

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, шкільної комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Раціональні конструктивні рішення при проєктуванні багатошарових енергоефективних стін житлових будівель

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1Б-24м  
за спеціальністю 192 – «Будівництво та  
цивільна інженерія»

О. В. Найчук

(підпис, ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Ю. С. Бікс

(науковий ступінь, вчене звання,

ініціали та прізвище)

«19» грудня 2025 р.

(підпис)

Опонент к.т.н. проф. І. В. Коц

(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)

(підпис, ініціали та прізвище)

«18» лютого 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМІА

к.т.н., доц. В. В. Швець

(ініціали та прізвище)

ІНЖЕНЕРІЇ

21 2025 р.

«18»

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Факультет: будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра: будівництва, міського господарства та архітектури

Рівень вищої освіти: II-й (магістерський)

Кваліфікаційний рівень: магістр

Здобує знання: 19 – Архітектура та будівництво

(спеціалізація)

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

(спеціалізація)

Кваліфікаційно-професійна програма: Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідуючий кафедрою БМГА  
Шевць В.В.  
" 28 " Вересня 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Найчука Олега Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Рациональні конструктивні рішення при проектуванні багатопверхових енергоефективних стін житлових будівель»

керівник роботи: Бікс Ю. С., к.т.н., доцент

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від "24" вересня 2025 року №313.

2. Строк подання здобувачем роботи: 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості, нормативна література

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

5. Комплексний аналіз матеріалів, нормативних вимог та технологій підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій. Найкращі матеріали для огорожувальних конструкцій. Технічні підходи та нормативні вимоги до влаштування огорожувальних конструкцій. Які сучасні технології використовують для підвищення енергоефективності будівель. Висновок за розділом 1

6. Оцінка теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та вплив проєктних і експлуатаційних параметрів на енергоефективність будівель. Роль об'ємно-планувального рішення та огорожувальних конструкцій у забезпеченні енергоекономічності будівель. Огляд сучасних підходів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель. Огляд сучасних методів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель. Сучасні вимоги до зовнішніх елементів огорожувальних конструкцій житлових будівель. Висновок за розділом 2

7. Комплексне проєктно-економічне обґрунтування енергоефективних зовнішніх стін багатопверхового житлового будинку. Теплотехнічні та конструктивні засади проектування енергоефективних зовнішніх стін. Техніко-економічна оцінка варіантів проектування енергоефективних зовнішніх стін багатопверхового житлового будинку. Висновок за розділом 3

8. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення. Характеристика об'єкту реконструкції. Рішення щодо плану. Об'ємно-планувальні рішення. Архітектурно-конструктивні рішення. Зовнішні та внутрішні рішення. Протипожежні заходи. Санітарні умови і вимоги. Інженерне обладнання будинку. Організація будівництва. Аналіз архітектурно-конструктивних рішень проєкту. Проєктування та розрахунок енерговитрат на виконання робіт. Розрахунок і проєктування тимчасових адміністративних та господарсько-побутових будівельних споруд. Розрахунок площ відкритих і закритих складів для будівельних конструкцій, матеріалів та обладнання. Розрахунок і проєктування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва. Розрахунок і проєктування мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика. Техніко-економічне обґрунтування проєкту. Висновок за розділом 4

9. Економічна частина. Висновки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Науково-дослідний розділ – 9 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
2. Архітектурно-будівельні рішення – 4 арк. (візуалізація об'єкту дослідження, фасади, плани першого поверху, план покрівлі, розріз 1-1, плани фундаментів, плани покриття, плани перекриття)
3. Розділ Організаційні рішення – 2 арк. (календарний графік виконання робіт по об'єкту, будівельно-технологічний загальний план).

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання визначено	Закінчено проект
Вступ, науковий розділ 1-3	Бікс Ю. С. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення	Бікс Ю. С. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Організаційні рішення	Бікс Ю. С. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О. Г. к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 12.10.2025 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Складання вступу до МКР	13.10-17.10.25	Бікс
2	Науково-дослідна частина	15.09-17.10.25	Бікс
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	20.10-29.10.25	Бікс
4	Організаційно-технологічні рішення	30.10-07.11.25	Бікс
5	Економічна частина	08.11-15.11.25	Лялюк
6	Оформлення МКР	17.11-20.11.25	Бікс
7	Подання МКР на кафедру для перевірки	21.11-23.11.25	Бікс
8	Попередній захист	24.11-25.11.25	Бікс
9	Опонування	05.12-08.12.25	Бікс

Здобувач

Найчук

(прізвище)

Керівник роботи

Бікс

(прізвище)

## АНОТАЦІЯ

УДК 624.19:004.946

Найчук О. В., Раціональні конструктивні рішення при проектуванні багатошарових енергоефективних стін житлових будівель. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2025. 96 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 24 назв; рис.:14; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності житлових будівель шляхом застосування раціональних конструктивних рішень багатошарових зовнішніх стін. Актуальність дослідження зумовлена посиленням нормативних вимог до теплозахисту огороджувальних конструкцій відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 та високим рівнем енергоспоживання житлового фонду України.

У першому розділі виконано комплексний аналіз сучасних матеріалів, нормативних вимог і технологій підвищення енергоефективності огороджувальних конструкцій. Розглянуто переваги та недоліки традиційних і інноваційних матеріалів, а також сучасні підходи до енергозбереження в житловому будівництві.

Другий розділ присвячено оцінці теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій та впливу проектних і експлуатаційних чинників на енергоефективність будівель. Проведено аналіз об'ємно-планувальних рішень, розглянуто сучасні методи енергомодернізації житлових будівель та вимоги до зовнішніх елементів огороджувальних конструкцій.

У третьому розділі виконано теплотехнічні розрахунки багатошарових стін, оцінено опір теплопередачі, умови відсутності конденсації та вплив теплотехнічних неоднорідностей. Отримані результати підтверджують відповідність запропонованих конструктивних рішень чинним нормативним вимогам.

Четвертий розділ містить технічну частину, у якій розроблено архітектурно-будівельні та конструктивні рішення житлового будинку, обґрунтовано параметри огорожувальних конструкцій, а також перевірено їх експлуатаційну надійність.

У п'ятому розділі наведено економічне обґрунтування проектних рішень, визначено кошторисну вартість робіт та підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованих теплоефективних конструкцій.

Результати роботи можуть бути використані під час проектування та термомодернізації житлових будівель з метою зниження енергоспоживання та підвищення комфортності експлуатації.

Ключові слова: енергоефективність будівель, багатошарові стіни, огорожувальні конструкції, теплозахист, теплопередача, теплоізоляційні матеріали, термомодернізація, житлові будівлі, енергозбереження, будівельні норми

## ANNOTATION

Naichuk O. V., Rational constructive solutions in the design of multilayer energy-efficient walls of residential buildings. Master's qualification work in specialty 192 - "Construction and civil engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 96 p.

In Ukrainian. Bibliography: 24 titles; Fig.: 14; Table. 22.

The master's qualification work considers the issue of increasing the energy efficiency of residential buildings by applying rational constructive solutions of multilayer external walls. The relevance of the study is due to the strengthening of regulatory requirements for thermal protection of enclosing structures in accordance with DBN V.2.6-31:2021 and the high level of energy consumption of the housing stock of Ukraine.

The first section provides a comprehensive analysis of modern materials, regulatory requirements and technologies for increasing the energy efficiency of enclosing structures. The advantages and disadvantages of traditional and innovative materials, as well as modern approaches to energy saving in residential construction, are considered.

The second section is devoted to the assessment of the heat-shielding properties of building envelopes and the influence of design and operational factors on the energy efficiency of buildings. An analysis of spatial planning solutions is carried out, modern methods of energy modernization of residential buildings and requirements for external elements of building envelopes are considered.

In the third section, thermal engineering calculations of multilayer walls are performed, heat transfer resistance, conditions for the absence of condensation and the influence of thermal engineering inhomogeneities are estimated. The results obtained confirm the compliance of the proposed design solutions with current regulatory requirements.

The fourth section contains the technical part, in which architectural, construction and structural solutions of a residential building are developed, the parameters of building envelopes are justified, and their operational reliability is checked.

The fifth section provides an economic justification for design solutions, determines the estimated cost of work and confirms the economic feasibility of implementing the proposed heat-efficient structures.

The results of the work can be used during the design and thermal modernization of residential buildings in order to reduce energy consumption and increase the comfort of operation.

**Keywords:** energy efficiency of buildings, multilayer walls, enclosing structures, thermal protection, heat transfer, thermal insulation materials, thermal modernization, residential buildings, energy saving, building codes

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ, НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	9
1.1 Найкращі матеріали для огороджувальних конструкцій	9
1.2 Технічні підходи та нормативні вимоги до влаштування огороджувальних конструкцій	13
1.3 Які сучасні технології використовують для підвищення енергоефективності будівель	15
Висновок за розділом 1	18
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ВПЛИВ ПРОЄКТНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЧИННИКІВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ	19
2.1 Роль об'ємно-планувального рішення та огороджувальних конструкцій у забезпеченні енергоекономічності будівель	19
2.2 Огляд сучасних шляхів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель	21
2.3 Огляд сучасних методів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель	24
2.4 Сучасні вимоги до зовнішніх елементів огороджувальних конструкцій житлових будівель	27
Висновок за розділом 2	35
РОЗДІЛ 3 КОМПЛЕКСНЕ ПРОЄКТНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗОВНІШНІХ СТІН БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	37
3.1 Теплотехнічні та конструктивні засади проектування енергоефективних зовнішніх стін	37

	3
3.2 Техніко економічна оцінка варіантів проектування енергоефективних зовнішніх стін багатоповерхового житлового будинку	41
Висновок за розділом 3	46
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	48
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	48
4.1.1 Характеристика об'єкту реконструкції	48
4.1.2 Рішення генплану	48
4.1.3 Об'ємно-планувальні рішення	51
4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення	54
4.1.5 Зовнішнє та внутрішнє опорядження	56
4.1.6 Протипожежні заходи	59
4.1.7 Санітарні умови і вимоги	61
4.1.8 Інженерне обладнання будинків	61
4.2 Організація будівництва	64
4.2.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень проекту	64
4.2.2 Проектування та розрахунок календарного графіка виконання робіт	64
4.2.3 Розрахунок і проектування тимчасових адміністративних та господарсько-побутових будівельних споруд	65
4.2.4 Розрахунок площ відкритих і закритих складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів	68
4.2.5 Розрахунок і проектування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва	70
4.2.6 Розрахунок і проектування мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика	72
4.2.7 Техніко-економічні показники проекту	74
Висновок за розділом 4	75
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	76
5.1 Кошторисна документація	76
5.2 Техніко-економічні показники проекту	91

	4
Висновок за розділом 5	92
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
ДОДАТКИ	97
ДОДАТОК А – Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи	98
ДОДАТОК Б – Відомість графічної частини	99

## ВСТУП

### Актуальність теми

Зовнішні огороджувальні конструкції будівель виконують ключову функцію розділення двох середовищ з принципово різними фізико-кліматичними параметрами — внутрішнього мікроклімату приміщень та зовнішнього атмосферного середовища. У зв'язку з цим вони повинні відповідати комплексу експлуатаційних вимог, зокрема: забезпечувати нормативні теплозахисні властивості; володіти достатньою теплостійкістю (тепловою інерцією), що обмежує амплітуду добових коливань температури на внутрішній поверхні стін; мати допустимі показники повітропроникності; підтримувати стабільний вологісний режим; не допускати утворення конденсаційної вологи на внутрішніх поверхнях; гарантувати належні санітарно-гігієнічні умови проживання та експлуатації будівель.

Широке впровадження багатошарових теплоефективних зовнішніх стін у практику проектування та будівництва житлових і громадських будівель стало наслідком суттєвого перегляду нормативних вимог до теплозахисту огороджувальних конструкцій, що відбувся в Україні протягом останнього десятиліття. Ключову роль у цьому процесі відіграє ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», який суттєво підвищив нормативні значення термічного опору зовнішніх стін і, відповідно, вимоги до конструктивних рішень огороджувальних конструкцій.

Зростання вимог до теплового захисту будівель і споруд свідчить про те, що використання традиційних теплоізоляційних матеріалів (мінеральної вати, екструдованого пінополістиролу тощо) за умов значного збільшення товщини теплоізоляційного шару стає технічно та економічно малоефективним. Це обумовлює необхідність пошуку та впровадження нових, більш раціональних і доступних способів утеплення будівель, які дозволяють досягати нормативних

показників теплозахисту без істотного ускладнення конструкцій та зростання вартості будівництва.

Теплопередача через огороджувальні конструкції будівель відбувається за наявності різниці температур між внутрішнім повітрям приміщень та зовнішнім середовищем і здійснюється у напрямку зсередини назовні в холодний період року та ззовні всередину – у теплий період. Теплопередача є сукупністю процесів переносу теплової енергії від більш нагрітих тіл до менш нагрітих і визначає рівень тепловтрат будівлі, що безпосередньо впливає на її енергоефективність.

Потреба у впровадженні сучасних енергозберігаючих проєктних рішень як у новому будівництві, так і в процесі термомодернізації існуючих об'єктів є одним із пріоритетних завдань будівельної галузі та науково-дослідної діяльності. Світова економіка гостро реагує на проблеми енергетичної безпеки, надійності та диверсифікації постачання паливно-енергетичних ресурсів. Водночас глобальні кліматичні зміни зумовлюють необхідність скорочення обсягів енергоспоживання, що безпосередньо пов'язано з майбутнім сталим розвитком суспільства.

Існуючий житловий фонд України є одним із найбільших споживачів енергоресурсів. За різними оцінками, витрати на житлово-комунальне господарство становлять до 40 % загального енергоспоживання держави. При цьому значна частина житлових будівель зведена за застарілими проєктами, що не відповідають сучасним вимогам енергоефективності, а потенціал енергозбереження у цій сфері залишається надзвичайно високим.

Основною причиною надмірних витрат енергоресурсів у житловому секторі є низька енергоефективність огороджувальних конструкцій будівель. Понад 85 % вартості комунальних послуг пов'язано з витратами на енергоносії, що зумовлює необхідність підвищення теплозахисних характеристик зовнішніх конструкцій будівель шляхом впровадження ефективних інженерно-технічних

рішень.

Систематичне посилення нормативних вимог до теплового захисту огорожувальних конструкцій підтверджує, що застосування традиційних теплоізоляційних матеріалів у значних товщинах є обмеженим за ефективністю.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** є розробка, обґрунтування та впровадження раціональних інженерно-технічних рішень з проектування теплоефективних огорожувальних конструкцій для багатоповерхових житлових будинків відповідно до чинних нормативних вимог щодо теплофізичних характеристик.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання таких завдань:

- проведення аналітичного огляду наукових і нормативних джерел та обґрунтування актуальності дослідження;
- аналіз нормативно-технічних вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій житлових будівель;
- виконання розрахунків теплофізичних параметрів елементів огорожувальних конструкцій і обґрунтування раціональних проектних рішень;
- техніко-економічна оцінка запропонованих конструктивних варіантів;
- розробка архітектурно-будівельних і конструктивних рішень житлового будинку;
- проектування технологічних процесів будівництва;
- розробка заходів з охорони праці та аналізу впливу надзвичайних ситуацій.

**Об'єкт дослідження** – теплотехнічні рішення багатошарових стін.

**Предмет дослідження** – інженерно-технічні рішення щодо визначення кількісних і якісних параметрів елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій та оцінка відповідності їх теплофізичних характеристик

нормативним вимогам.

### **Новизна роботи:**

- обґрунтовано та систематизовано фактори впливу на теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій будівель;
- запропоновано та розроблено нетрадиційні конструктивні рішення огорожувальних конструкцій, що відповідають сучасним експлуатаційним вимогам;
- розроблено раціональні проєктні рішення теплоефективних огорожувальних конструкцій для багатоповерхових житлових будинків.

### **Практичне значення**

Отримані результати запропонованих варіантів раціональних рішень з будівництва теплоефективних огорожувальних конструкцій в проєкті будівництва багатоповерхового житлового об'єкту, які відповідають чинним регламентованим нормативно-технічним вимогам забезпечать скорочення енерговитрат на період експлуатації будинку. Запроєктовано варіанти і розроблено принципові конструктивно-технічні рішення з будівництва теплоізолювальних покриттів в проєкті будівництва житлового будинку і обґрунтовано їх експлуатаційні параметри.

### **Публікації:**

1. Найчук О. В., Бікс Ю. С. Раціональні конструктивні рішення при проєктуванні багатошарових енергоефективних стін житлових будівель. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Енергоефективність в галузях економіки України-2025, Вінниця, 19-21 листопада 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26446/2179>

# РОЗДІЛ 1

## КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ, НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

### 1.1 Найкращі матеріали для огороджувальних конструкцій

У сучасному будівництві одним із ключових завдань є правильний вибір матеріалів для огороджувальних конструкцій, які повинні забезпечувати необхідний рівень енергоефективності, надійності, довговічності та стійкості до зовнішніх впливів. Від цього залежить теплова ефективність будівель, комфортні умови експлуатації та загальний ресурс конструкцій. Відповідно до сучасних технічних вимог і практичного досвіду застосування, рекомендовано декілька груп матеріалів, які зарекомендували себе як найбільш ефективні та конструктивно надійні [1].

Серед традиційних матеріалів широко використовуються бетон і залізобетон, візуалізацію яких наведено на рисунку 1.1. Ці матеріали характеризуються високою несучою здатністю, стійкістю до механічних навантажень і вогнестійкістю. Застосування модифікованих бетонних сумішей дає можливість досягати покращених теплоізоляційних показників, що позитивно позначається на енергоефективності будівельних конструкцій. Разом із тим бетон здатен реагувати на перепади температури появою усадкових тріщин, що потребує впровадження конструктивних заходів, таких як температурні шви або спеціальні добавки, які зменшують деформації.



Рисунок 1.1 – Стіна з бетону та залізобетону

Керамічні блоки, зображені на рисунку 1.2, займають важливе місце в сучасному житловому будівництві завдяки своїм природним теплоізоляційним властивостям. Пориста структура забезпечує низьку теплопровідність, а сам матеріал відзначається стійкістю до вологи та механічних впливів. Внутрішній мікроклімат у приміщеннях із керамічних блоків є сприятливим завдяки здатності матеріалу регулювати вологість. Попри значні переваги, керамічні блоки мають вищу вартість порівняно з цеглою, а їх укладання потребує відповідної кваліфікації, що впливає на загальні витрати будівництва.



Рисунок 1.2 – Стіна з керамічних блоків

Особливу увагу привертає деревина, яку представлено на рисунку 1.3. Це природний і екологічний матеріал із високими теплоізоляційними характеристиками, що сприяє створенню здорового мікроклімату в приміщеннях. Завдяки сучасним технологіям обробки деревина отримує підвищений захист від біологічних пошкоджень, надмірної вологості та вогню. Разом із тим дерев'яні конструкції потребують регулярного догляду, оновлення захисних покриттів та контролю експлуатаційних умов, оскільки без належного захисту можливі деформації та зниження довговічності [2,3].

Сендвіч-панелі, представлені на рисунку 1.4, широко застосовуються в промисловому та комерційному будівництві завдяки малій вазі, високій модульності та швидкому монтажу. Наявність внутрішнього теплоізоляційного шару (мінеральна вата, PIR або пінополіуретан) забезпечує ефективні теплотехнічні властивості конструкцій. Сендвіч-панелі є зручними у транспортуванні, адаптивними до різних архітектурних рішень, проте мають обмежену стійкість до механічних пошкоджень порівняно з монолітними мінеральними матеріалами. Крім того, стики між панелями потребують ретельного контролю для запобігання тепловтратам.



Рисунок 1.3 – Стіна з деревини



Рисунок 1.4 – Стіна з сендвіч-панелей

До групи природних і відновлюваних матеріалів відносяться солом'яні блоки та інші біоматеріали, візуалізацію яких наведено на рисунку 1.5. Вони характеризуються високою теплоізоляційною здатністю, низькою енергоємністю виробництва та екологічністю. Матеріали цього типу забезпечують сприятливий повітряний і вологісний режим у приміщеннях завдяки природній паропроникності [2]. Водночас їх застосування потребує спеціальних умов зберігання, ретельного захисту від вологи й вогню, а також відповідної підготовки будівельних фахівців.

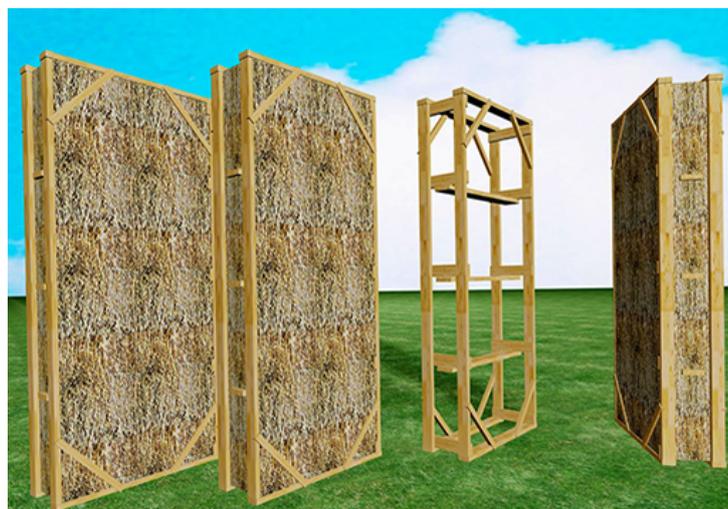


Рисунок 1.5 – Стіна з екологічних матеріалів

Узагальнюючи, вибір матеріалів для огорожувальних конструкцій має базуватися на технічних характеристиках, експлуатаційних властивостях, вимогах проекту та особливостях подальшої експлуатації будівлі. Раціональне застосування конструкційних матеріалів дозволяє підвищити енергоефективність об'єкта, забезпечити його надійність та довговічність, а також оптимізувати економічні витрати під час будівництва та експлуатації.

