влаштування найкращого варіанту багатопарової огорожувальної конструкції стіни.

Вище наведені критерії порівняння обрані автором в результаті аналізу літературних джерел, та є оригінальними в контексті набору показників для комплексної оцінки життєвого циклу конструкції стін. Практична цінність роботи полягає у тому, що методика оцінювання та критерії оцінювання можуть бути взяті на озброєння особою, що приймає рішення при виборі проекту реалізації енергоефективного будівництва, в якості додаткового критерію при прийнятті рішення.

За час виконання магістерської роботи Лотоцький Р. О. показав самостійність у опрацюванні рекомендованої літератури, проведенні змістовного аналізу джерел та проведенні числового експерименту з опрацюванням вищезазначених критеріїв оцінювання. Окрім цього, опрацьований під час написання роботи матеріал було апробовано у вигляді тез на конференції ВНТУ.

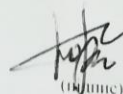
Недоліком роботи можна назвати обмежене використання сучасних програмних продуктів з моделювання енергоефективності будівлі в цілому, а не лише конструкції стіни та відсутність натурального експерименту.

Необхідно зазначити, що висвітлені зауваження мають рекомендаційний характер, не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та достовірності основних результатів і висновків.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів магістерська кваліфікаційна робота Лотоцького Романа Олександровича "Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу" є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «А» – відмінно.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

Доцент, к.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Бікс Ю. С.
(ініціали, прізвище)

ВДГУК
опонента магістерської кваліфікаційної роботи

студента Лотоцького Романа Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу

Робота магістра Лотоцького Романа Олександровича є актуальною, цілком відповідає темі та складається з шести основних розділів.

Перший розділ магістерської кваліфікаційної роботи присвячено аналізу стану питання щодо поняття оцінки життєвого циклу конструкції (ОЖЦ), наявній нормативній базі у галузі, та спробі виявити вплив матеріалів на життєвий цикл будівлі.

У другому розділі магістр дослідив відомі методи та критерії оцінювання життєвого циклу конструкцій. В ході аналізу літературних джерел показано, що одним з основних факторів, які прямо чинять вплив на оточуюче середовище, а й отже є складовими ОЖЦ є потенціал глобального потепління, що опосередковано виражається через карбоновий слід (діоксид вуглецю CO₂), або його еквівалент CO₂ eq. потенціал підкислення, евтрифікації тощо. Автором відмічено, що існує певна складність у імplementації методів оцінки життєвого циклу у різних країнах, що обумовлює обмежене використання цього сучасного інструментарію на етапі проектування.

Магістром проведено аналіз стану питання щодо використання програмного забезпечення для ОЖЦ, показані основні переваги та недоліки відомих програм. На основі аналізу літературних джерел обрано основні критерії для проведення чисельного моделювання.

У третьому розділі магістр провів чисельне моделювання з визначення комплексного показника ОЖЦ для п'ятих альтернатив стін, при чому, в якості варіанту з натуральних матеріалів, висвітлено стіну із солом'яних блоків. Для проведення моделювання автор запропонував низку критеріїв, два з шести стосуються фізико-механічних та теплотехнічних характеристик стін.

В результаті проведеного моделювання, при використанні процедур ранжування та адитивної згортки критеріїв, для приведення всіх показників в одній шкалі координат автором проведено порівняння альтернатив по одному, комплексному показнику. Виявлено, що варіант із солом'яної конструкції стіни отримав найкращу оцінку.

Четвертий розділ роботи присвячено імplementації отриманих результатів на технічному об'єкті. Розроблено технологічну карту на монтаж стіни.

П'ятий розділ роботи присвячено основним питанням охорони праці та життєдіяльності при проведенні будівельно-монтажних робіт з урахуванням технологічних особливостей процесу.

У шостому розділі магістрантом обчислено економічну складову для влаштування найкращого варіанту багатопарової огорожувальної конструкції стіни.

До основних недоліків роботи можна віднести наступні:

У записці відсутній аркуш відомості графічної частини;

Додатки у змісті не мають назв;

Основний надпис на другому аркуші технічної частини заповнено згідно іншої форми;

Деякі посилання у тексті роботи виконано на некоректні джерела літератури.

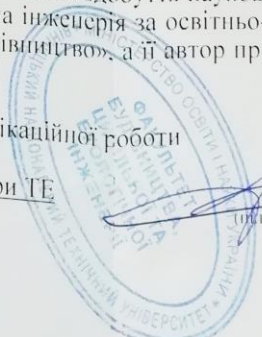
В цілому робота є завершеною працею, виконана на високому рівні, з дотриманням вимог щодо оформлення, має певну практичну та наукову цінність, і тому, магістерська кваліфікаційна робота Лотоцького Романа Олександровича "Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу" відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор при відповідному захисті заслуговує на оцінку «А» – відмінно.

Опонент магістерської кваліфікаційної роботи

Доцент, к.т.н., доцент кафедри ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(прізвище)

Д. В. Степанов
(ініціали, прізвище)



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Оцінка потенціалу енергоефективності житлового будинку в контексті його життєвого циклу

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

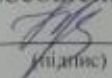
Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck


Оригінальність 92,98% Схожість 7,02%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Блащук Н.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Лотоцький Р.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Бікс Ю. С.
(підпис) (прізвище, ініціали)