## 1.2 Технічні підходи та нормативні вимоги до влаштування огорожувальних конструкцій

Розроблення та влаштування огорожувальних конструкцій є одним із ключових етапів проектування будівель та споруд. Сучасні нормативні вимоги передбачають підвищений рівень теплоізоляційних, вологоізоляційних і конструктивних характеристик, що забезпечують надійну експлуатацію будівель та їх довговічність. З огляду на це, вибір матеріалів, конструктивних рішень і технологій виконання робіт має здійснюватися з урахуванням експлуатаційних навантажень, вимог енергоефективності та безпеки, передбачених чинними стандартами та галузевими рекомендаціями [4-6].

Одним із основних аспектів є вибір матеріалів для огорожувальних конструкцій. Бетон і залізобетон традиційно застосовуються як базові конструкційні матеріали завдяки високій несучій здатності, довговічності та стійкості до механічних впливів. Використання легких бетонів дозволяє зменшити навантаження на фундамент, що особливо важливо для будівель із підвищеними теплотехнічними вимогами. Значного поширення набули також керамічні блоки, які завдяки пористій структурі забезпечують ефективні теплоізоляційні властивості та стабільний мікроклімат у приміщенні. Їх стійкість до вологи та хімічних впливів робить їх надійним матеріалом для зовнішніх стін. У випадках, коли необхідний швидкий монтаж конструкцій, доцільно

застосовувати сендвіч-панелі, що відзначаються малою масою, високою теплоізоляційною здатністю та зручністю монтажу, що дозволяє скоротити терміни виконання будівельно-монтажних робіт. Використання деревини як матеріалу для огорожувальних конструкцій також є поширеним рішенням, однак потребує додаткових заходів щодо її захисту від вологи, шкідників та біологічного руйнування, що регламентується відповідними нормативами [3].

Наступним важливим елементом є забезпечення необхідного рівня теплоізоляції. Відповідно до вимог оновлених норм [7], мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх стін для I температурної зони має становити не менше  $4,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а для II температурної зони — не менше  $3,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Це потребує застосування високоефективних теплоізоляційних матеріалів та раціональних конструктивних рішень, які забезпечують мінімальні тепловтрати протягом холодного періоду року та оптимальні енерговитрати під час експлуатації будівлі. Усі проєктні рішення повинні враховувати ці вимоги, щоб гарантувати відповідність будівель енергетичним показникам.

Окрему увагу приділяють забезпеченню вологостійкості огорожувальних конструкцій. Наявність вологи може негативно впливати на теплотехнічні властивості матеріалів, сприяти корозії та прискорювати руйнування конструкцій. Тому важливим є використання водонепроникних матеріалів, пароізоляційних прошарків, гідрофобних покриттів та належне влаштування дренажних систем, що запобігають накопиченню води біля фундаментних конструкцій і стін. Таке технічне рішення забезпечує стабільність експлуатаційних показників будівлі та зменшує ризики передчасних деформацій.

Проєктування огорожувальних конструкцій повинно також враховувати вплив вітрових навантажень. Конструкції мають бути достатньо жорсткими, щоб забезпечувати стійкість будівлі при різних вітрових режимах. Для цього застосовують відповідні матеріали, технології армування, підсилення стін та

інші конструктивні рішення, які гарантують експлуатаційну безпеку об'єкта навіть за умов значних динамічних впливів.

Невід'ємним аспектом проєктування є забезпечення необхідного рівня вогнестійкості огорожувальних конструкцій. Згідно з чинними будівельними нормами, оболонка будівлі повинна складатися з матеріалів, що належать до груп негорючості або важкогорючості, а конструктивні рішення мають унеможливити поширення вогню між приміщеннями та поверхами. Це досягається шляхом застосування спеціальних вогнезахисних матеріалів, обробок і технологічних рішень, які підвищують межу вогнестійкості несучих та огорожувальних елементів.

Таким чином, раціональний підхід до вибору матеріалів, параметрів теплоізоляції, вологостійкості, жорсткості та вогнестійкості огорожувальних конструкцій забезпечує надійність та довговічність будівель. Дотримання сучасних нормативних вимог і рекомендацій дозволяє підвищити енергоефективність об'єктів, оптимізувати витрати на будівництво та забезпечити безпечні умови експлуатації.

### 1.3 Які сучасні технології використовують для підвищення енергоефективності будівель

Сучасні технології відіграють ключову роль у підвищенні енергоефективності будівель, забезпечуючи оптимальні умови експлуатації, зменшення енергоспоживання та підвищення загальної ефективності інженерних систем. Застосування інноваційних матеріалів, автоматизованих систем управління та відновлюваних джерел енергії дає змогу суттєво скоротити витрати на опалення, охолодження, освітлення та вентиляцію, що відповідає вимогам сучасних нормативів у сфері енергозбереження [8].

Одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності є використання високоефективних теплоізоляційних матеріалів. Застосування утеплювачів із підвищеними теплотехнічними показниками — пінополістиролу, мінеральної вати, пінополіізоціанурату або екологічних утеплювачів природного походження — значно зменшує тепловтрати через огорожувальні конструкції. Поліпшена теплоізоляція сприяє підтриманню стабільного внутрішнього мікроклімату впродовж року та знижує енерговитрати на опалення і кондиціювання, що підтверджується чинними теплотехнічними розрахунками та нормативними вимогами [7].

Важливим елементом сучасних будівельних рішень є автоматизовані системи управління інженерними мережами. Системи типу «розумний дім» забезпечують комплексний контроль роботи опалювального обладнання, вентиляційних установок, систем кондиціювання та освітлення. За допомогою датчиків, програмованих сценаріїв і аналітики вони оптимізують споживання енергії залежно від фактичної присутності людей у приміщеннях, часу доби, режимів роботи устаткування та інших параметрів. Це забезпечує раціональне використання енергоресурсів, підвищує комфорт та зменшує експлуатаційні витрати.

Значний потенціал у сфері енергозбереження мають технології, що ґрунтуються на використанні відновлюваних джерел енергії. Інтеграція сонячних панелей у систему електропостачання будівлі дозволяє частково або повністю компенсувати споживання електроенергії від зовнішніх мереж, забезпечуючи додаткову автономність та економічність. Фотоелектричні модулі сучасного типу демонструють високу продуктивність навіть за умов мінливої інсоляції та забезпечують довготривалу експлуатацію. Додатковим засобом енергозабезпечення можуть бути малі вітрові електроустановки, що особливо ефективні у регіонах з достатніми вітровими ресурсами. Їх інтеграція у загальну систему будівлі дозволяє формувати комбіновані енергетичні комплекси.

Важливою альтернативою традиційним системам опалення є теплові насоси, зокрема повітряні та геотермальні. Вони використовують природний потенціал тепла ґрунту або зовнішнього повітря, що забезпечує високий коефіцієнт перетворення енергії. Теплові насоси здатні ефективно обігрівати та охолоджувати будівлю без значних витрат електроенергії, завдяки чому їх застосування стає економічно виправданим у довгостроковій перспективі. Вони також дозволяють інтегруватися з системами теплої підлоги, фанкойлами й акумуляційними баками, підвищуючи загальну ефективність будівлі.

Суттєвого значення у системах енергоощадного будівництва набуває впровадження енергоефективного освітлення. Світлодіодні (LED) лампи мають низьке енергоспоживання, тривалий ресурс роботи та мінімальні теплові втрати. Це дозволяє знизити навантаження на електричні мережі та оптимізувати витрати на експлуатацію освітлювального обладнання, підвищуючи комфорт та безпеку користувачів [4-6].

Вентиляційні системи з рекуперацією тепла також є важливою складовою енергоефективної інфраструктури будівель. Завдяки рекуператорам тепла енергія відпрацьованого повітря повертається в систему для підігріву свіжих повітряних потоків, що подаються до приміщень. Це дає змогу істотно зменшити втрати тепла під час вентиляції й забезпечити постійне надходження очищеного та підігрітого повітря без додаткових витрат на енергоносії.

Таким чином, застосування сучасних технологій – високоефективних теплоізоляційних матеріалів, автоматизованих систем керування, відновлюваних джерел енергії, теплових насосів, LED-освітлення та рекупераційних систем – формує комплексний підхід до підвищення енергоефективності будівель. Їх інтеграція забезпечує зменшення енерговитрат, оптимізацію експлуатаційних процесів і підвищення загального рівня комфорту та технологічності будівель.

## Висновок за розділом 1

У результаті проведеного аналізу встановлено, що ефективність огорожувальних конструкцій будівель визначається раціональним вибором матеріалів, дотриманням нормативно-технічних вимог і застосуванням сучасних енергоефективних технологій. Розглянуті матеріали (бетон, залізобетон, керамічні блоки, деревина, сендвіч-панелі та екологічні біоматеріали) мають різні конструктивні властивості, що дозволяє обирати оптимальні рішення залежно від призначення та умов експлуатації будівлі. Дотримання вимог чинних нормативів, зокрема щодо опору теплопередачі, вогнестійкості, волого- та міцнісних характеристик, забезпечує безпечну та довговічну експлуатацію споруд. Впровадження сучасних технологій енергозбереження сприяє зниженню енергоспоживання, підвищенню комфорту та ефективності інженерних систем. Загалом комплексний підхід до проектування огорожувальних конструкцій дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати та забезпечити сталий розвиток будівельної галузі.

## РОЗДІЛ 2

### ОЦІНКА ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ВПЛИВ ПРОЄКТНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЧИННИКІВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ

2.1 Роль об'ємно-планувального рішення та огорожувальних конструкцій у забезпеченні енергоекономічності будівель

Індустріалізація будівництва є одним із ключових напрямів розвитку галузі, що передбачає перехід від традиційних технологій до механізованих та автоматизованих процесів зведення будівель і споруд. Такий підхід охоплює широке використання готових конструктивних елементів, збірних блоків, а також ефективних систем монтажу, які забезпечують високу швидкість виконання робіт і стабільно високий рівень якості конструкцій. Однією з основних вимог сучасного будівництва є формування комплексних будівельних рішень, у тому числі вискоефективних огорожувальних конструкцій, теплотехнічні характеристики яких мають сприяти енергозбереженню протягом усього періоду експлуатації будівлі [8].

Разом із розвитком індустріальних технологій удосконалюються й традиційні будівельні рішення, що стосуються конструкцій стін, перегородок, перекриттів та покрівель. Широко застосовуються залізобетонні елементи, азбестоцементні листи, багатошарові панелі, різні типи цегли та керамічного каменю. У міжнародній практиці, зокрема у Фінляндії, США, Швеції, активно використовуються рекомендації щодо мінімізації енергоспоживання за рахунок грамотного об'ємно-планувального рішення. Особлива увага приділяється оптимальним пропорціям будівлі: мінімальному співвідношенню довжини до ширини, раціональній конфігурації поверхів і скороченню площі зовнішніх огорожувальних конструкцій відносно об'єму будівлі. Такі заходи дозволяють

значно зменшити тепловтрати, що позитивно впливає на витрати на опалення, кондиціювання та загальну енергоекономічність.

Сучасна будівля розглядається як інтегрована теплоенергетична система, до складу якої входять огорожувальні конструкції, системи опалення, вентиляції, кондиціювання та різні види технологічного обладнання. Для підвищення ефективності цієї системи широко застосовується математичне моделювання, яке дозволяє оцінювати теплові потоки, визначати величину тепловтрат через стіни, покрівлю, перекриття та прорізи, а також оптимізувати параметри інженерних систем із урахуванням фактичних експлуатаційних умов [9].

Стіни як базовий елемент огорожувальних конструкцій відіграють визначальну роль у формуванні загальної теплоефективності будівлі. Розвиток технологій у цій сфері охоплює збільшення розмірів монтажних елементів, застосування високоефективних утеплювачів, використання листових і багатошарових матеріалів. Одним із сучасних рішень є тришарові панелі на гнучких зв'язках, у яких зовнішній шар може бути виконаний із силікатної цегли, облицювальних матеріалів або порожнистих керамічних блоків. Така конструкція забезпечує не лише високі теплотехнічні показники, але й підвищує архітектурно-естетичну виразність фасадів житлових, громадських та адміністративних будівель.

Важливими елементами огорожувальних конструкцій є також вікна, двері, ліхтарі та ворота. Їх конструкція безпосередньо впливає на показники енергоефективності. Розробка сучасних світлопрозорих конструкцій передбачає застосування енергозберігаючих склопакетів, профільних систем із підвищеним опором теплопередачі, інноваційних ущільнювальних систем та засобів регулювання повітрообміну. Окрім теплотехнічних якостей, такі елементи мають відповідати естетичним вимогам та вимогам довговічності, щоб уникнути

морального старіння будівель і забезпечити стабільні експлуатаційні властивості протягом тривалого часу.

З огляду на вітчизняний і міжнародний досвід, існує можливість вибору найбільш ефективних моделей огорожувальних конструкцій, які забезпечують оптимальний баланс між економічністю, функціональністю та надійністю. Для будівель України актуальним є застосування раціональних об'ємно-планувальних рішень і конструкцій заповнення каркаса, які дозволяють мінімізувати рівень енергоспоживання, необхідний для опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення приміщень. Ефективність таких рішень підтверджується технічними розрахунками та практичним досвідом впровадження у сучасному будівництві.

## 2.2 Огляд сучасних шляхів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель

Аналіз сучасного стану громадських будівель, зокрема закладів загальної середньої освіти в містах України, дозволив систематизувати основні типи об'єктів та здійснити їх класифікацію за функціональним призначенням, об'ємно-планувальними характеристиками, масштабом, характером розміщення в міській структурі, поверховістю, типом інженерного забезпечення та просторовою організацією. Проведена класифікація дала змогу визначити характерні архітектурно-планувальні та конструктивні особливості кожного типу будівель і встановити їх взаємозв'язок із рівнем енергоефективності.

У результаті дослідження встановлено, що найбільш поширеними є середньо- та багатоповерхові будівлі шкіль з коридорними або секційними планувальними схемами. Такі об'єкти, як правило, характеризуються значними площами огорожувальних конструкцій, складною конфігурацією об'ємно-просторової структури та застарілими інженерними системами, що обумовлює

підвищені тепловтрати. Водночас зазначені типи будівель мають значний потенціал підвищення енергоефективності шляхом оптимізації геометричної форми будівлі та наближення її до компактної, що сприяє зменшенню питомих тепловтрат [10].

Для будівель такого типу доцільним є підвищення об'ємно-просторової гнучкості, формування енергоефективних навчальних кластерів, створення зручних зон спільного та індивідуального використання, а також посилення архітектурної виразності будівель з урахуванням сучасних вимог до освітнього середовища. Зазначені заходи дозволяють не лише знизити енергоспоживання, а й покращити функціональні та експлуатаційні характеристики навчальних закладів.

На основі аналізу європейського досвіду проєктування та експлуатації енергоефективних шкіл визначено ключові принципи сучасного підходу до формування таких об'єктів. До них належать раціональне використання енергоресурсів, відповідність чинним нормативам з енергоефективності, екологічна доцільність проєктних рішень, застосування гнучких архітектурно-планувальних схем, а також використання ефективних конструкцій, інженерних технологій і сучасних будівельних матеріалів.

Узагальнення міжнародного досвіду дало змогу сформувати класифікацію енергоефективних будівель за рівнем енергоспоживання. Найвищі показники демонструють пасивні будівлі, школи з майже нульовим енергоспоживанням (NZEB), а також об'єкти з надлишковим енергетичним балансом (Energy+), які забезпечують власні потреби за рахунок відновлюваних джерел енергії. Зазначені підходи можуть бути адаптовані до умов України шляхом удосконалення архітектурно-планувальних, об'ємно-просторових, конструктивних і технічних рішень при реконструкції та новому будівництві закладів освіти.

Перед впровадженням заходів з енергомодернізації необхідно виявити та проаналізувати чинники, що негативно впливають на експлуатаційну надійність будівель і ефективність роботи інженерних систем. На основі результатів технічного обстеження та енергетичного аналізу формується програма енергетичної модернізації, яка передбачає поетапне виконання ремонтних і термомодернізаційних заходів із визначенням термінів реалізації та фінансових витрат. У випадку наявності суттєвих дефектів конструкцій або інженерних мереж першочергово виконуються роботи з відновлення їхньої надійності, після чого впроваджуються енергозберігаючі заходи.

Розробка ефективних рішень з енергомодернізації ґрунтується на результатах аналізу технічного стану будівель, даних енергетичних обстежень (енергоаудиту) та теплотехнічних розрахунків, виконаних відповідно до вимог чинних ДБН і ДСТУ. До комплексу технічних заходів належать підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій, модернізація систем тепло- та водопостачання, вентиляції, а також впровадження систем обліку й автоматичного регулювання споживання енергоресурсів і води.

Теплоізоляція зовнішніх стін будівель шкіль може здійснюватися із застосуванням плит зі спіненого полістиролу, мінераловатних плит у складі фасадних систем з вентильованим повітряним прошарком або плит із піноскла. Для утеплення покрівель і перекриттів над підвальними приміщеннями доцільно використовувати мінераловатні плити, піноскло або пінополіуретан із обов'язковим улаштуванням шарів паро- та вогнезахисту. Крім того, передбачаються заміна застарілих віконних і дверних блоків на енергоефективні, утеплення тамбурів та усунення теплових мостів у вузлах примикання конструкцій.

Модернізація інженерних систем включає встановлення автоматичних регуляторів теплового потоку, теплоізоляцію трубопроводів, реконструкцію індивідуальних теплових пунктів із впровадженням сучасного обладнання

(пластинчастих теплообмінників, автоматизованих вузлів керування), а також використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних колекторів для гарячого водопостачання. Окрему увагу приділяють автоматизації систем вентиляції з використанням рекуперації тепла, що дозволяє суттєво зменшити тепловтрати при забезпеченні нормативних параметрів повітрообміну [13].

Ефективні термомодернізаційні рішення повинні враховувати кліматичні особливості регіону, санітарно-гігієнічні вимоги до мікроклімату навчальних приміщень, фактичний технічний стан будівель і рівень зношеності інженерного обладнання. Для досягнення максимального енергозбереження та оптимізації фінансових витрат усі заходи доцільно об'єднувати в комплексні пакети модернізації, що забезпечують системний підхід до підвищення енергоефективності закладів загальної середньої освіти.

### 2.3 Огляд сучасних методів підвищення рівня енергоефективності житлових будівель

Аналіз поточного стану громадських будівель України, зокрема закладів освіти, дав можливість класифікувати об'єкти за функціональним призначенням, обсягами, типологією просторової організації, поверховістю та особливостями інженерного забезпечення. Така класифікація дозволила виділити характерні параметри будівель різних типів та встановити їхній взаємозв'язок із рівнем енергоефективності. Виявлено, що найбільш поширеними є середньо- та багатоповерхові споруди з коридорними та секційними планувальними схемами, які мають значний потенціал для підвищення енергоекономічних показників шляхом оптимізації форми та наближення її до компактних геометричних конфігурацій. Для таких споруд особливо важливою є підвищена об'ємно-просторова гнучкість, створення енергоефективних навчальних кластерів,

раціональна організація зон індивідуального та спільного користування, а також підвищення архітектурної виразності фасадів і внутрішніх просторів.

Дослідження сучасного європейського досвіду проектування енергоефективних громадських будівель, у тому числі шкіл, засвідчило наявність низки принципових характеристик, які визначають рівень енергетичної результативності. До них належать раціональне використання енергоресурсів, відповідність чинним нормам енергоефективності, застосування екологічних матеріалів, гнучких об'ємно-планувальних рішень та високоефективних конструкційних систем. Архітектурні рішення орієнтуються на зменшення тепловтрат, ефективну організацію природного освітлення, оптимізацію інсоляційних характеристик та впровадження сучасних технологій управління інженерними системами.

На основі узагальнення міжнародного досвіду сформовано класифікацію провідних типів енергоефективних будівель. Найвищі показники демонструють будинки категорій «пасивний будинок» (Passive House), NZEB (будівлі з майже нульовим енергоспоживанням) та об'єкти класу Energy+, які генерують надлишкову енергію та здатні забезпечувати власні системи або підключатися до зовнішніх мереж як джерело енергії [14]. Зазначені концепції можуть бути адаптовані до вітчизняної практики шляхом удосконалення об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, орієнтованих на підвищення енергоефективності українських будівель.

Перед впровадженням заходів енергомодернізації необхідно визначити чинники, що негативно впливають на технічний стан споруди та ефективність функціонування інженерних мереж. На основі отриманих даних формується програма енергетичної модернізації, що включає перелік ремонтних, реконструктивних та термомодернізаційних заходів із зазначенням строків реалізації та відповідного фінансування. У разі наявності суттєвих дефектів чи зниженої експлуатаційної надійності першочергово необхідно усунути ці

проблеми, після чого може бути реалізований повний комплекс модернізаційних рішень.

Розроблення ефективних заходів енергомодернізації базується на результатах технічного обстеження будівлі, енергетичних аудитів та теплотехнічних розрахунків, виконаних відповідно до вимог ДБН та ДСТУ. Комплекс технічних заходів охоплює підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій, модернізацію систем теплопостачання та водопостачання, вентиляції, а також удосконалення засобів обліку та регулювання споживання енергії та води.

Термоізоляція зовнішніх стін здійснюється із застосуванням пінополістирольних плит, мінераловатних матеріалів із вентильованим повітряним прошарком або панелей з піноскла. Для утеплення покрівель і перекриттів підвальних приміщень використовуються мінераловатні плити, пінополіуретан або піноскло з належним улаштуванням пароізоляційних та вогнезахисних шарів. Додатково передбачено встановлення енергозберігальних віконних та дверних блоків, утеплення тамбурів, заміну застарілих теплоізоляційних систем і ліквідацію наявних «містків холоду».

Модернізація інженерних систем включає такі заходи [15]:

- встановлення автоматичних регуляторів теплового потоку з можливістю програмного управління;
- термоізоляція трубопроводів систем теплопостачання;
- реконструкція індивідуальних теплових пунктів із впровадженням сучасних теплообмінників, включно з пластинчастими водонагрівачами;
- можливе застосування сонячних колекторів для забезпечення гарячого водопостачання;
- автоматизація вентиляційних систем із використанням рекуператорів тепла.

Вибір конкретних термомодернізаційних заходів враховує санітарно-гігієнічні вимоги внутрішнього мікроклімату, технічний стан конструкцій, енергоаудиторські показники та особливості місцевих умов. Для оптимізації витрат та досягнення максимального ефекту всі заходи доцільно сформувати у комплексні пакети, що дозволяє ефективно планувати реалізацію програми та забезпечити суттєве зниження енергоспоживання будівель.

#### 2.4 Сучасні вимоги до зовнішніх елементів огорожувальних конструкцій житлових будівель

Станом на сьогодні в Україні налічується понад 25 тис. житлових будинків, зведених у 1950–1970 роках за типовими проєктами ранніх масових серій великопанельного, цегляного та блокового домобудування. Загальна площа цих споруд перевищує 70 млн м<sup>2</sup>, що становить приблизно чверть міського житлового фонду країни і потребує комплексної реконструкції та модернізації. У контексті сучасних вимог до ефективного теплозабезпечення та енергозбереження проєктування будівель із підвищеними вимогами до теплового режиму внутрішніх приміщень визначено одним із пріоритетних напрямів розвитку будівельної науки. Значна різноманітність багатошарових огорожувальних конструкцій та теплотехнічних неоднорідностей у сучасних будівлях актуалізує необхідність застосування розрахункових методів, здатних враховувати індивідуальну специфіку конструкцій і вузлів у межах кожного окремого приміщення [1].

Проблематика теплоізоляції має складний юридичний, технічний та практичний характер. У незалежності від того, чи йдеться про ремонт, реконструкцію або нове будівництво, вимоги щодо теплоізоляції є обов'язковими. Перед вибором ізоляційних матеріалів необхідно враховувати чинні законодавчі норми, спрямовані на мінімізацію енергоспоживання та

забезпечення належного теплового захисту огорожувальних конструкцій. В Україні вимоги до мінімального теплового захисту регламентуються державними будівельними нормами. Крім того, наявні державні програми та механізми співфінансування, які стимулюють впровадження енергоефективних заходів у житловому будівництві, включаючи утеплення зовнішніх стін, підлог і горищ, заміну вікон та дверей, а також модернізацію систем теплогенерації з переходом на відновлювані джерела енергії.

За оцінками експертів, близько третини загального енергоспоживання в Україні припадає на будівельний сектор, зокрема на опалення та охолодження житлових і громадських будівель. У країнах ЄС з 2020 року для новобудов встановлено вимогу відповідності стандартам низькоенергетичних будівель, що передбачає мінімізацію споживаної енергії, використання високоефективних систем та, за можливості, відновлюваних джерел. В Україні активно впроваджується концепція пасивних будинків, які завдяки використанню пасивних джерел тепла – сонячного випромінювання, відпрацьованого тепла тощо – споживають значно менше енергії, ніж встановлено нормативами. Для таких будинків передбачені державні програми підтримки та фінансування.

Під час планування заходів термомодернізації доцільно враховувати рік побудови будинку. Споруди, зведені після 1994 року, як правило, відповідають мінімальним вимогам щодо теплоізоляції дахів, огорожувальних конструкцій та світлопрозорих елементів. Натомість будівлі, зведені раніше, потребують першочергової заміни вікон і утеплення фасадів, що дає можливість значно скоротити витрати на опалення. Ключовим показником енергоефективності є ступінь оптимізації теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій.

Грамотне планування ремонтно-ізоляційних заходів дозволяє уникнути типових помилок, зокрема заміни вікон без утеплення фасаду, що може спричинити появу конденсату на внутрішніх поверхнях та розвиток цвілі. Лише

комплексне виконання робіт – одночасна модернізація фасаду та заміна вікон – забезпечує суттєве зниження тепловтрат та підвищення експлуатаційного комфорту.

Однією з поширених проблем є неякісне виконання теплоізоляційних робіт. Ізоляційні матеріали повинні відповідати вимогам екологічної безпеки, а монтаж має здійснюватися з дотриманням технологічних регламентів. Особливої уваги потребує задувна ізоляція порожнин, яка дозволяє ефективно утеплювати важкодоступні ділянки старих будівель. При цьому категорично заборонено використовувати матеріали, що містять шкідливі домішки, а також паронепроникні утеплювачі, які можуть спричинити накопичення вологи в стіні та розвиток цвілевих уражень. Оптимальним рішенням є застосування негорючої мінеральної вати з високою паропроникністю [5].

Процес утеплення старих будинків є технічно складним і потребує професійної підготовки. Правильно виконані теплоізоляційні роботи забезпечують значне скорочення витрат на опалення та підвищують рівень комфортності проживання. Важливо враховувати, що ефективність утеплення не залежить виключно від товщини шару матеріалу, а визначається його властивостями. Панелі із пінополістиролу, поліуретану чи кам'яної вати кріпляться до фасаду з обов'язковим дюбелюванням і подальшим штукатуренням. Мінімально рекомендована товщина становить не менше 100 мм.

У низці випадків утеплення виконується зсередини – наприклад, якщо будівля є пам'яткою архітектури. Такі роботи потребують ретельного продумування для уникнення утворення теплових містків.

На сучасному ринку представлено близько 20 видів теплоізоляційних матеріалів. Найпоширенішими є мінеральна вата та полістирол, що разом охоплюють до 90 % ринку. Полістирол найчастіше використовують для фасадів, тоді як мінеральна вата – для дахових конструкцій через її негорючість.

Матеріали з відновлюваної сировини мають екологічні переваги, однак, як правило, дорожчі та застосовуються рідше.

Екологічний ефект утеплення потребує всебічної оцінки. Зменшення споживання енергії впродовж експлуатації будівлі компенсує енергозатрати на виробництво утеплювачів. При цьому деякі екологічні матеріали (конопляне волокно, целюлоза) мають навіть від'ємний баланс CO<sub>2</sub> завдяки накопиченню вуглецю в процесі росту сировини. Разом із тим оцінка життєвого циклу утеплювачів ускладнюється через відсутність повних даних щодо утилізації, варіативність монтажних умов і можливу наявність домішок, що впливають на екологічність матеріалу.

Таким чином, теплоізоляція будівель є комплексним інженерним завданням, яке потребує системного підходу, професійного виконання та врахування технічних, економічних і екологічних чинників. Правильно обрані та встановлені теплоізоляційні системи забезпечують значне скорочення енергоспоживання, підвищення рівня експлуатаційного комфорту та економічну доцільність модернізації будівель [7].

Для запобігання утворенню конденсаційної вологи на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій необхідно забезпечити таку умову, за якої температура внутрішньої поверхні конструкції не буде нижчою за температуру точки роси внутрішнього повітря. Зазначена вимога повинна виконуватися при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для холодного періоду року та нормативному значенні відносної вологості внутрішнього повітря, яке для житлових і громадських будівель, зокрема навчальних закладів, приймається на рівні 60 % [5].

Дотримання цієї умови є обов'язковим, оскільки зниження температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції нижче температури точки роси призводить до випадання вологи у вигляді конденсату. Це, у свою чергу, негативно впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, сприяє розвитку

грибка і плісняви, погіршує мікроклімат, а також знижує експлуатаційну надійність і довговічність будівельних матеріалів.

Умова відсутності конденсації може бути сформульована через обмеження граничного теплового потоку, що проходить крізь огорожувальну конструкцію. При цьому тепловий потік повинен бути таким, щоб температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею конструкції не призводив до досягнення температури точки роси. Фізично це означає, що термічний опір огорожувальної конструкції має забезпечувати достатній рівень теплозахисту за найменш сприятливих розрахункових умов холодного періоду року.

Таким чином, умову відсутності конденсації можна виразити через граничне значення щільності теплового потоку, яке визначається співвідношенням між температурою внутрішнього повітря, температурою точки роси та приведеним термічним опором огорожувальної конструкції. Виконання цієї умови є одним із ключових критеріїв теплотехнічної придатності конструктивних рішень і повинно перевірятися на етапі проєктування шляхом відповідних теплотехнічних розрахунків згідно з вимогами чинних нормативних документів [16].

$$q_{ep} = \alpha_{вн} (t_{вн} - \tau_{т.р}), \quad (2.1)$$

де  $q_{ep}$  - граничний тепловий потік, який визначається з конденсації парів на поверхні огородження,  $Вт/м^2$ ;

$\alpha_{вн}$  - коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні огородження,  $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$t_{вн}$  - температура внутрішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$\tau_{m,p}$  - температура точки роси внутрішньої поверхні огороження при розрахунковій величині відносної вологості внутрішнього повітря, °C.

Розробки методів оцінки опору теплопередачі стін з теплотехнічними неоднорідностями присвячені роботи [5-9].

В нормативній літературі приведений опір теплопередачі неоднорідної огорожувальної конструкції рекомендується визначати за формулою 2.2.

$$R_0 = \frac{t_e - t_3}{q^p} \quad (2.2)$$

де  $t_e$  - розрахункова температура внутрішнього повітря, °C;

$t_3$  - розрахункова температура зовнішнього повітря, °C;

$q^p$  - розрахунковий тепловий потік,  $Вт/м^2$ , що визначається за залежністю:

$$q^p = \alpha_e (t_e - \bar{\tau}_e) \quad (2.3)$$

де  $\alpha_e$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $Вт/(м^2 \cdot °C)$ ;

$\bar{\tau}_e$  - середня температура внутрішньої поверхні зовнішнього огороження, °C.

Для зовнішніх панельних стін житлових будинків допускається величину приведенного опору теплопередачі визначати по залежності [16]:

$$R_0 = R'_0 \cdot r \quad (2.4)$$

де  $R_0'$  - опір теплопередачі панельних стін, умовно визначаються без врахування теплопровідних включень,  $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$ ;

$r$  - коефіцієнт, який враховує вплив теплопровідних неоднорідностей, який приймається на основі розрахунку температурного поля або експериментально.

З аналізу формул (2.3) та (2.4) випливає, що визначення відповідних параметрів, які враховують вплив теплопровідних включень та неоднорідностей огорожувальних конструкцій, є достатньо трудомістким процесом. У зв'язку з цим обчислення приведенного опору теплопередачі при проектуванні огорожувальних конструкцій навіть за умови відомих теплотехнічних характеристик матеріалів і геометричних параметрів теплопровідних включень становить значну інженерну складність. Недостатнє врахування зазначеного чинника на стадії проектування може призвести до суттєвого зниження фактичних показників теплозахисту будівлі порівняно з проєктними значеннями.

Для будівель, що перебувають в експлуатації протягом 10–20 років, вплив теплотехнічних неоднорідностей, як правило, не враховувався або враховувався спрощено, що призвело до підвищення фактичних тепловтрат на 22–25 % відносно проєктних показників. За результатами обстежень встановлено, що фактичне значення опору теплопередачі зовнішніх панельних стін у середньому на 20 % нижче за проєктне [16]. Така невідповідність між розрахунковими та фактичними показниками теплозахисту зумовлена не лише проєктними похибками, але й сукупністю технологічних та будівельно-монтажних факторів.

Допущення дефектів під час виготовлення та монтажу збірних конструкцій може спричиняти зниження теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій до 20 %. Основними причинами цього є виготовлення будівельних матеріалів з підвищеною, порівняно з проєктною,

теплопровідністю; зменшення фактичної товщини теплоізоляційного шару; укладання штучних утеплювачів із підвищеною вологістю; наявність зазорів між теплоізоляційними плитами з подальшим заповненням їх бетоном або розчином з високою теплопровідністю; недостатня щільність утеплювача, що призводить до утворення порожнин, а згодом — мікротріщин у конструкції.

У багатьох випадках зафіксовано промерзання зовнішніх стін, зумовлене порушенням товщини зовнішнього захисного шару штукатурки або повною відсутністю теплоізоляційного шару, а також відхиленнями геометричних розмірів панелей, викривленнями та сколами торцевих частин елементів (рис. 1.1). Наявність каверн і внутрішніх порожнин у матеріалі стін сприяє розвитку тріщин, проникненню вологи та подальшому погіршенню теплоізоляційних і експлуатаційних властивостей огорожувальних конструкцій.

Під час будівництва також допускається низка дефектів, які суттєво знижують теплозахисні властивості будівель. До основних із них належать відсутність або неякісне виконання пароізоляції, недостатня гідрофобна обробка фасадних поверхонь, низька якість робіт із герметизації стиків між панелями та конструктивними елементами, а також порушення технології виконання опоряджувальних робіт.

Узагальнюючи результати аналізу, всі фактори, що визначають фактичний стан теплозахисту будівлі, доцільно поділити на такі групи [16]:

- проєктні, пов'язані зі старінням нормативної бази та помилками або спрощеннями при теплотехнічних розрахунках;
- технологічні, зумовлені відхиленнями від вимог під час виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій, а також порушенням умов їх зберігання;

- будівельно-монтажні, пов'язані з неякісним транспортуванням виробів, порушенням технології монтажу та недостатнім контролем якості виконання робіт;
- експлуатаційні, що виникають унаслідок дії атмосферних факторів, вологонакопичення, температурних деформацій та побутових впливів у процесі тривалої експлуатації будівлі.

Комплексний облік зазначених факторів є необхідною умовою забезпечення нормативного рівня теплозахисту будівель та підвищення їхньої енергоефективності як на етапі проєктування, так і під час реконструкції та термомодернізації існуючого житлового і громадського фонду.

## Висновок за розділом 2

Проведений аналіз показує, що енергоефективність будівель формується в результаті комплексної взаємодії об'ємно-планувальних рішень, характеристик огорожувальних конструкцій, якості їх проєктування, монтажу та умов експлуатації. Індустріалізація будівництва і масове застосування збірних панельних систем прискорили зведення будівель, однак водночас загострили проблему теплозахисту, особливо в житловому фонді 1950–1970-х років, огорожувальні конструкції якого не відповідають сучасним вимогам енергоефективності.

Сучасна будівля розглядається як єдина теплоенергетична система, у якій огорожувальні конструкції відіграють ключову роль через домінування тепловтрат саме через них. Недостатній облік теплотехнічних неоднорідностей і містків холоду, а також спрощення розрахунків призводять до зниження фактичного опору теплопередачі на 20–25 % порівняно з проєктними значеннями.

Виявлений розрив між розрахунковими та реальними показниками теплозахисту зумовлений сукупністю проєктних, технологічних, будівельно-монтажних та експлуатаційних чинників, зокрема дефектами утеплення, порушенням герметизації стиків і зволоженням матеріалів, що спричиняє промерзання, конденсацію та прискорене старіння конструкцій.

Таким чином, забезпечення належного рівня теплозахисту можливе лише за умови системного підходу, який поєднує коректні теплотехнічні розрахунки, вдосконалення нормативної бази, високу якість виготовлення й монтажу огорожувальних конструкцій та належну експлуатацію, що дозволяє наблизити фактичні показники енергоефективності до нормативних і проєктних значень.

### РОЗДІЛ 3

## КОМПЛЕКСНЕ ПРОЄКТНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗОВНІШНІХ СТІН БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

### 3.1 Теплотехнічні та конструктивні засади проєктування енергоефективних зовнішніх стін

Проєктування енергоефективних зовнішніх стін та інших огорожувальних конструкцій має базуватися на комплексному підході, у якому всі елементи будівлі – стіни, вікна, перекриття, покрівля та інженерні системи – розглядаються як єдина енергетична система. При цьому окремі проєктні рішення повинні бути взаємно узгодженими: теплозахисні властивості стін мають відповідати характеристикам віконних і дверних блоків, а розрахункові параметри огорожувальних конструкцій – закладеним у проєкті тепловим навантаженням на систему опалення [1]. Це дає змогу мінімізувати енергоспоживання ще на етапі проєктування, а не лише шляхом подальшої термомодернізації.

Відомо, що в загальній структурі енергоспоживання житлових будівель домінує енергія на опалення. В Україні на опалення приміщень припадає понад дві третини загального споживання енергії житловим сектором. Для пересічного приватного домогосподарства це близько 75 % сумарних енергетичних витрат. Тому при проєктуванні зовнішніх стін ключовим завданням є мінімізація тепловтрат через огорожувальні конструкції й оптимізація теплового балансу будівлі.

Якщо розглянути орієнтовний енергетичний баланс типової односімейної квартири або будинку житловою площею близько 100 м<sup>2</sup>, розподіл тепловтрат і теплоприпливів може бути поданий у такому вигляді (усі значення – приблизні):

- через роботу системи опалення – близько 5200 кВт·год;
- через вікна – близько 9000 кВт·год;
- через нещільності, стики та вентиляцію – близько 7700 кВт·год;
- через підлогу – близько 3100 кВт·год;
- через зовнішні стіни – близько 6600 кВт·год.

Водночас необхідно враховувати й надходження теплової енергії:

- сонячна енергія через прозорі огорожувальні конструкції та поверхні – близько 6700 кВт·год;
- внутрішні тепловиділення (люди, побутова техніка, комп'ютери тощо) – близько 2700 кВт·год.

Ці орієнтовні показники демонструють, що зовнішні стіни є одним з основних елементів, які формують енергетичний баланс будівлі, а отже, їх конструкція та теплоізоляційні характеристики мають бути ретельно продумані вже на стадії проєкту [1].

Зовнішня стіна виконує не лише функцію розподілу внутрішнього і зовнішнього середовища. Вона є конструктивним, теплотехнічним та архітектурним елементом, сформованим як фасад і важливою складовою образу будівлі. З позиції теплотехніки теплоізоляція зовнішніх стін — це система заходів із захисту від охолодження та забезпечення нормативного мікроклімату внутрішніх приміщень за рахунок раціонального використання матеріалів з відповідною щільністю, теплопровідністю та теплоємністю. Усередині будівлі необхідно підтримувати температуру, що відповідає умовам комфортного проживання, тоді як зовні температура змінюється залежно від пори року і погодних умов. За відсутності належної теплоізоляції внутрішня температура значною мірою «слідувала б» за зовнішньою.

Будь-яке відхилення внутрішньої температури від бажаних значень потребує витрат енергії — на нагрівання або охолодження. Тому при проєктуванні енергоефективних стенових конструкцій головним завданням є

зниження теплопровідності зовнішніх огорожувальних елементів. Чим нижчий коефіцієнт теплопередачі ( $U$ -значення) стіни, тим менше енергії необхідно для підтримання заданої температури всередині приміщень. Для цього застосовуються матеріали з повітряними включеннями (наприклад, поризована цегла з низькою насипною щільністю) або комбіновані багатошарові конструкції, що складаються з несучої оболонки з важких будівельних матеріалів, шару утеплювача та зовнішнього оздоблення (штукатурка, облицювальна цегла, вентильований фасад тощо).

Окремим аспектом є врахування сонячного коефіцієнта — здатності стіни поглинати енергію сонячного випромінювання. З одного боку, зовнішні стіни отримують додаткові теплоприпливи від сонця, з іншого — у зимовий період тепловтрати, як правило, суттєво перевищують ці надходження. Теплоізоляція дещо зменшує сонячний теплоприплив, проте набагато суттєвіше знижує втрати тепла назовні. У підсумку різниця між тепловтратами та сонячними надходженнями істотно скорочується, що означає реальну економію енергії на опалення [16].

При проєктуванні одношарових зовнішніх стін без додаткових утеплювальних систем використовуються легкі будівельні матеріали: легкий бетон, газобетон, теплоізоляційна цегла та вертикально перфорована цегла. Типова товщина такої стіни становить 36,5 см (без урахування штукатурки), але можливі варіанти 30,0; 42,5 та 49,0 см. Теплоізоляційні камені мають дуже низьку насипну щільність за рахунок великого відсотка порожнин та повітряних пір. Оптимізовані за теплотехнічними властивостями матеріали забезпечують теплопровідність на рівні 0,07–0,12 Вт/(м·К). Для порівняння: теплопровідність деревини знаходиться в діапазоні 0,13–0,20 Вт/(м·К), а теплоізоляційні матеріали для зовнішніх стенових систем мають теплопровідність близько 0,025 – 0,040 Вт/(м·К). Зменшення насипної щільності позитивно впливає на теплоізоляцію, але може погіршувати звукоізоляційні та протипожежні

характеристики. Захист від атмосферних впливів забезпечується зовнішнім штукатурним шаром або іншими оздоблювальними системами, які підбираються з урахуванням сумісності з основним матеріалом стіни [16].

У системному підході до огорожувальних конструкцій стіна не може розглядатися ізольовано від даху, перекриттів та інших елементів оболонки будівлі. Ізоляція даху, так само як і теплоізоляція фасаду, спрямована на зниження коефіцієнта теплопередачі конструкцій та скорочення загального енергоспоживання будівлі. При проєктуванні утеплення покрівлі, особливо скатної, розрізняють три основні схеми: утеплення під кроквами, між кроквами та над кроквами. У першому випадку утеплювач кріпиться знизу до крокв, часто з готовим облицюванням, що спрощує внутрішнє оздоблення, але дещо зменшує корисну площу. При розташуванні утеплювача між кроквами потрібне додаткове внутрішнє облицювання, а розміри крокв мають забезпечувати достатню товщину теплоізоляційного шару. Утеплення над кроквами є найбільш ефективним з точки зору теплотехніки та не зменшує об'єм житлового простору, однак вимагає більших інвестицій і ретельного конструктивного опрацювання вузлів, зокрема забезпечення стабільності розмірів утеплювальних плит та передачі навантажень від покрівельного покриття через утеплювач до крокв.

Таким чином, при проєктуванні енергоефективних зовнішніх стін і огорожувальних конструкцій будівля має розглядатися як єдина тепла система. Зниження теплопровідності стін, оптимізація конструктивних рішень, урахування сонячних теплоприпливів, а також узгодження стінових конструкцій з утепленням покрівлі та інших огорожувальних елементів дозволяють досягти значного скорочення енергоспоживання та підвищення рівня комфортності приміщень при раціональних витратах на будівництво й експлуатацію [1].

### 3.2 Техніко економічна оцінка варіантів проектування енергоефективних зовнішніх стін багатоповерхового житлового будинку

Ще більший позитивний економічний ефект можливо отримати не лише від самої термомодернізації житлового будинку, але й при використанні найбільш техніко-економічного варіанту термомодернізації [16].

1-й варіант – Зовнішнє утеплення мінеральною ватою 150 мм (рисунок 3.1);

2-й варіант – Внутрішнє утеплення 2 шарами по 9мм рулонного пінополістиролу та утеплення мінеральною ватою 150мм ззовні (рисунок 3.2);

3-й варіант – Внутрішнє утеплення 2 шарами по 9мм рулонного пінополістиролу та утеплення повітряним прошарком 50 мм і мінеральною ватою 150мм ззовні (рисунок 3.3).

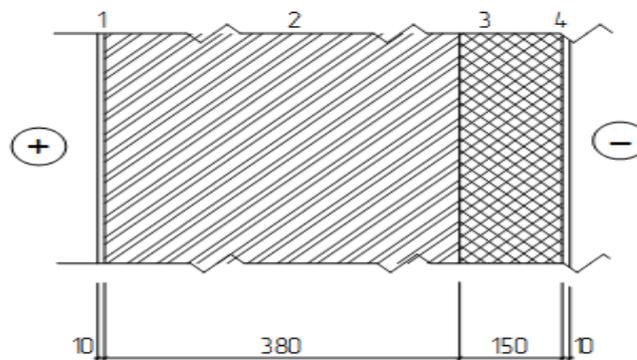


Рисунок 3.1 – 1-й варіант утеплення

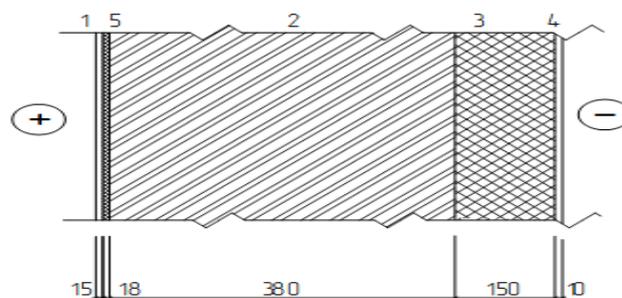


Рисунок 3.2 – 2-й варіант утеплення

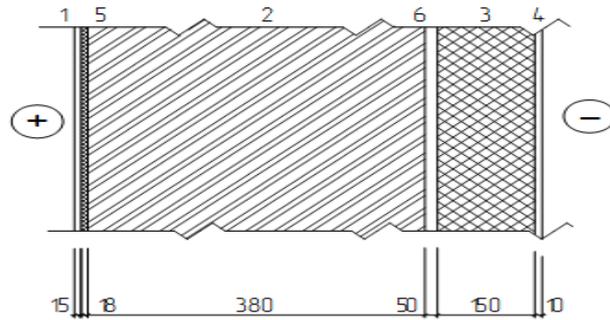


Рисунок 3.3 – 3-й варіант утеплення

Де: 1) оздоблювальний шар штукатурки; 2) огорожуючи конструкція; 3) утеплювач мінеральна вата; 4) оздоблювальний шар штукатурки; 5) утеплювач 2 шари рулонного пінополістиролу; 6) повітряний прошарок.

Для кожного варіанту порахований термічний опір конструкції в ПК «ROCKPROJEKT» відповідно до [16] та побудовані графіки тиску насиченої пари на рисунках 3.4-3.6.

Для першого варіанту термічний опір становить  $R=4,67 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , для другого варіанту –  $R=5,24 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , для третього –  $R=5,395 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ .

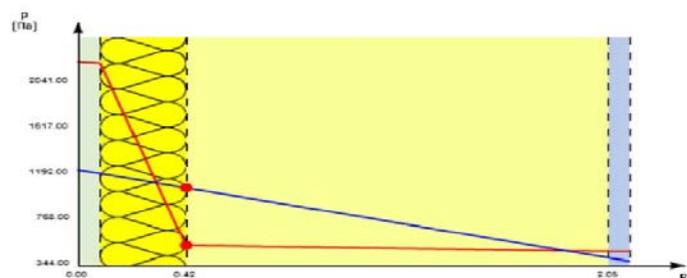


Рисунок 3.4 – Графік тиску насиченої пари для 1-го варіанту



Рисунок 3.5 – Графік тиску насиченої пари для 2-го варіанту

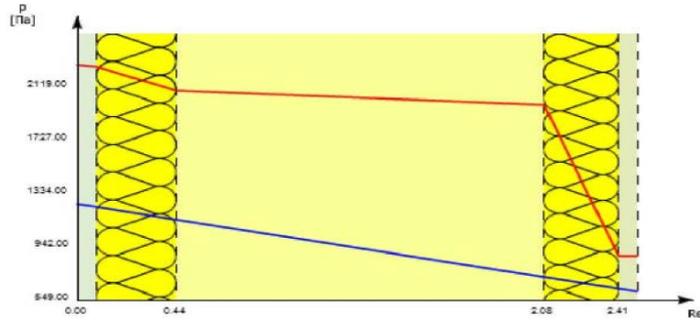


Рисунок – 3.6 Графік тиску насиченої пари для 3-го варіанту

Для розрахунку точки роси скористаємося програмним комплексом «<https://cadee.pro/>». На рисунках 3.7–3.9 зображені графічні інтерпретації розрахунків:

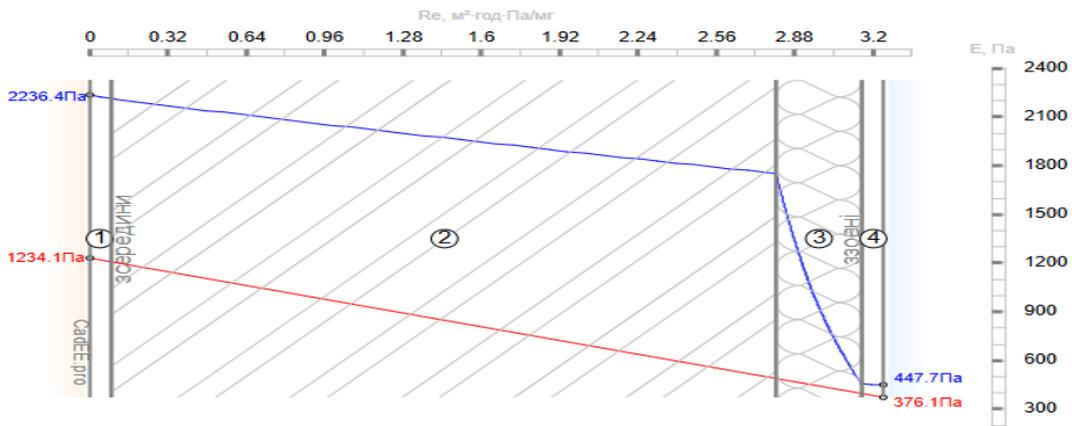


Рисунок 3.7 – Графік точки роси для 1-го варіанту

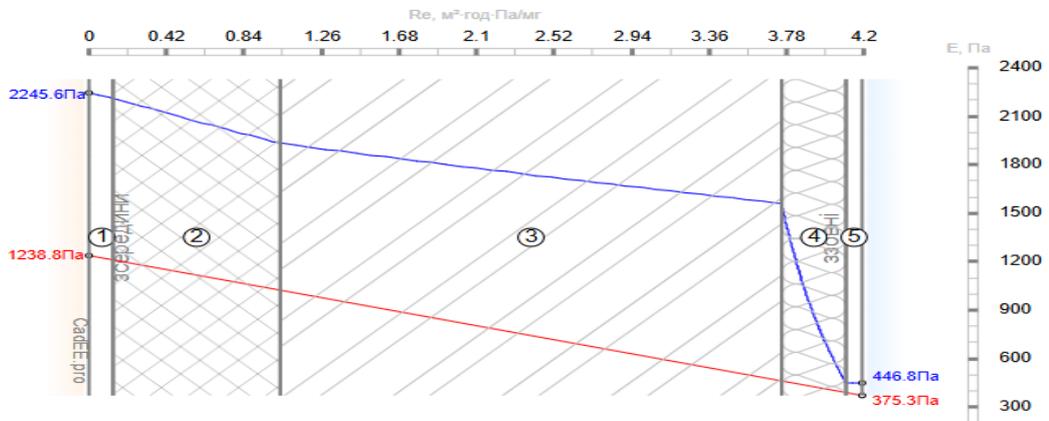


Рисунок 3.8 – Графік точки роси для 2-го варіанту

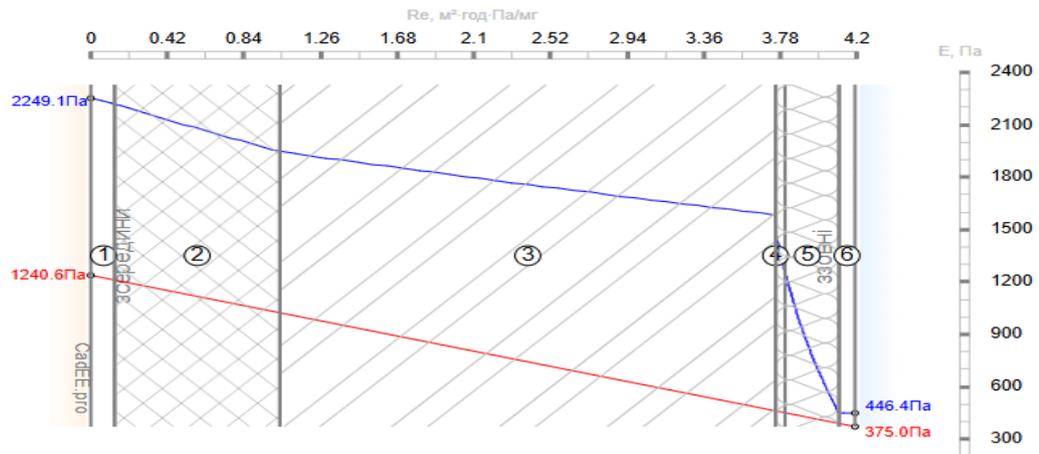


Рисунок 3.9 – Графік точки роси для 3-го варіанту

Для кожного варіанту складений локальний кошторис відповідно до [17] із розрахунку на 1 м<sup>2</sup> стіни.

Результати порівняння варіантів перекриття наведені в таблиці 3.1.

Всі вищенаведені показники, окрім первісної вартості і-тої машини та нормативної тривалості роботи машини за рік, узяті з локальних кошторисів. При порівнянні варіантів приймається той варіант, який має мінімальне значення приведених витрат.

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

Величина  $C$  і  $K$  прирівнюються за допомогою нормативного коефіцієнта ефективності капітальних вкладень  $E_n$ , який є допустимим мінімумом зниження собівартості на одиницю додаткових капітальних вкладень, за якими вони визнаються ефективними.

Собівартість робіт визначається за формулою [17]:

$$C = ПВ + 3ВВ, \quad (3.2)$$

де ПВ – прямі витрати, грн. Під прямими витратами розуміють витрати, пов'язані з виконанням будівельних робіт, які можна прямо та безпосередньо включити до собівартості конкретних будівельних робіт;

ЗВВ – кошторисна величина загальновиробничих витрат, грн.

ПВ та ЗВВ визначаємо із локального кошторису.

Капітальні вкладення у виробничі фонди [17]:

$$K = K_{\text{ОВФ}} + K_{\text{обігові кошт}}, \quad (3.3)$$

де  $K_{\text{ОВФ}}$  – вартість основних виробничих фондів;

$K_{\text{обігові кошти}} = C_{\text{см.}}/K_{\text{обор.}}$  – обігові кошти,

де  $C_{\text{см.}}$  – кошторисна вартість (всього по кошторису), грн.;

$K_{\text{обор.}} = 3-4$ .

Основні виробничі фонди визначаються за формулою:

$$K_{\text{ОВФ}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot T_{i,\text{об.}}}{T_{i,\text{річн.}}}, \quad (3.4)$$

де  $\Phi_i$  – первісна вартість  $i$ -тої машини, грн. ( в даному випадку приймемо вартість експлуатації машин із кошторису );

$T_i$  – тривалість роботи  $i$ -тої машини на об'єкті, год.;

$T_{i,\text{річн.}}$  – нормативна тривалість роботи за рік, год.

Економічний ефект

$$E = \Pi_1 - \Pi_2$$

Таблиця 3.1 – Порівняння варіантів утеплення стін на 1 м<sup>2</sup>

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Прямі витрати, тис. грн.	1,095	1,145	0,778
Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год.	0,013	0,013	0,014
Кошторисна заробітна плата, тис. грн.	0,244	0,266	0,281
Загальновиробничі витрати, тис. грн.	0,157	0,195	0,184
Усього за кошторисом, тис. грн.	1,195	1,253	1,401
Кошторисна величина ЗВВ, тис. грн.	0,157	0,195	0,184
Собівартість робіт (С), тис. грн.	1,195	1,253	1,401
Обігові кошти, тис. грн.	0,352	0,387	0,327
Основні виробничі фонди, тис. грн.	0,033	0,033	0,033
Капіталовкладення у виробничі фонди, тис. грн.	0,385	0,423	0,474
Показник приведених витрат, тис. грн.	1,253	1,405	1,445
Економічний ефект, тис. грн.	0,192		

### Висновок за розділом 3

Проведені дослідження показали, що зовнішні огорожувальні конструкції є ключовим елементом формування теплового балансу багатоповерхового житлового будинку. Розгляд будівлі як єдиної теплоенергетичної системи дозволяє мінімізувати енергоспоживання вже на етапі проєктування, оскільки основні тепловтрати відбуваються саме через стіни, вікна та інші огорожувальні елементи.

Ефективність теплоізоляції зовнішніх стін забезпечується застосуванням матеріалів із низькою теплопровідністю ( $\lambda = 0,07\text{--}0,12$  Вт/(м·К) для теплоізоляційних блоків і  $0,025\text{--}0,040$  Вт/(м·К) для утеплювачів), раціональною багатошаровою структурою та узгодженням зі схемами утеплення покрівлі. Важливим є не лише зниження коефіцієнта теплопередачі, а й забезпечення довговічності, волого- та пожежної безпеки конструкцій.

Порівняння трьох варіантів зовнішніх стін показало, що всі вони відповідають вимогам [16], забезпечуючи термічний опір у межах

$R = 4,67 - 5,395 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Водночас техніко-економічна оцінка за [17] засвідчила, що варіант із зовнішнім утепленням мінеральною ватою товщиною 150 мм є найбільш економічно доцільним, оскільки має мінімальні приведені витрати – 1,253 тис. грн/м<sup>2</sup>.

Таким чином, оптимальне проектування енергоефективних зовнішніх стін має базуватися на поєднанні теплотехнічного аналізу та техніко-економічного обґрунтування, що дозволяє забезпечити нормативний рівень теплозахисту, надійність експлуатації та мінімальні витрати протягом життєвого циклу будівлі.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Архітектурно-будівельні рішення

##### 4.1.1 Характеристика об'єкту реконструкції

Об'єктом реконструкції є багатоповерховий будинок у м. Хмельницький.

Територія, де розташований об'єкт висотою в 6 поверхів з несучими зовнішніми і внутрішніми стінами згідно з класифікацією [18], знаходиться в 3-му вітровому, 4-му сніговому, 3-му ожеледному районі і має наступні кліматичні характеристики:

- снігове навантаження ..... 1360 Па;
- вітровий тиск..... 470 Па;
- товщина стінки ожеледі..... 17 мм;
- глибина промерзання ґрунту..... до 1,0 м;
- сейсмічність за картою ЗСР-2004-А..... 5 балів;
- згідно з даними табл. 5 [19] споруду відносять до класу наслідків (відповідальності) СС2;

##### 4.1.2 Рішення генплану

Земельна ділянка розташована в межах міста Хмельницький. Територія характеризується спокійним рельєфом із незначними ухілами південно-західного напрямку та має правильну геометричну форму, що створює сприятливі умови для раціонального розміщення будівлі й елементів благоустрою [20].

З метою дотримання санітарно-гігієнічних вимог, а також забезпечення безпечного та зручного руху транспортних засобів і пішоходів, проектом передбачено влаштування асфальтобетонного покриття на внутрішніх проїздах і

тротуарах. Навколо будівлі запроєктовано асфальтобетонне вимощення шириною 1,5 м, яке забезпечує захист фундаментів від поверхневих вод, покращує експлуатаційні умови та підвищує довговічність конструкцій.

Архітектурно-планувальне рішення території передбачає впорядковане та функціонально доцільне розміщення зелених насаджень. Проєктом заплановано висадження деревно-кущових порід, підібраних з урахуванням природно-кліматичних умов регіону, а також улаштування квітників декоративного призначення [20]. Запроєктовані зелені насадження сприяють формуванню сприятливого мікроклімату, зниженню рівня шуму та пилового навантаження, а також покращують естетичне сприйняття житлового середовища.

Основу озеленення ділянки становлять ландшафтні групи дерев, багаторічні трав'янисті рослини та квіткові композиції, які формують єдину просторову структуру благоустрою. Рішення з озеленення передбачають поєднання декоративних і функціональних елементів, що забезпечує комфортні умови для відпочинку мешканців.

Територія ділянки додатково обладнується малими архітектурними формами, зокрема лавками, урнами для сміття, декоративними клумбами із зеленими насадженнями. Зазначені елементи сприяють підвищенню рівня благоустрою, функціональної зручності та архітектурної виразності прилеглої території.

Таблиця 4.1 – Показники до генплану

№п/п	Назва показника	Одиниця виміру	Кількість
1	Площа ділянки	га	0,45
2	Площа існуючої будівлі	м <sup>2</sup>	529,2
3	Щільність забудови	%	12
4	Площа доріг, проїздів	м <sup>2</sup>	363,3
5	Площа тротуарів	м <sup>2</sup>	251,1
6	Площа озеленення	м <sup>2</sup>	693,65
7	Відсоток озеленення	%	15

Таблиця 4.2 – Відомість елементів озелення

№ п/п	Найменування породи і виду насаджень	Вік, років	Кількість	Примітка
1	Ялина звичайна	5	11	Саджанці
2	Горобина звичайна	5	8	Саджанці
3	Кипарис пірамідальний	5	20	Саджанці
4	Квітник		33 м <sup>2</sup>	Багаторічні квіти
5	Посів багаторічних трав		1867 м <sup>2</sup>	Газонна трава

Організацію рельєфу ділянки вирішено методом проектних горизонталей з врахуванням природних умов, влаштуванням стоку поверхневих вод та розміщенням під'їзних шляхів.

Вертикальне планування вирішено на генеральному плані в будівлю, під'їздів і підходів до них

Схему організації рельєфу значних територій виконують методом проектних відміток.

Чорні відмітки визначають згідно з топографічним планом інтерполяцією між горизонталями [20]:

$$H_x = H_b + ((H_a - H_b) \cdot l / L) \quad (4.1)$$

де  $H_b$  - відмітка, нижче лежачої горизонталі;

$H_a$  - відмітка, вище лежачої горизонталі;

$L$  - відстань між горизонталями;

$l$  - відстань від шуканої точки до нижче лежачої горизонталі.

В даному випадку чорні відмітки визначено за допомогою графічного методу.

Планування земної поверхні навколо будинку вимагає зрізання ґрунту в одних місцях та насипання в інших.

Розрахунок червоних відміток кутів будівлі починаємо з кута, де необхідно зрізати 5 см ґрунту.

$$H_{\text{черв.2}} = H_{\text{чорн.мах}} - 0,05 = 258,20 - 0,05 = 258,15 \text{ м.}$$

Інші червоні відмітки розраховують по заданих проектних уклонах.

$$H_{\text{черв}} = H_{\text{черв.попер}} \pm i \cdot d \quad (4.2)$$

де  $i$  - уклон;

$d$  - довжина, ширина будинку.

$$H_{\text{черв1}} = 258,15 - 0,033 \cdot 37,6 = 256,90 \text{ м;}$$

$$H_{\text{черв3}} = 256,9 - 0,000 \cdot 21,385 = 256,90 \text{ м;}$$

$$H_{\text{черв4}} = 256,9 + 0,026 \cdot 38,763 = 257,9 \text{ м.}$$

Перевірка:

$$H_{\text{черв2}} = 257,90 + 0,0087 \cdot 28,885 = 258,15 \text{ м.}$$

#### 4.1.3 Об'ємно-планувальні рішення

Житловий будинок має розміри:

по довжині – 25,2 м;

по ширині – 21,0 м.

Кількість поверхів – 6;

Висота поверхів:

цокольного та першого – 3,3 м;

другого – 2,4 м;

решта – 3,0 м.

Об'єктом реконструкції є багатоповерховий житловий будинок, розташований у місті Хмельницький. Будівля має шість поверхів і виконана з несучими зовнішніми та внутрішніми стінами, що визначає її конструктивну схему та впливає на прийняття проектних рішень під час реконструкції та термомодернізації.

Територія розміщення об'єкта відповідно до вимог чинних будівельних норм класифікується за кліматичними та навантажувальними показниками. Згідно з положеннями [18], район будівництва належить до III вітрового району та IV снігового району [21]. Зазначені характеристики визначають розрахункові значення вітрових і снігових навантажень, які необхідно враховувати при оцінці несучої здатності конструкцій, проектуванні огорожувальних елементів, а також при виборі матеріалів і технологій виконання робіт.

Наявність підвищених снігових навантажень зумовлює необхідність детального аналізу технічного стану покрівельних конструкцій, перекриттів верхніх поверхів та вузлів примикання, а вітрові навантаження — підвищені вимоги до надійності фасадних систем, кріплень теплоізоляційних матеріалів і зовнішніх опоряджувальних шарів. Особливу увагу під час реконструкції слід приділяти забезпеченню стійкості та довговічності огорожувальних конструкцій з урахуванням комбінованої дії вітрових і снігових впливів.

З урахуванням поверховості будівлі та її конструктивної схеми реконструкція передбачає комплексний підхід, який включає аналіз просторової жорсткості будівлі, оцінку фактичного технічного стану несучих і огорожувальних конструкцій, а також перевірку відповідності існуючих рішень сучасним вимогам щодо надійності, безпеки та енергоефективності. Прийняті проєктні рішення повинні забезпечувати нормативний рівень експлуатаційної придатності будівлі в умовах дії розрахункових кліматичних навантажень протягом усього терміну подальшої експлуатації.

Таблиця 4.3 – Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
Технічний поверх			
1	Тамбур	5,08	
2	Сходова клітка	14,60	
3	Тамбур	3,56	
4	Коридор	3,03	
5	Коридор	14,76	
6	Коридор	30,22	
7	Приміщення №1	21,02	
8	Приміщення №2	13,28	
9	Приміщення №3	15,48	
10	Приміщення №4	6,25	
11	Приміщення №5	21,94	
12	Приміщення №6	28,93	
13	Приміщення №7	21,98	
14	Приміщення №8	10,00	
15	Приміщення №9	7,61	
16	Приміщення №10	15,93	
17	Приміщення №11	22,63	
18	Приміщення №12	15,93	
19	Приміщення №13	39,97	
20	Приміщення №14	7,61	
21	Приміщення №15	10,00	
22	Приміщення №16	21,98	
23	Приміщення №17	28,93	
24	Приміщення №18	22,07	
25	Приміщення №19	35,28	
26	Приміщення №20	26,48	
Типовий житловий поверх (2-6)			
1	Тамбур	2,53	
2	Сходова клітка	14,60	
3	Техприміщення	2,7	
4	Коридор	3,03	
5	Коридор	2,44	
6	Ліфтовий хол	7,36	
7	Коридор	35,7	
8	Спальня	11,9	
9	Спальня	11,05	
10	Коридор	13,26	
11	Санвузол	4,64	
13	Зала	20,52	
14	Вітальня	5,79	
15	Кухня	13,48	
16	Зала	23,3	
17	Вітальня	13,88	
18	Комора	1,3	
19	Санвузол	1,51	

Продовження таблиці 4.3

20	Санвузол	4,54	
21	Кухня	13,95	
22	Спальня	10,89	
23	Кухня	11,38	
24	Вітальня	14,10	
25	Комора	1,3	
26	Санвузол	1,51	
27	Санвузол	3,83	
28	Коридор	4,74	
29	Зала	18,93	
30	Комора	1,3	
31	Вітальня	13,83	
32	Санвузол	1,51	
33	Санвузол	4,54	
34	Спальня	11,38	
35	Спальня	10,89	
36	Кухня	13,95	
37	Зала	22,09	
38	Кухня	22,09	
39	Зала	23,76	
40	Вітальня	12,36	

#### 4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення

Будівля запроектована за безкаркасною конструктивною схемою з несучими зовнішніми та внутрішніми цегляними стінами, які сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження і передають їх на фундаменти. Така схема є традиційною для житлових будівель середньої поверховості та забезпечує необхідну просторову жорсткість і стійкість споруди [19].

Перекриття виконані зі збірних залізобетонних плит з улаштуванням місцевих монолітних залізобетонних ділянок у зонах підвищених навантажень і примикань. Покриття будівлі — скатне, що сприяє ефективному водовідведенню та зменшенню снігового навантаження на конструкції.

Зовнішні стіни та внутрішні перегородки виконані з цегли на цементному розчині марки М50. Товщина зовнішніх несучих стін становить 510 мм, що забезпечує необхідні несучі та теплоізоляційні властивості конструкції. Внутрішні перегородки запроектовані товщиною 120 мм та 250 мм залежно від функціонального призначення та вимог до звукоізоляції і міцності.

Сходові клітки запроектовані із застосуванням збірних залізобетонних маршів та сходиноквих площадок, що забезпечує високу надійність і довговічність конструкцій. Міжповерхові сходинокві площадки виконані з монолітного залізобетону, що дозволяє підвищити жорсткість вузлів та забезпечити якісне сприйняття експлуатаційних навантажень.

У якості утеплювального матеріалу для зовнішніх стін застосовано мінераловатну теплоізоляцію, яка характеризується низькою теплопровідністю, високими показниками паропроникності та вогнестійкості, що відповідає вимогам сучасних нормативних документів щодо теплозахисту та пожежної безпеки житлових будівель.

Таблиця 4.4 – Специфікація залізобетонних елементів

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
Сходинокві марші та площадки					
1	1.020-1	ЛМ-30.12	32	1500	
2	1.020-1	ЛПР-26.12	16	1200	
Перемички					
	1.141-1 6.63	БП 4-1	10	1100	
	1.141-1 6.63	ПБ 24	380	180	
	1.141-1 6.63	БУ 24	2	330	
	1.141-1 6.63	ПБ 22	178	90	
	1.141-1 6.63	ПБ 18	414	80	
	1.141-1 6.63	ПБ 15	555	70	

Таблиця 4.5 – Специфікація елементів заповнених прорізів

Позиція	Марка	Розміри ВхН, мм	Площа, м <sup>2</sup>	Кількість	Загальна площа, м <sup>2</sup>
Поверх на відмітці -2,700					
Д1	«Європласт»	1210×2100	2,54	10	25,4
Д2	«Європласт»	1010×2100	2,12	10	21,2
Д3	Спецзамовлення	910×2100	1,91	12	22,92
Д5	Спецзамовлення	1810×2100	3,8	2	7,6
Поверх на відмітці +0,300					
ВК-1	«Європласт»	1510×1080	1,63	6	9,78
ВК-2	«Європласт»	1510×1380	2,08	7	14,56
ВК-3	«Європласт»	1410×845	1,2	7	8,4
ВК-4	«Європласт»	1210×470	0,57	1	0,57
Д1	«Європласт»	1210×2100	2,54	11	27,94
Д2	«Європласт»	1010×2100	2,12	17	36,04
Д3	Спецзамовлення	910×2100	1,91	10	19,1

## Продовження таблиці 4.5

Позиція	Марка	Розміри ВхН, мм	Площа, м <sup>2</sup>	Кількість	Загальна площа, м <sup>2</sup>
Д4	Спецзамовлення	710×2100	1,49	2	2,98
Д5	Спецзамовлення	1810×2100	3,8	2	7,6
Поверх на відмітці +3,300					
ВК-2	«Європласт»	1510×1380	2,08	1	2,08
ВК-4	«Європласт»	1210×470	0,57	11	6,27
Д1	«Європласт»	1210×2100	2,54	13	33,02
Д3	Спецзамовлення	910×2100	1,91	14	26,74
Поверхи на відмітках від +5,700 до +41,700					
ВК-1	«Європласт»	1510×1080	1,63	6	9,78
ВК-2	«Європласт»	1510×1380	2,08	6	12,48
ВК-3	«Європласт»	1410×845	1,2	8	9,6
ВК-4	«Європласт»	1210×470	0,57	1	0,57
ВК-5	«Європласт»	1510×2010	3,04	1	3,04
Д1	«Європласт»	1210×2100	2,54	11	27,94
Д2	«Європласт»	1010×2100	2,12	17	36,04
Д3	Спецзамовлення	910×2100	1,91	13	24,83
Д4	Спецзамовлення	710×2100	1,49	8	11,92
Поверх на відмітці +44,700					
ВК-1	«Європласт»	1510×1080	1,63	8	13,04
ВК-2	«Європласт»	1510×1380	2,08	5	10,4
ВК-3	«Європласт»	1410×845	1,2	6	7,2
ВК-4	«Європласт»	1210×470	0,57	1	0,57
ВК-5	«Європласт»	1510×2010	3,04	1	3,04
Д1	«Європласт»	1210×2100	2,54	11	27,94
Д2	«Європласт»	1010×2100	2,12	14	29,68
Д3	Спецзамовлення	910×2100	1,91	13	24,83
Д4	Спецзамовлення	710×2100	1,49	9	13,41

## 4.1.5 Зовнішнє та внутрішнє опорядження

Зовнішнє опорядження виконується відповідно до відомості оздоблення фасадів. Дивись таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 – Відомість оздоблення фасадів

Елементи	Вид оздоблення	Колір
Цоколь, ганки	Гранітна брекчія	Натуральний колір
Стіни	Лицьова керамічна цегла	Натуральний
Парапети	Ц/п штукатурка	Сірувато-білий, неоднорідний
Огородження салону	Фарбування водо емульсійною фарбою ALPA (Супер-альпакрил)	
Огородження балконів	Силікатна цегла	Жовтий
Зливи вікон	Оцинкована сталь	Натуральний колір

Внутрішнє оздоблення виконується у відповідності до відомості внутрішнього опорядження приміщень, дивись таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Внутрішнє опорядження приміщень

№ пр	Вид опорядження елементів інтер'єрів						Прим
	Стеля	Площа, м <sup>2</sup>	Стіни та перегородки	Площа, м <sup>2</sup>	Колони	Площа, м <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8
Поверх на відмітці -2,700							
1	Водо емульсійне фарбування	994,56	Масляне фарбування	481,14	Масляне фарб-ння	113,1	
4,6,2, 8,9		42,59				153,76	
		8,19	Водо-емульсійне фарбування	35,84			
		8,17	Облиц. глазур. плиткою	41,92			
Поверх на відмітці +0,300							
8,10, 13,17, 20,24, 25,26, 28,29, 30,31, 34	Водое- мульсійне фарбування	689,28	Водоемульсійне фарбування	1076,5	Водое- мульсійне фар-буван- ня	110,1	
1,2,3,4,6, 7,9,11,14, 15, 16,21, 22,23,27, 32,33,35		267,48		694,75			
5,12, 16,19, 36		370,71	Облицювання глазур. плиткою	165,28			

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Поверх на відмітці +3,300 (техповерх)							
1,2, 3,4	Водо- емільсійне фарбування	32,58	Водоемільсійне фарбування	104,59			
Поверхи на відмітці +5,700-+21,900							
1,2,4,5,6, 7,18,25, 30	Водо- емільсійне фарбування	67,94	Водоемільсійне фарбування	240,02			
5,9, 10,13, 14,16, 17,22, 24,28, 29,31, 37,39, 40,42, 44		263,16	Оклеювання шпалерами	802,74			
3,11, 12,15, 19,20, 21,23, 26,27,		102,08	Облицювання глазур. плиткою	423,03			

Таблиця 4.8 – Експлікація підлог

Номер приміщення	Тип підлоги	Схема підлоги	Елементи підлоги	Площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Поверх на відмітці -2,700				
1,4,7,8,9	1		Бетонне покриття – 50 мм Фундаментна плита	1033,37
3,5,6	2		Керамічна плитка ГОСТ 6787-80 Ц/П розчин М150 – 25 мм Гідроізоляція И-БД ГОСТ 10296-79 на гарячій бітумній мастиці МКГ-Г-55 ГОСТ 2889-80 – 15 мм Фундаментна плита	11,95
2	3		Лінолеум полівінілхлоридний – 3 мм Прошарок мастики на водостійких в'язучих Ц/П стяжка М150 – 20 мм Фундаментна плита	8,19
Поверх на відмітці +0,300 (салон краси)				
1-3,6, 8-11, 13-15, 17,18, 20-35	4		Мозаїчне покриття – 30 мм Ц/П стяжка М150 – 20 мм Теплоізоляція керамзит – 30 мм Плита перекриття – 220 мм	1090,86

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5
4,5,7,12, 16,19,36	2		Керамічна плитка ГОСТ 6787-80 Ц/П розчин М150 – 25 мм Гідроізоляція И-БД ГОСТ 10296-79 на гарячій бітумній мастиці МКГ-Г-55 ГОСТ 2889-80 – 15 мм Фундаментна плита	25,14
Поверх на відмітці +3,300 (техповерх)				
5-28	1		Бетонне покриття – 50 мм Плита перекриття	418,4
1,2,3,4	4		Мозаїчне покриття – 30 мм Ц/П стяжка М150 – 20 мм Теплоізоляція керамзит – 30 мм Плита перекриття – 220 мм	32,58
Поверхи на відмітці +5,700-+21,900				
1,2,3,4,5, 6,7	4		Мозаїчне покриття – 30 мм Ц/П стяжка М150 – 20 мм Теплоізоляція керамзит – 30 мм Плита перекриття – 220 мм	66,49
8,9,10, 13,14,16, 17,22,24, 28,29,31, 34,35,37, 39,40,42, 44	5		Покриття із штучного паркету – 10 мм Прошарок із холодної мастики на водостійких в'язучих Ц/П стяжка М150 – 20 мм Теплоізоляція керамзит – 30 мм Гідроізоляція И-БД ГОСТ 10296-79 на гарячій бітумній мастиці МКГ-Г-55 ГОСТ 2889-80 – 15 мм Плита перекриття – 180 мм	263,16

#### 4.1.6 Протипожежні заходи

Розміщення будівлі відносно існуючої забудови виконано з дотриманням вимог чинних протипожежних норм. Відстань між будівлями становить 21 м, що забезпечує нормативні протипожежні розриви та унеможливорює поширення пожежі на суміжні об'єкти. До житлового будинку передбачено під'їзд пожежно-рятувальної техніки, що забезпечує оперативний доступ до будівлі у разі виникнення пожежі.

Евакуація мешканців будівлі з надземної частини здійснюється через сходову клітку, яка запроектована відповідно до вимог пожежної безпеки та забезпечує безпечний і безперешкодний вихід людей із будівлі. Конструктивні

та планувальні рішення шляхів евакуації відповідають нормативним вимогам щодо ширини проходів, освітлення та організації руху людських потоків.

Внутрішнє пожежогасіння передбачається від пожежного стояка, який проходить через усі поверхи будівлі та розташований у загальних коридорах поверхів, що забезпечує зручний доступ до засобів пожежогасіння. У приміщеннях спортзалу та салону краси передбачено встановлення переносних вогнегасників типу ОХП-10, призначених для гасіння пожеж на початковій стадії.

Проектом передбачено улаштування системи протипожежної сигналізації з установленням приладів типу ППС-3 у приміщеннях спортзалу та салону краси. Робота пожежної сигналізації передбачає автоматичне відключення вентиляційних систем при її спрацюванні з метою запобігання поширенню диму та продуктів горіння по будівлі.

Електропроводка виконується із застосуванням дротів у сталевих трубах, а також кабелів марок АВВГ та ВВГ, прокладених у скобах, що відповідає вимогам пожежної безпеки та забезпечує підвищену вогнестійкість електромереж.

Крім того, проектом передбачено встановлення системи оповіщення людей про пожежу та управління евакуацією. Зазначена система забезпечує:

- передачу звукових сигналів тривоги;
- трансляцію мовних повідомлень про виникнення пожежі;
- адресну передачу повідомлень в окремі зони будівлі з інформацією

про місце виникнення пожежі, шляхи евакуації та дії, необхідні для забезпечення особистої безпеки.

Технічні засоби системи оповіщення та управління евакуацією включають комплект підсилювачів звуку, джерела звукових повідомлень (магнітофони або цифрові модулі), гучномовці, сигнальні дзвінки, а також

пристрої керування, які забезпечують надійну та своєчасну роботу системи в аварійних ситуаціях.

#### 4.1.7 Санітарні умови і вимоги

Параметри мікроклімату в житлових приміщеннях будинку, зокрема температура повітря, відносна вологість та швидкість його руху, повинні відповідати оптимальним нормативним значенням, встановленим для житлових будівель. Дотримання зазначених параметрів забезпечує комфортні умови проживання мешканців, а також сприяє підтриманню сприятливого санітарно-гігієнічного стану приміщень.

З метою підтримання нормативної температури повітря в холодний період року в будівлі передбачається система водяного опалення. Як теплоносій у системах опалення використовується гаряча вода з розрахунковими параметрами  $T_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$  (температура подаючого трубопроводу) та  $T_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  (температура зворотного трубопроводу), що відповідає прийнятим теплотехнічним режимам централізованих систем теплопостачання.

Житлові кімнати будівлі забезпечені природним бічним освітленням через віконні прорізи, що дозволяє досягти нормативного рівня інсоляції та природної освітленості. У темний період доби та за недостатнього рівня природного освітлення передбачено штучне освітлення із застосуванням електричних ламп розжарювання. У приміщеннях спортзалу та салону краси проєктом передбачено використання люмінесцентних ламп, які забезпечують підвищений рівень освітленості та рівномірний розподіл світлового потоку відповідно до функціонального призначення приміщень.

#### 4.1.8 Інженерне обладнання будинків

Система опалення будівлі прийнята однотрубна з прокладанням магістральних трубопроводів по горищному поверху. Розводка системи

опалення виконана за схемою з верхнім розведенням трубопроводів, прокладання яких передбачено відкритим способом, що спрощує експлуатаційне обслуговування та контроль технічного стану мереж.

У якості опалювальних приладів прийняті сталеві радіатори типу KERMI, які характеризуються високою тепловіддачею, надійністю та відповідністю сучасним вимогам енергоефективності. Трубопроводи системи опалення виконуються з металопластикових труб відповідно до вимог нормативного документа [18].

З метою зменшення тепловтрат та підвищення енергоефективності системи окремі ділянки трубопроводів підлягають теплоізоляції, особливо в неопалюваних приміщеннях і на горищному поверсі.

Джерелом водопостачання житлового будинку є існуюча міська мережа водопроводу. Наявний напір води в точці підключення становить 21 м водяного стовпа, що є достатнім для забезпечення нормальної роботи внутрішніх систем водопостачання.

У будівлі запроєктовано тупикову систему холодного водопостачання. Для обліку витрат води на ввіді в будинок передбачається встановлення водомірного вузла, що забезпечує контроль споживання водних ресурсів.

Система гарячого водопостачання запроєктована централізованою з подачею теплоносія від котельні. Мережі гарячого водопостачання виконуються з металопластикових труб відповідно до вимог [18]. Система гарячого водопостачання також прийнята тупиковою, що відповідає функціональному призначенню та режиму експлуатації будівлі.

Повітрообмін у приміщеннях будівлі та принципові рішення систем вентиляції прийняті за індивідуальним проєктом з урахуванням функціонального призначення приміщень та вимог до мікроклімату.

Приплив повітря в житлові приміщення здійснюється природним неорганізованим способом через віконні та дверні прорізи. Видалення

відпрацьованого повітря з житлових приміщень передбачене природною витяжною вентиляцією через стінові вентиляційні канали.

Вентиляційні канали запроектовані розміром  $120 \times 270$  мм, що забезпечує нормативний повітрообмін у приміщеннях.

Вентиляція приміщень салону краси та спортзалу передбачена за допомогою механічної припливно-витяжної вентиляційної системи. Для забезпечення комфортних параметрів мікроклімату в залах запроектовано встановлення приладів кондиціонування повітря, які забезпечують регулювання температури та вологості.

Система внутрішньої каналізації запроектована з використанням поліетиленових труб для внутрішньої каналізації відповідно до вимог нормативного документа [18]. Застосування даних матеріалів забезпечує герметичність, довговічність та стійкість системи до агресивних середовищ.

Побутові стічні води від житлового будинку відводяться в зовнішню міську мережу водовідведення, що забезпечує централізоване очищення та утилізацію стоків.

Електропостачання житлового будинку передбачається від трансформаторної підстанції встановленою потужністю 100 кВт, що забезпечує покриття потреб будівлі в електричній енергії. Облік споживання електроенергії здійснюється на ввіді до будинку шляхом встановлення відповідних приладів обліку.

Проектом передбачено використання природного та штучного освітлення. Для освітлення житлових приміщень прийняті світильники з лампами розжарювання, а для приміщень салону краси та спортзалу — світильники з люмінесцентними лампами, які забезпечують підвищений рівень освітленості та рівномірний розподіл світлового потоку.

Крім того, житловий будинок забезпечується слабкострумовими мережами, системами радіофікації та телефонного зв'язку, що відповідає сучасним вимогам до інженерного оснащення житлових будівель.

## 4.2 Організація будівництва

### 4.2.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень проекту

Характеристика об'єкта будівництва, а також прийняті архітектурно-конструктивні рішення наведені у розділі 4.1 пояснювальної записки.

Основними споживачами електричної енергії на будівельному майданчику є будівельні машини, механізми та технологічні установки, що використовуються під час виконання будівельно-монтажних робіт. Крім того, електроенергія витрачається на освітлення території будівельного майданчика, а також інвентарних тимчасових будівель і споруд, що забезпечує безпечні умови праці та можливість виконання робіт у темний період доби [22].

Основними споживачами води на будівельному майданчику є будівельні машини, механізми й установки, технологічні процеси, пов'язані з виконанням будівельних робіт, а також господарсько-побутові потреби працівників. Окрім цього, у загальному балансі водоспоживання враховуються витрати води на зовнішнє пожежогасіння, що є обов'язковою складовою інженерного забезпечення будівельного майданчика відповідно до вимог пожежної безпеки.

### 4.2.2 Проектування та розрахунок календарного графіка виконання робіт

Роботи по зведенню об'єкту складаються з робіт підготовчого періоду, з робіт по влаштуванню підземної частини, з робіт по влаштуванню надземної частини, робіт з влаштування покрівлі та оздоблювальних робіт.

Підрахунки об'ємів робіт наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Відомість основних будівельно-монтажних робіт

Найменування виду робіт	Одиниця виміру	Норм. джерело	Формула підрахунку	Об'єми робіт
1	2	3	4	5
<b>НАДЗЕМНА ЧАСТИНА</b>				
Кладка зовнішніх стін 6-го поверху	1 м3	8-20-7	$83+(53,812+40,20) \cdot 12+62,7+53,812+46,53+80,18+19,93$	1474
<b>ПОКРІВЛЯ</b>				
Влаштування гідроізоляції	100 м3	11-4-5	По проекту	12,18
Теплоізоляція	1 м3	11-8-3	$0,3 \cdot 1218$	365,4
Влаштування бетонних стяжок	100 м2	11-11-3	По проекту	12,18
Влаштування покрівлі	100 м2	12-2-1	По проекту	12,18
<b>ВЛАШТУВАННЯ ВИМОЩЕННЯ ТА ГАНКІВ</b>				
Влаштування підстилаючого шару	м3	8-3-1	$172,56 \cdot 0,2$	34,6
Влаштування асфальтового покриття	100 м2	11-19-1	$2 \cdot (28,8 \cdot 3) + 37,6 + 2 \cdot 1,2$	1,73

4.2.3 Розрахунок і проектування тимчасових адміністративних та господарсько-побутових будівельних споруд

Тимчасові будівлі та споруди, що влаштовуються на будівельному майданчику, поділяються на три основні групи:

- адміністративні;
- господарсько-побутові;
- складські.

Зазначені об'єкти є необхідними для забезпечення належних умов праці робітників, організації управління будівельним процесом, а також для раціонального матеріально-технічного забезпечення будівництва об'єкта в цілому. Їх наявність та правильне розміщення сприяють підвищенню продуктивності праці, дотриманню вимог охорони праці та безпеки, а також ефективній організації будівельно-монтажних робіт.

Площі тимчасових будівель і споруд визначаються розрахунковим шляхом відповідно до встановлених вихідних даних, які враховують характер і обсяги будівельних робіт, тривалість будівництва та виробничі потреби будівельного майданчика.

Адміністративні та господарсько-побутові будівлі проектується з урахуванням загальної чисельності працюючих на будівельному об'єкті, режиму їх роботи та нормативних вимог щодо забезпечення санітарно-гігієнічних і побутових умов. При цьому передбачається раціональне зонування території будівельного майданчика та забезпечення зручних зв'язків між тимчасовими будівлями, складськими зонами та місцями виконання основних будівельних робіт [23].

1. Визначаємо загальну кількість робітників працюючих на об'єкті [22]:

$$N_{\text{заг}} = 0,89 \cdot (40 + 5 + 2 + 3) = 42 \text{ чол}$$

де 0,89 – коефіцієнт виходу на роботу;  $N_p$  – максимальна кількість робочих за графіком руху робочих кадрів, чол.);  $N_{\text{ігр}}$  – кількість інженерно-технічних працівників, яка приймається в кількості 8% від  $N_{\text{мах}}$ , чол.;  $N_{\text{моп}}$  – кількість молодшого обслуговуючого персоналу, яка приймається у кількості 2,5 % від  $N_{\text{мах}}$ , чол.;  $N_{\text{ст}}$  – кількість службовців, яка приймається у розмірі 5% від  $N_{\text{мах}}$ , чол.  $N = 20$  чол..

2. За отриманими даними розраховуємо площі тимчасових будівель і споруд.

Контора будівельної ділянки (виконробська з диспетчерською) розраховуються, виходячи із кількості інженерно-технічних працівників та молодшого обслуговуючого персоналу з розрахунку 5 м<sup>2</sup> площі на одного працівника.

$$S_1 = 5 \cdot (5 + 2) = 35 \text{ м}^2$$

Площу гардеробних з умивальниками розраховуємо, виходячи з максимальної кількості робітників, з розрахунку 0,7 м<sup>2</sup> на одного працюючого.

$$S_2 = 60 \cdot 0,7 = 42 \text{ м}^2$$

Площа душових приміщень визначається з розрахунку 0,4 м<sup>2</sup> на одного працюючого від суми максимальної кількості робочих (за графіком руху робочих кадрів) та кількості службовців.

$$S_3 = 63 \cdot 0,4 = 25 \text{ м}^2$$

Площа приміщень для прийому їжі розраховується із розрахунку 0,8 м<sup>2</sup> на одного працюючого для загальної кількості працюючих на об'єкті.

$$S_4 = N_{\text{заг}} \cdot 0,8 = 63 \cdot 0,8 = 50,4 \text{ м}^2$$

Площа приміщень для сушіння одягу приймається з розрахунку 0,2 м<sup>2</sup> на одного працівника від загальної кількості робітників, які працюють на об'єкті.

$$S_5 = 0,2 \cdot N_{\text{заг}} = 63 \cdot 0,2 = 12,6 = 13 \text{ м}^2$$

Туалети приймаємо з розрахунку 0,1 м<sup>2</sup> на одного працівника від загальної кількості робітників, що працюють на об'єкті, але не менше 2-х відділень окремо для кожної статі і не менше 2,16 м<sup>2</sup> площі.

$$S_7 = 0,1 \cdot N_{\text{заг}} = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ м}^2 > 2,16 \text{ м}^2$$

$$S_7 = 0,1 \cdot N_{\text{заг}} = 63 \cdot 0,1 = 6,3 > 2,16 \text{ м}^2$$

Проектування тимчасових будівель і споруд проводиться у відповідності із каталогами уніфікованих типових проектів інвентарних будівель і споруд, а також з урахуванням величин розрахованих площ.

Розрахунки і проектування виконуємо в табличній формі таблиця 4.10. Прийнятий тип будівлі за площею і розмірами повинен бути більшим або рівним розрахунковим величинам.

Таблиця 4.10 – Розрахунок і проектування тимчасових будівель

Назва будівлі	Кількість працюючих, чол.	Норма площ на одну людину, м <sup>2</sup>	Розрахункова площа, м <sup>2</sup>	Розміри, м	Кількість, шт.	Корисна площа, м <sup>2</sup>	Шифр тип. проекту	Тип будівлі
Виконробська	7	5,0	35	2,7x9,0	2	24,3	420-04-47	пересувна
Гардеробні з умивальниками	62	0,7	43,4	2,7x18,0	1	48,6	420-01-08	пересувна
Душові	63	0,4	25,2	3,0x7,1	2	21,3	420-01-07	пересувна
Приміщення для прийому їжі	62	0,8	49,6	17x3,1	1	52,7	420-04-34	пересувна
Приміщення для відпочинку	62	0,1	6,2	3,0x6,7	1	20,1	420-04-29	пересувна
Сушилка	62	0,2	12,4	2,7x6,0	1	16,2	420-04-29	пересувна
Туалет	62	0,1	6,2	2,5x2	2	5	420-04-23	збірна

#### 4.2.4 Розрахунок площ відкритих і закритих складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів

Для визначення раціональних розмірів складських приміщень будівельного майданчика на першому етапі необхідно встановити обсяг будівельних матеріалів, конструкцій і виробів, які підлягають зберіганню. Розрахунок обсягів виконується з урахуванням номенклатури матеріалів, інтенсивності їх використання та строків постачання.

Запас матеріалів, конструкцій і деталей, що формується на будівельному майданчику, повинен забезпечувати безперебійний і ритмічний хід будівельно-монтажних робіт, водночас не перевищуючи економічно доцільних обсягів. Надмірні запаси призводять до нераціонального використання площ, ускладнення логістики та підвищення ризику пошкодження або втрати матеріалів [24].

Відкриті склади доцільно проектувати переважно для зберігання дрібноштучних і збірних конструкцій, виробів та матеріалів, які використовуються в будівельному процесі періодично і не потребують

зберігання в закритих приміщеннях. Такі склади забезпечують зручність навантажувально-розвантажувальних робіт і скорочують час подачі матеріалів до місць їх використання.

Площа відкритого складу та його планувальні розміри визначаються розрахунковим шляхом у табличній формі з урахуванням добових витрат будівельних матеріалів і виробів, нормативного запасу, коефіцієнтів ущільнення складування та необхідних проходів для обслуговування складу. Результати розрахунків узагальнюються у відповідній таблиці, що дозволяє обґрунтовано визначити необхідну площу відкритого складу та забезпечити ефективну організацію складського господарства будівельного майданчика.

Таблиця 4.11 – Розрахунок площі відкритих складів

Назва будівельних матеріалів, конструкцій або деталей	Одиниця виміру	Заг. кільк. буд. мат., конструкцій або деталей	Максимальні витрати за добу	Прийнятий запас на складі, дів	Запас матеріалів у натур, показниках	Норма зберігання матеріалу на 1м2 складу	Розрахункова корисна площа складу, м2	Коеф. на проходи	Розрахункова площа складу, м2	Прийнята площа, м2	Розміри відкрит. складу в плані, м
Сходові марші	м2	55,3	3,45	1	3,45	0,6	5,75	0,4	14,47	15	5x3
Сходові марші	м2	16,93	2,12	1	2,12	0,6	3,53	0,4	8,3	12	4x3
Цегла	тис. шт.	796,7	6	3	18	0,7	54	0,4	120	120	10x12

Тимчасовий закритий склад будівельного майданчика проєктується відповідно до вимог каталогу інвентарних будівель і споруд, що застосовуються у практиці організації будівництва. У дипломному проєкті для розміщення та зберігання будівельних матеріалів прийнято інвентарну збірно-щитову будівлю закритого типу.

Габаритні розміри складу в плані становлять: ширина – 5 м, довжина – 24 м, при висоті будівлі 3,5 м. Таким чином, загальна площа закритого складу складає 120 м<sup>2</sup>, що забезпечує можливість раціонального розміщення матеріалів, обладнання та інвентарю з урахуванням вимог до їх зберігання та безпечної експлуатації.

Для зберігання окремих видів будівельних матеріалів, які не потребують повністю закритих приміщень, проектом передбачено улаштування трьох навісів. Кожен навіс має розміри 5 × 10 м у плані та висоту 3,0 м, що дозволяє забезпечити захист матеріалів від атмосферних опадів і водночас зручний доступ для навантажувально-розвантажувальних робіт [23].

Запропоноване рішення щодо організації складського господарства будівельного майданчика відповідає вимогам технологічної доцільності, безпеки праці та ефективної організації матеріально-технічного забезпечення будівництва.

#### 4.2.5 Розрахунок і проектування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва

Для забезпечення потреб будівельного майданчика у воді проектом передбачено підключення до існуючої мережі магістрального водопроводу району забудови. Тимчасова система водозабезпечення призначена для покриття господарсько-побутових та виробничих потреб у процесі виконання будівельно-монтажних робіт.

Розрахунок сумарних витрат води на потреби будівництва за одну зміну виконується поетапно відповідно до прийнятого алгоритму [22]:

1. Витрати води на господарсько-побутові потреби визначаються виходячи із загальної кількості працюючих на будівельному майданчику з урахуванням нормативних витрат води на одного працівника за зміну.

2. Витрати води на виробничі потреби розраховуються на підставі фактичних обсягів будівельних робіт і технологічних процесів. У даному проекті до них належать:

- миття будівельної техніки та автотранспорту — 7 одиниць;
- поливання цегли — 796,7 тис. шт.;
- фарбування поверхонь водними розчинами — 13 809,5 м<sup>2</sup>.

3. На наступному етапі встановлюються нормативні витрати води на одиницю споживання, а також коефіцієнт нерівномірності водоспоживання, який враховує коливання витрат води протягом зміни. На основі цих даних у табличній формі (таблиця 4.12) виконується розрахунок загальної потреби води на будівельному майданчику.

Зазначений підхід дозволяє обґрунтовано визначити необхідну витрату води для безперебійного функціонування будівельного майданчика та забезпечення технологічних і побутових процесів у період будівництва.

Таблиця 4.12 – Розрахунок тимчасового водозабезпечення

Назва споживача	Одиниця виміру	Кількість	Норми витрат за зміну, л	Коеф. нерівномірності водоспож.	Загальні потреби води, л
<b>I. ВИРОБНИЧІ ПОТРЕБИ</b>					
Миття автомобілів	шт.	7	250	1,5	2625
Екскаватор з двигуном внутрішнього згорання	шт.	1	120	1,5	180
Бульдозер	шт.	1	350	1,5	525
Промивання щебеню	м3	34,8	1000	1,1	38280
Поливання цегли	тис. шт.	796,7	250	1,1	219092
Малярні роботи	м2	13810	6	1,5	124285
Штукатурні роботи	м2	19931	8	1,5	239162
Поливання бетону	м3	4133	300	1,5	1859839
Всього за розділом I					2483988
<b>II. ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВІ ПОТРЕБИ</b>					
Санітарно - госп. потреби	чол.	62	20	2	2480
Миття в душі	чол.	60	40	1	2400
Потреби при відсутності каналізації	чол.	63	15	1	945

Розраховуємо секундні витрати води в зміну:

- виробничі витрати води:

$$B_{\text{вир}} = \frac{2483988}{8 \cdot 3600} = 86,2 \text{ л/с},$$

де  $t = 8$  годин - тривалість зміни.

Для будівельного майданчика площею до 10 га витрати води на пожежегасіння дорівнюватимуть -  $B_{\text{пож}} = 10$  (л/с).

Розрахункові сумарні секундні витрати води визначаємо:

$$q_p = B_{\text{вир}} + B_{\text{осп}} + B_{\text{пож}} = 86,2 + 0,24 + 10 = 96,44 \text{ л/с}.$$

Розрахунковий діаметр труб тимчасового водопроводу для водозабезпечення потреб будівництва розраховуємо:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,11 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,3}} = 122 \text{ мм}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 96,44 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,3}} = 307 \text{ мм}.$$

де  $q_p$  - розрахункові сумарні секундні витрати води, л/с;  $v$  - швидкість води в трубах,  $v = 1,3$  м/с;  $\pi = 3,14$

Приймаємо тимчасовий водопровід  $\varnothing 300$  мм.

#### 4.2.6 Розрахунок і проектування мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика

В табличній формі (таблиця 4.13) складаємо перелік споживачів електроенергії та їх характеристики та розраховуємо максимальні сумарні витрати електроенергії для виконання будівельно-монтажних робіт по об'єкту. Під час вибору споживачів аналізуються усі можливі варіанти за графіком виконання робіт і графіком роботи машин і механізмів коли для потреб будівництва електроенергія буде споживатись в максимальній кількості [22].

Сумарну розрахункову потужність електроспоживачів на будівельному майданчику визначаємо, в кВт [23]:

$$P = 1,1 \cdot \left( \frac{121}{0,7} + 52,16 + 10,5 \right) = 260 \text{ кВт},$$

де: 1,1- коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі;  $P_c$  – силова потужність машини, кВт;

$P_t, P_{o.v.}, P_{o.z.}$  - потужності, що споживаються, відповідно на технологічні потреби, освітлення внутрішнє і освітлення зовнішнє, кВт;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  - коефіцієнти попиту, що залежать від споживача;  $\cos \phi_1, \cos \phi_2$  – коефіцієнти потужності, що залежать від характеру, кількості та завантаження споживачів енергії.

Приймаємо підбираємо тимчасову трансформаторну підстанцію КТПН-72М-400, потужністю 400 кВт.

Таблиця 4.13 – Розрахунок електрозабезпечення будівельного майданчика

Споживачі	Одиниця виміру	Кількість	Встанов. потуж. одиниці, кВт	Загальні потреби, кВт	Коеф. попиту	Розрах. потужн., кВт
<b>I. СИЛОВІ СПОЖИВАЧІ</b>						
Баштовий кран КБ-160.4	шт.	2	191	382	0,2	76,4
Штукатурна станція «Салют-2»	шт.	1	26	26	1,1	28,6
Електрокраскопульт СО-61	шт.	3	0,27	0,81	1,1	0,89
Станок для різки паркету СО-70	шт.	2	0,6	1,2	0,2	0,24
Машина для нанесення бітумної мастики СО-122А	шт.	1	4,9	4,9	0,2	0,98
Машина для наклеювання наплавленого руберойду СО-121	шт.	1	1,1	1,1	0,2	0,22
Зварювальний апарат (ТЕД - 500)	шт.	1	32	32	0,35	11,2
Всього за розділом I						121

#### 4.2.7 Техніко-економічні показники проекту

1. Директивний термін будівництва, місяців.  $T_d = 8$  місяців.
2. Фактичний термін будівництва, місяців  $T_f = 7.5$  місяців.
3. Показник рівномірності будівельного потоку в часі:

$$K_1 = \frac{n_{\max}}{n_{\text{ср}}} = 40 / 20 = 2.0$$

де:  $n_{\max}$  – максимальна кількість робочих в день, чол.;  $n_{\text{ср}}$  – середнє число робочих в день (чол.).

4. Показник компактності будгенплану:

$$K_2 = \frac{F_3}{F_B} = 1837,23 / 6470 = 0,28$$

де:  $F_B$  – площа будівельного майданчика, або площа геометричної фігури по межі огороження, м<sup>2</sup>;  $F_3$  – площа забудови території будівельного майданчика;

$$F_3 = 529.2 + 436.5 + 150 + 721,53 = 1837,23 \text{ м}^2$$

де:  $S_{\text{буд}}$  – площа будівлі, що споруджується;  $S_{\text{тимч.буд.}}$  – площа тимчасових будівель і споруд;  $S_{\text{скл}}$  – площа відкритого складу;  $S_{\text{дор}}$  – площа доріг та тротуарів.

5. Показник відношення площі тимчасових будівель до площі забудови:

$$K_3 = \frac{F_T}{F_3} = 436,5 / 1837,23 = 0,24$$

6. Показник використання території під склади:

$$K_4 = \frac{F_{\text{ск}}}{F_{\text{буд}}} = (120 + 150) / 529,2 = 0,5$$

де:  $F_{\text{ск}}$  – площа відкритого і закритого складів, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{буд}}$  – площа будівельного об'єкту.

7. Показник розвитку мережі тимчасових доріг:

$$K_5 = \frac{F_D}{F_{\text{см}} - F_3} = 721.53 / (6470 - 1837.23) = 0,16$$

де:  $F_d$  - площа тимчасових всередині майданчикових автодоріг,  $m^2$

#### Висновок за розділом 4

У четвертому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розроблено та обґрунтовано архітектурно-будівельні й конструктивні рішення житлового будинку з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності та експлуатаційної надійності. Визначено основні технічні параметри будівлі, кліматичні умови району будівництва та особливості земельної ділянки й навколишньої забудови.

Запропоновані конструктивні рішення огорожувальних конструкцій забезпечують нормативні показники міцності, жорсткості та теплозахисту. Проведені перевірочні розрахунки підтвердили працездатність під'їзної плити, фундаментної плити, стін і консольних елементів за дією розрахункових навантажень. Реалізація прийнятих технічних рішень дозволяє підвищити довговічність конструкцій, зменшити тепловтрати та забезпечити безпечні умови експлуатації житлового будинку.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 5.1 Кошторисна документація

В даному розділі визначаємо кошторисну вартість будівництва житлового будинку (об'єкту дослідження).

Для визначення кошторисної вартості складаємо інвесторську кошторисну документацію [17]:

- локальний кошторис на загально будівельні роботи (таблиця 5.1),
- на внутрішні санітарно-технічні роботи (таблиця 5.2),
- внутрішні електромонтажні (таблиця 5.3),
- на монтаж технологічного устаткування (таблиця 5.4),
- на придбання технологічного устаткування (таблиця 5.5),
- об'єктний кошторис(таблиця 5.6),
- зведений кошторисні розрахунки (ЗКР) (таблиці 5.7).

Локальні кошториси (таблиця 5.1 – 5.5) підраховуємо за укрупненими кошторисними нормами на основі об'єму будівлі (разом з підземною частиною) – 16169,47 м<sup>3</sup>.

Заробітна плата 7 –го розряду робіт -117,88 грн/люд-год для розрахунку заробітної плати робочих, що виконують загально виробничі витрати. Кошторисний прибуток приймаємо 18,11 грн/люд-год, адміністративні витрати 5,06 грн/люд-год, ризик усіх учасників інвестиційного процесу – 2,5% від суми глав 1-12 ЗКР, витрати, які враховують інфляційні процеси, приймаємо 32,2 % від суми глав 1-12 ЗКР [17].

Для розрахунку кошторисного прибутку в ЗКР необхідно визначити загальну кошторисну трудомісткість по будівельному об'єкту, яка складається з таких трудовитрат:

нормативно-розрахункова кошторисна трудомісткість в прямих витратах – Т ПВ (визначається за локальними кошторисами) – 98,983 тис. люд-год,  
 розрахункова кошторисна трудомісткість в загальновиробничих витратах (ЗВВ) (визначається за локальними кошторисами) 10,832 люд-год;  
 розрахункова кошторисна трудомісткість в засобах на зведення та розбирання титульних тимчасових будівель та споруд:

$$T_{\text{Тимч}} = 0,015 \times T_{\text{ПВ}} = 1,485 \text{ тис. люд-год}, \quad (5.1)$$

де 0,015- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт на зведення та розбирання тимчасових будівель.

розрахункова кошторисна трудомісткість в додаткових затратах при виконанні БМР в зимовий період.

$$T_{\text{зим}} = 0,166 \times T_{\text{ПВ}} = 16,431 \text{ тис. люд-год}, \quad (5.2)$$

де 0,166- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт в зимовий період.

Всього  $T = 127,731$  тис. люд-год,

Кошторисний прибуток  $\Pi = 18,11 \times 127,731 = 2313,2$  тис. грн.

Загальна площа приміщень становить 4570 м<sup>2</sup>.

Прибуток від продажу із розрахунку, що 1 м<sup>2</sup> житлової площі коштує 40 тис. грн :

$\Pi = 40 \times 4570 = 182784$  тис. грн..

Строк окупності – 1 рік

Таблиця 5.1 – Локальний кошторис № 1

на загальнобудівельні роботи

Кошторисна вартість – 28201,959 тис. грн.

Основна зарплата – 10486,025 тис. грн.

Нормативна трудомісткість – 54,104 тис.люд.-год.

Складений в цінах 2025 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл. машин	тих, що обслуговують машини, люд-год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Загальнобудівельні роботи	м <sup>3</sup>	19169,47	1289,1	198,12			3797856	2,31	44281
					412,25	99,12	24711366	7902615	1900078	0,21	4026
		<b>Всього:</b>					24711366	7902615	3797856		44281
								1900078			4026
								13 010 896			
								9 802 693			
								3 490 592			
								5797			
								683332			
								2 445 923			
								361337			
								28 201 959			
								54104			
								10 486 025			

Таблиця 5.2  
Житловий будинок  
(назва будови)

Локальний кошторис № 02-01-02

на внутрішні санітарно-технічні роботи

Кошторисна вартість 1768,863 тис. грн.

Кошторисна заробітна плата –569,647 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість – 4,581 люд.-год.

Складений в цінах 2025 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл. машин	в т. ч.	
										Основн ЗП	в т. ч. ОЗП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Влаштування опалення	100 м <sup>3</sup>	191,69	10958,4	559,14	2100667	278969	107184	23,8	4562
					1455,28	130,3			24978	1,17	224
2	УКН	Влаштування вентиляції	100 м <sup>3</sup>	191,69	4260,6	645,02	816735	273663	123647	11,9	2281
					1427,6	126,62			24272	0,57	109
3	УКН	Влаштування водопроводу	100 м <sup>3</sup>	191,69	8365,42	761,42	1603607	253765	145960	10,26	1967
					1323,8	131,2			25150	0,48	92
4	УКН	Влаштування каналізації,	100 м <sup>3</sup>	191,69	7298,76	474,9	1399134	275139	91036	58,3	11176
					1435,3	128,9			24709	3,1	594
5	УКН	Влаштування газопостачання	100 м <sup>3</sup>	191,69	20835,46	778,25	3994048	2117324	149186	28,1	5387
					11045,29	106,45			20406	0,77	148

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<b>Всього:</b>					9914190	3198862	<u>617014</u>		<u>25373</u>
									119516		1167
		в тому числі вартість матеріалів						6098315			
		всього зарплата						3318377			
		Разом ЗВВ по кошторису						1410051			
		Нормативна трудомісткість в ЗВВ						2787			
		Нормативна зарплата в ЗВВ						328498			
		Обов'язкові платежі та внески						850654			
		Решта статей ЗВВ						230899			
		Кошторисна вартість						11324241			
		Нормативна трудомісткість						29327			
		Кошторисна зарплата						3646875			

Таблиця 5.3  
Житловий будинок  
(назва будови)

Локальний кошторис № 02-01-03

на внутрішні електромонтажні роботи

Кошторисна вартість – 8365,993 тис. грн.

Основна зарплата – 663,247 тис. грн.

Нормативна трудомісткість – 20,818 тис. люд.-год.

Складений в цінах 2025 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл машин	тих, що обслуговують машини, люд-год	
										ОЗП	в т. ч. ОЗП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Влаштування електроосвітлення	100 м <sup>3</sup>	191,7	12293,34	549,84	2356568	326537	105401	76,84	14730
					1703,42	58,55			11224	2,96	567
2	УКН	Електросил обладн.: а) вартість обладнання	100 м <sup>3</sup>	191,7	9370		1796180				
3	УКН	б) влаштування обладнання	100 м <sup>3</sup>	191,7	19281,6	86,69	3696181	103945	16618	16	3067
					542,24	23,73			4549	2,6	498

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			<b>Всього:</b>						<u>122019</u>		<u>17797</u>	
							7848929	430481	15773		1180	
			в т. ч. вартість матеріалів					7296428				
			всього зарплата					446254				
			Разом ЗВВ по кошторису					517064				
			Нормативна трудомісткість в ЗВВ					1841				
			Нормативна зарплата в ЗВВ					216993				
			Обов'язкові платежі та внески					154706				
			Решта статей ЗВВ					145366				
			Кошторисна вартість					8365993				
			Нормативна трудомісткість					20818				
			Кошторисна зарплата					663247				

Таблиця 5.4

Житловий будинок  
(назва будови)

Локальний кошторис № 02-01-04

на монтаж технологічного устаткування

Кошторисна вартість – 10860,885 тис.грн.

Основна зарплата – 284,724 тис. грн.

Нормативна трудомісткість – 5566 люд.-год.

Складений в цінах 2025 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл машин	тих, що обслуговують машини, люд-год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Монтаж технологічного устаткування	1000 м <sup>3</sup>	19,169	558924,92	1283,85			24611	258,7	4959
		<b>Всього:</b>			11917,55	429,45	10714296	228453	8232	10,4	199
							10714296	228453	8232		4959
								10461232			
									236685		
									146590		
									408		
									48039		
									66413		

			Решта статей ЗВВ	32137			
			Кошторисна вартість	10860885			
			Нормативна трудомісткість	5566			
			Кошторисна зарплата	284724			

Склав \_\_\_\_\_

Перевірив \_\_\_\_\_

Таблиця 5.5

Житловий будинок  
(назва будови)

Локальний кошторис № 02-01-05  
на придбання технологічного устаткування

Складений в цінах 2025 р.

Кошторисна вартість –10186,07 тис. грн.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат,	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	УКН	Технологічне устаткування	1000 м <sup>3</sup>	19,169	501703,32	9617388
	<b>Разом</b>					9617388
	<b>Запасні частини 1%</b>					96174
	<b>Разом</b>					9713562
	<b>Витрати на тару, упаковку та реквізити 0,5%</b>					48568
	<b>Разом</b>					9762129
	<b>Транспортні витрати 3 %</b>					292864
	<b>Разом</b>					10054993
	<b>Заготівельно-складські витрати 0,9%</b>					90495
	<b>Разом</b>					10145488
	<b>Комплектація 0,4%</b>					40582
	<b>Всього по кошторису</b>					10186070

Склав \_\_\_\_\_ Перевірів \_\_\_\_\_



Таблиця 5.7

Затверджено

Зведений кошторисний розрахунок в сумі 87084,32 тис.грн.

В тому числі зворотні суми 81,74 тис. грн.

„ „ 2025 р.

**Зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва**

Складений в цінах 2025 р.

№ п/п	Номер кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, об'єктів, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис. грн.			
			буд. робіт	устаткування меблів та інвентарю	Інших витрат,	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
1		Глава 1				
		Підготовка території будівництва				
		Відведення земельної ділянки				
		Всього по главі 1	51,89		78,89	130,78

## Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7
2		Глава 2				
		Основні об'єкти будівництва				
		Котедж №1				
		Всього по главі 2	56956,90	11982,25		68939,15
3		Глава 4				
		Об'єкти енергетичного господарства				
		Всього по главі 4	65,21	11,23	52,13	128,57
5		Глава 5 Об'єкти транспортного господарства і зв'язку Будівництво автомобільних шляхів				
4		Всього по главі 5	84,23			84,23
5		Глава 6 Зовнішні мережі (споруди водопостачання, каналізації, тепlopостачання і газифікації)				
		Зовнішня мережа водопостачання				
		Зовнішня мережа каналізації				
		Всього по главі 6	147,25	25,48	41,25	213,98
6		Глава 7				
		Благоустрій території				
		Всього по главі 7	54,87	84,12	5,4	144,39
		Всього по главах 1-7	57360,35	12103,08	177,67	69641,10

## Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7
7		Глава 8				
		Тимчасові будівлі та споруди				
		Всього по главі 8	544,92			544,92
		Всього по главах 1-8	57905,27	12103,08	177,67	70186,02
8		Глава 9 Інші роботи і витрати				
		Додаткові витрати при виконанні будівельно-монтажних робіт у зимовий період				
		Всього по главі 9	364,80			364,80
		Всього по главах 1-9	58270,08	12103,08	177,67	70550,82
9		Глава 10				
		Утримання дирекції підприємства будівництва та авторського нагляду				
		Утримання дирекції і технічного надзору			1058,26	1058,26
		Утримання служб замовника			705,51	705,51
		Всього по главі 10			1763,77	1763,77
11		Глава 12				
		Проектно вишукувальні роботи			1763,77	1763,77
		Експертиза проектно-вишукувальних робіт			264,57	264,57
		Всього по главі 12			2028,34	2028,34

## Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7
		Всього по главах 1-12	58270,08	12103,08	3969,78	74342,93
12		Кошторисний прибуток	2313,20	-	-	2313,20
13		Кошти на покриття ризику усіх учасників будівництва	1456,75	302,58		1759,33
14		Засоби на покриття адміністративних витрат будівельно монтажної організації			646,32	646,32
		Кошти на покриття додаткових витрат пов'язаних з інфляційними процесами	6642,79	1379,75		8022,54
		Всього по ЗКР	68682,82	13785,41	4616,09	87084,32
		Зворотні суми				81,74

## 5.2 Техніко-економічні показники проекту

Техніко-економічні показники проекту – це сукупність якісних і кількісних характеристик, які використовуються для оцінки ефективності та доцільності реалізації проекту. Ці показники дозволяють програмі економічну вигоду, технологічну здійсненність, фінансову рентабельність та загальну ефективність проекту.

Техніко-економічні показники проекту наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Техніко-економічні показники проекту

Назва показника	Одиниця виміру	Дипломний проект	
		Розрахунок	Показник
Площа забудови,	м <sup>2</sup>	S заб	860
Будівельний об'єм,	м <sup>3</sup>	V	19169,47
Загальна площа	м <sup>2</sup>		4570
Кошторисна вартість		Зв.коштр.	
а) будівництва	тис.грн.	Об'єктн.	87084,32
б) об'єкта	тис.грн.	кошт.	68939,15
в) БМР (С <sub>БМР</sub> )	тис.грн.	Лок.кошт	28201,96
Кошторисна вартість загальнобудівельних робіт на 1 м <sup>2</sup> будівлі	грн.	С <sub>БМР</sub> / S	15086
Витрати праці	тис. люд-год	T	109,81
Середньо змінний виробіток на одного робітника	Тис.грн./люд-год	С <sub>БМР</sub> / T	521,26
Витрати праці на 1 м <sup>3</sup> будівлі	люд-год	T / V	5,72
Прибуток буд. організації	тис. грн.		2313,2
Рівень рентабельність	%		8,52
Строк окупності	роки		1

## Висновок за розділом 5

В даному розділі складена кошторисна документація для визначення кошторисної вартості об'єкту проектування. Складені локальні кошториси, об'єктний кошторис, зведений кошторисний розрахунок, прораховані техніко-економічні показники. Кошторисна вартість будівництва за зведеним кошторисним розрахунком становить 87084,32 тис. грн. На основі підрахованого прибутку від продажу – 182784 тис. грн. визначений строк окупності – 1 рік.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено актуальну науково-практичну задачу підвищення енергоефективності житлових будівель шляхом розробки та обґрунтування раціональних конструктивних рішень багатошарових зовнішніх стін. На основі аналізу нормативних документів, наукових джерел і сучасних технологій встановлено, що огорожувальні конструкції є ключовим елементом, який визначає рівень тепловтрат і енергоспоживання будівель.

У ході дослідження проаналізовано сучасні теплоізоляційні матеріали та конструктивні системи, визначено їх вплив на теплотехнічні показники будівель. Виконані теплотехнічні розрахунки показали, що запропоновані багатошарові конструкції стін забезпечують нормативний опір теплопередачі, відсутність конденсації вологи та стабільний температурно-вологісний режим приміщень.

Розроблені архітектурно-будівельні й конструктивні рішення підтвердили свою ефективність за результатами розрахунків міцності та експлуатаційної надійності. Економічні розрахунки засвідчили доцільність впровадження запропонованих рішень, оскільки підвищення енергоефективності дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на опалення та кондиціювання будівлі впродовж усього життєвого циклу.

Отримані результати мають практичне значення та можуть бути використані при проєктуванні нових і термомодернізації існуючих житлових будівель відповідно до сучасних вимог енергоефективності та сталого розвитку будівельної галузі України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Найчук О. В., Бікс Ю. С. Раціональні конструктивні рішення при проектуванні багатозорових енергоефективних стін житлових будівель. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Енергоефективність в галузях економіки України-2025, Вінниця, 19-21 листопада 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26446/21793>
2. Energy Efficiency Trends and Policies in the Household and Tertiary Sectors 2015
3. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge April 2015
4. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge
5. Comité Européen de Normalisation. Energy Performance of Buildings— Impact of Building Automation, Control, and Building Management; European Technical Standard EN 15232; CEN: Brussels, Belgium, 2012.
6. European Parliament. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings; Directive 2010/31/EU; The European Parliament and the Council of the European Union: Brussels, Belgium, 2010.
7. Costanzo, G.T.; Zhu, G.; Anjos, M.F.; Savard, G. A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings. IEEE Trans. Smart Grid 2012, 3, 2157–2165.

8. World Business Council for Sustainable Development. Transforming the Market: Energy Efficiency in the Buildings; World Business Council for Sustainable Development: Brussels, Belgium, 2009.
9. Kailas, A.; Cecchi, V.; Mukherjee, A. A survey of communications and networking technologies for energy management in buildings and home automation. *J. Comput. Netw. Commun.* 2012, 1–12.
10. Darby, S. The Effectiveness of Feedback on a Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. Environmental Change Institute University of Oxford: Oxford, UK, 2006.
11. Javaid, N.; Khan, I.; Ullah, M.N.; Mahmood, A.; Farooq, M.U. A survey of home energy management systems in future smart grid communications. In Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications, Compiegne, France, 28–30 October 2013
12. Fitzgerald, M. Finding and Fixing a Homes Power Hogs. 2008. Available online: <http://www.nytimes.com/2008/07/27/technology/27proto.html> (accessed on 16 November 2015).
13. Aslam, M.; Shah, T.; Javaid, N.; Rahim, A.; Rahman, Z.; Khan, Z.A. CEEC: Centralized energy efficient clustering a new routing protocol for WSNs. In Proceedings of the 9th IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), Seoul, Korea, 18–21 June 2012.
14. Ahmad, A.; Latif, K.; Javaid, N.; Khan, A.; Qasim, U. Density controlled divide-and-rule scheme for energy efficient routing in wireless sensor networks. In Proceedings of the 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE2013), Regina, SK, Canada, 5–8 May 2013.
15. Khan, M.Y.; Javaid, N.; Khan, M.A.; Javaid, A.; Khan, Z.A.; Qasim, U. Hybrid DEEC: Towards efficient energy utilization in wireless sensor networks.

World Appl. Sci. J. 2013, 22, 126–132.

16. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2021. 30 с.

17. ДСТУ Б Д 1.1.1-2013. Правила визначення вартості будівництва. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 97с.

18. ДБН В.1.2.-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України, 2006. 59 с.

19. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 42 с.

20. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Чинний від 2019-10-01. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2019. 183 с.

21. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

22. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міненергобуд України, 2016. 52 с.

23. Дудар І.Н., Прилипко Т.В., Потапова Т.Е. Довідник нормативно-технічних даних для виконання проектів комплексу робіт нульового циклу в будівництві: навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2001. 133 с.

24. Дудар І.Н., Прилипко Т.В., Потапова Т.Е. Довідник нормативно-технічних даних для виконання проектів комплексу робіт по зведенню надземної частини будівель та споруд: навч. видання. Вінниця: ВНТУ, 2006. 114 с

## **ДОДАТКИ**

# ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Раціональні конструктивні рішення при проектуванні багатопарових енергоефективних стін житлових будівель

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ БМГА, ФБЦЕІ, гр. 1Б-24м

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 8,86 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бікс Ю.С., доцент кафедри БМГА

(прізвище, ініціали, посада)

Швець В.В., завідувач кафедри БМГА

(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

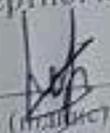
  
(прізвище)

Блашук Н.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

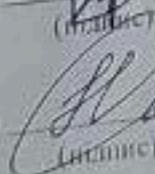
Керівник

  
(прізвище)

Бікс Ю.С., доцент кафедри БМГА

(прізвище, ініціал, посада)

Здобувач

  
(прізвище)

Найчук О.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б – Відомість графічної частини

Лист	Зміст листа
Лист №1	Актуальність теми
Лист №2	Експлуатаційні вимоги до огорожувальних конструкцій
Лист №3	Зміни в нормативних вимогах до теплозахисту
Лист №4	Теплопередача через огорожувальні конструкції
Лист №5	Потреба у сучасних енергозберігаючих рішеннях
Лист №6	Сучасні енергозберігаючі технології
Лист №7	Аналіз матеріалів для огорожувальних конструкцій
Лист №8	Нормативні вимоги до влаштування огорожувальних конструкцій
Лист №9	Висновки та рекомендації
Лист №10	Розріз 1-1; фасад 1-5; фасад Г-А. Організаційно-технічні рішення з енергозбереження. Вхід у під'їзд (фрагмент фасаду)
Лист №11	План поверху на відмітці +0,300. План поверху на відмітці -2,700. Експлікація приміщень. ТЕП
Лист №12	План поверху на відмітці +3,300; Генеральний план. ТЕП генерального плану. Експлікація будівель та споруд
Лист №13	План поверхів на відмітках +5,700-+18,900. Експлікація приміщень
Лист №14	Графік виконання робіт по об'єкту; графік руху робочих кадрів по об'єкту
Лист №15	Будівельний генеральний план; ТЕП проекту. Експлікація будівель та споруд



## Ключова функція огорожувальних конструкцій

Зовнішні огорожувальні конструкції будівель виконують ключову роль у забезпеченні розділення внутрішнього мікроклімату приміщень від зовнішнього атмосферного середовища. Це важливо для підтримки комфортних умов проживання та експлуатації будівель.



## Вимоги до експлуатації

Для забезпечення ефективності та безпеки експлуатації, зовнішні огорожувальні конструкції повинні відповідати ряду експлуатаційних вимог, включаючи теплотехнічні, вологостійкі та вогнестійкі характеристики.



## Нові нормативи та їх вплив

Останнє десятиліття в Україні відзначене впровадженням багатoshарових теплоефективних стін, що стало наслідком перегляду нормативних вимог, зокрема ДБН В.2.6-31:2021, які підвищили вимоги до термічного опору зовнішніх стін.



**Актуальність теми**

## Експлуатаційні вимоги до огорожувальних конструкцій



Нормативні теплозахисні  
властивості



Достатня теплостійкість



Допустимі показники  
повітропроникності



Стабільний вологісний режим

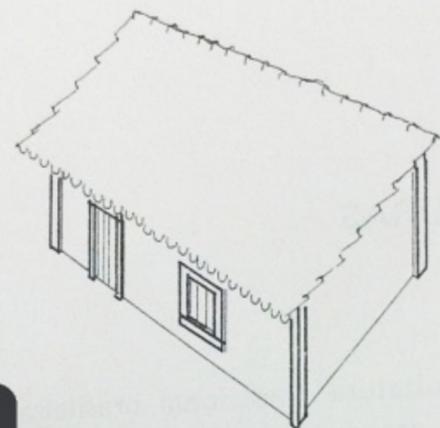


### Зростання нормативного опору теплопередачі

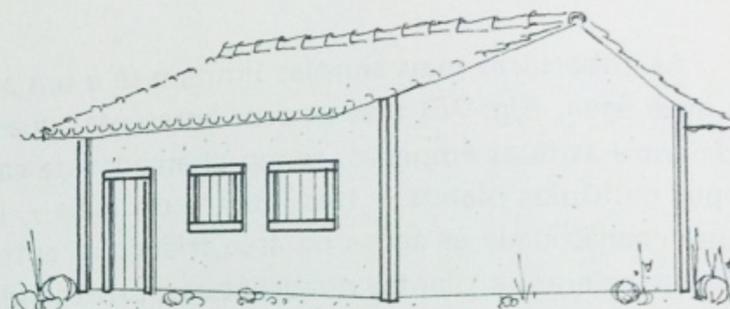
Нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін житлових будівель в Україні зріс з 1,0 до 3,3–3,8  $\text{m}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , що вимагає перегляду традиційних проектних рішень і переходу до багат шарових конструкцій.

### Вимоги до конструктивних рішень

Підвищені вимоги до конструктивних рішень огороджувальних конструкцій зобов'язують використовувати сучасні теплоізоляційні матеріали та інноваційні технології, що забезпечують ефективний теплозахист.



I agua FIG. 76



guas  
77

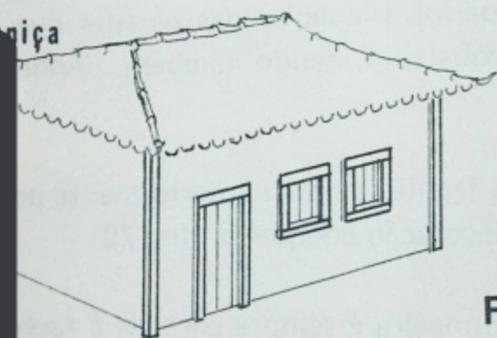


FIG. 78

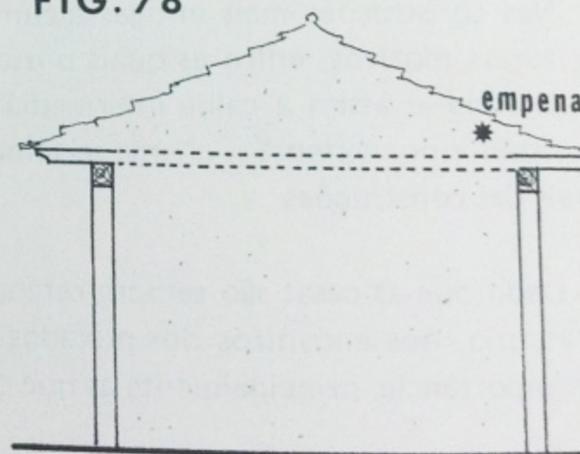


FIG. 79

empena

# Зміни в нормативних вимогах до теплозахисту

# Теплопередача через огороджувальні конструкції

Розуміння теплопередачі є критично важливим для забезпечення енергоефективності будівель.



Теплопередача в холодний період

Внутрішнє повітря передає тепло через стіни до зовнішнього середовища, що викликає тепловтрати.

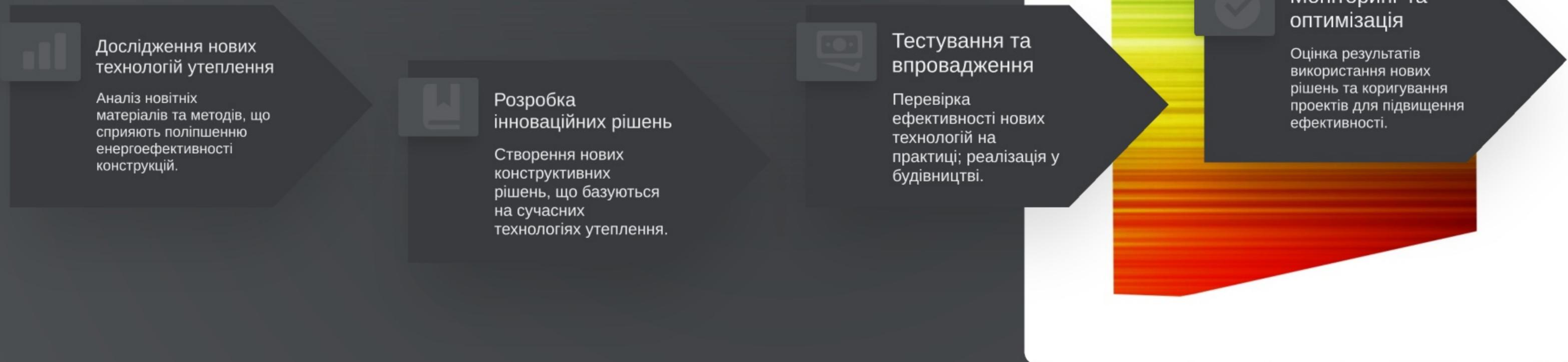


Теплопередача в теплий період

Тепло з зовнішнього середовища проникає в приміщення, підвищуючи температуру внутрішнього мікроклімату.

# Потреба у сучасних енергозберігаючих рішеннях

Сучасні виклики у сфері енергозбереження вимагають впровадження нових рішень.



# Сучасні енергозберігаючі технології

Впровадження інноваційних рішень для підвищення енергоефективності будівель.

90%

зменшення тепловтрат через використання вискоефективних утеплювачів.

30%

зниження витрат на енергію завдяки автоматизованим системам управління.

4.00-3.50  
 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Wt}$

мінімально допустимий опір теплопередачі для житлових будинків.

75%

зменшення енергоспоживання завдяки впровадженню сучасних технологій.

## Аналіз матеріалів для огороджувальних конструкцій



### Традиційні матеріали

Традиційні матеріали, такі як бетон, залізобетон і керамічні блоки, забезпечують високі несучі властивості та оптимальну теплоізоляцію, але можуть бути обмеженими за ефективністю та вимагають великих товщин для досягнення нормативних показників теплового захисту.

### Інноваційні матеріали

Інноваційні матеріали, такі як сендвіч-панелі та екологічні утеплювачі, демонструють високу ефективність за меншої товщини, забезпечуючи кращі показники теплоізоляції та швидкість монтажу, що знижує загальні витрати на будівництво.

**Нормативні вимоги до  
влаштування  
огороджувальних  
конструкцій**



Підвищені вимоги  
теплоізоляції



Нормативний опір  
теплопередачі



Забезпечення вологостійкості



Вимоги до пароізоляції



Гідрофобні покриття

# Висновки та рекомендації

Зважаючи на сучасні вимоги до енергоефективності та теплотехнічних характеристик будівель, важливо впроваджувати комплексний підхід у проектуванні огорожувальних конструкцій. Це передбачає не лише вибір відповідних матеріалів, але й використання інноваційних технологій, таких як автоматизовані системи управління, сучасні теплоізоляційні матеріали та відновлювальні джерела енергії.

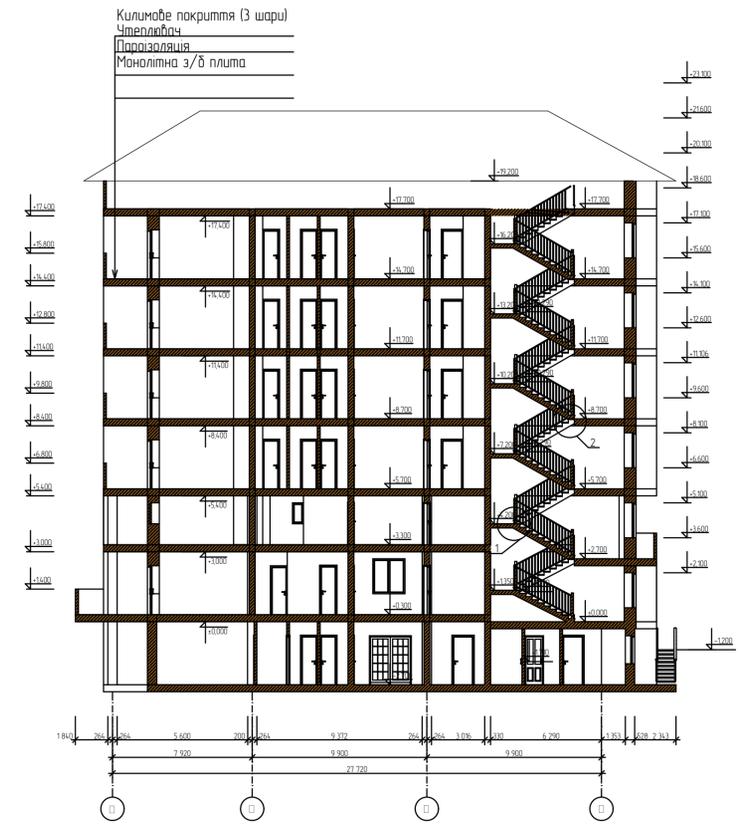


# Розріз 1-1

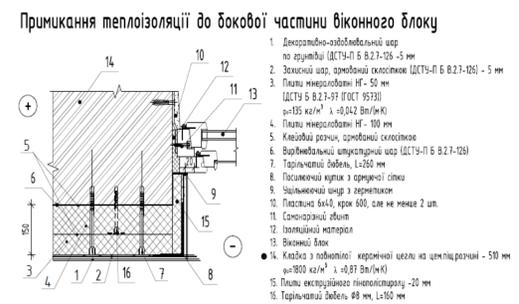
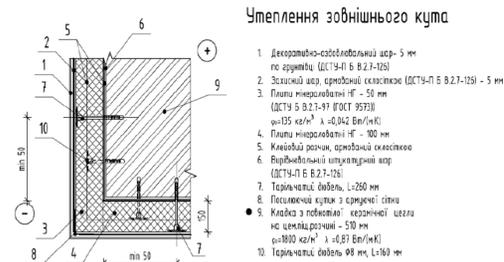
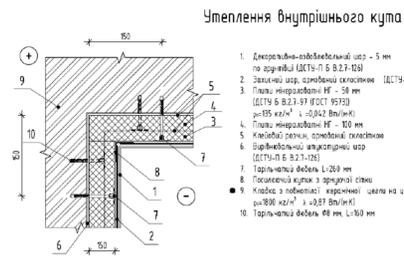
## Фасад 1-5



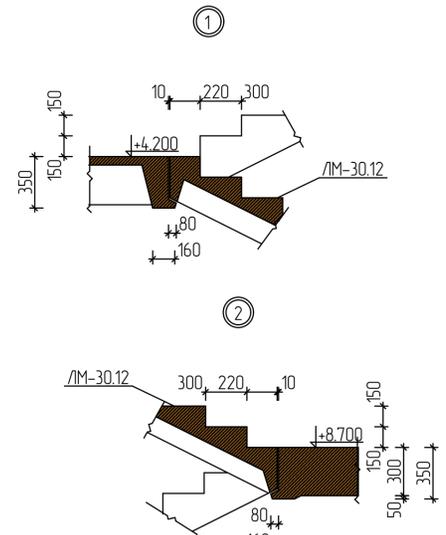
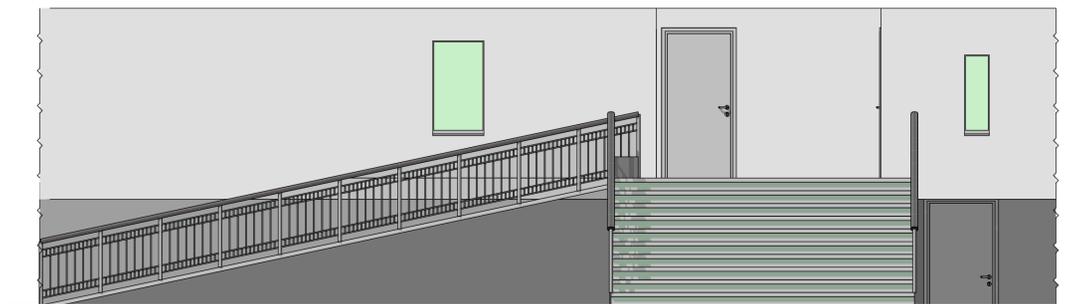
## Фасад Г-А



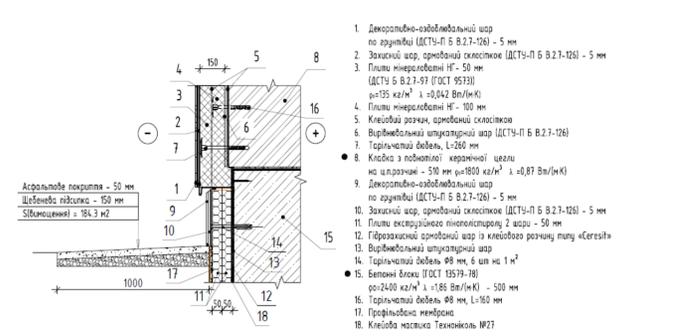
# Організаційно-технічні рішення з енергозбереження



## Вхід у підїзд (фрагмент фасаду)

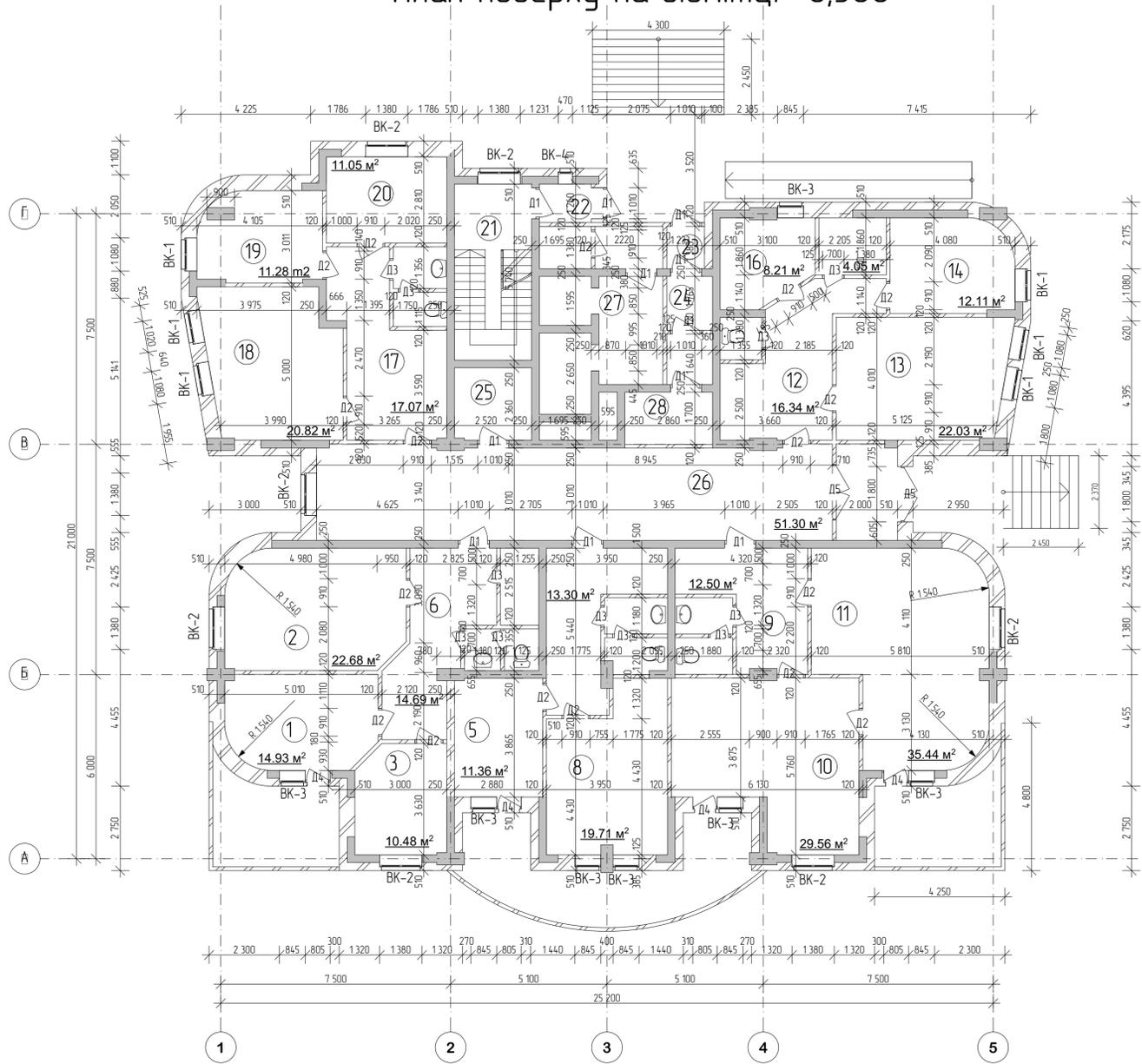


## Вузол утеплення цоколя

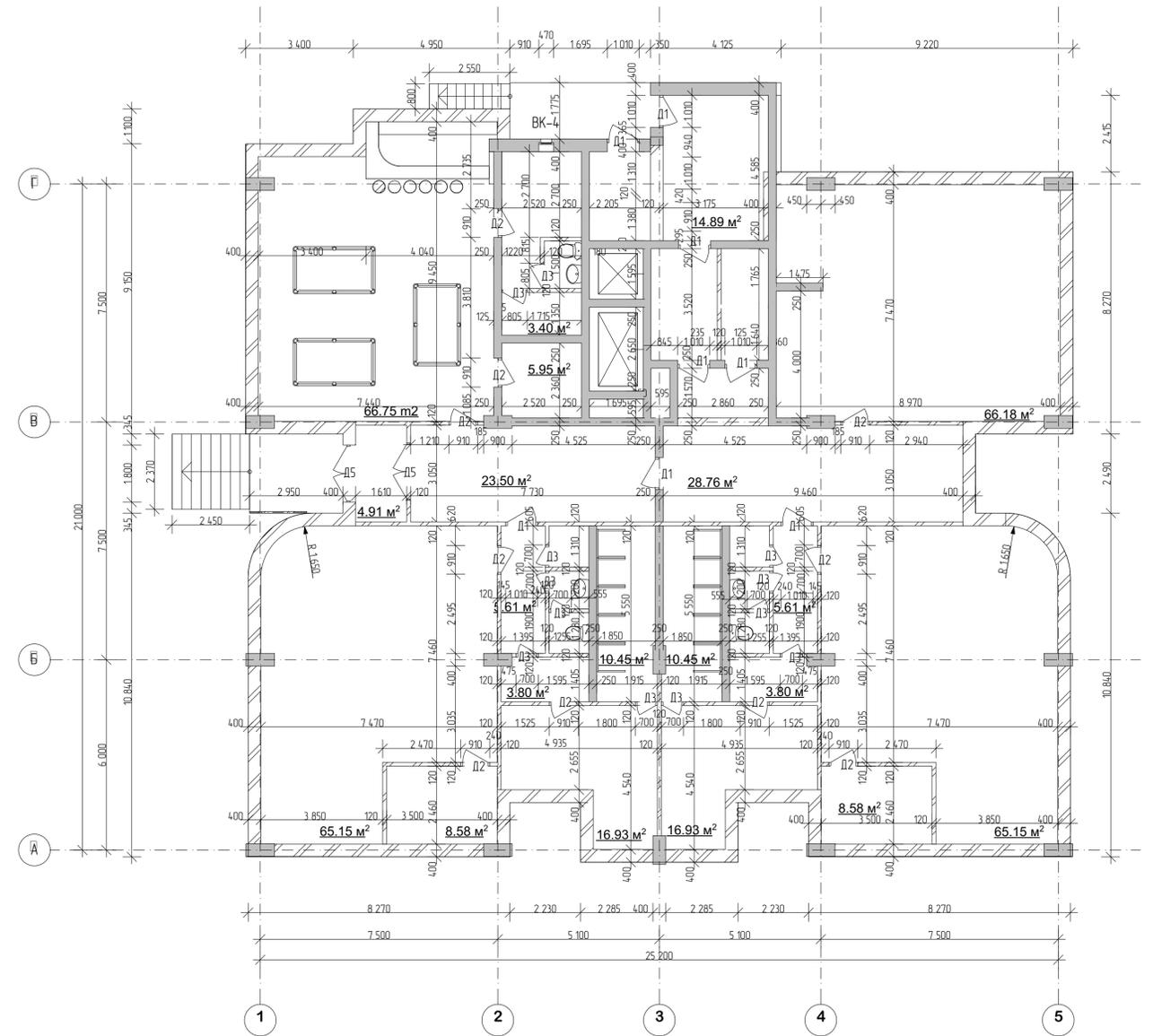


08-11МКР.010-АБ					
М. Вінниця					
Зм.	Кільк.	Лист	ХР Док.	Підпис	Дата
Розробник	Навчак О.В.				
Перевірник	Бікс О.С.				
Керівник	Бікс О.С.				
Нач. контролю	Масельська І.В.				
Опонуєнт	Кач І.В.				
Затверджує	Швець В.В.				
Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні базисноархівних енергозберігаючих стін житлових будівель			Сторінка	Аркши	Аркши
Розріз 1-1, фасад 1-5, фасад Г-А. Організаційно-технічні рішення з енергозбереження. Вхід у під'їзд (фрагмент фасаду).			п	10	15
ВНТУ, зр. 16-24м					

План поверху на відмітці +0,300



План поверху на відмітці -2,700



Експлікація приміщень

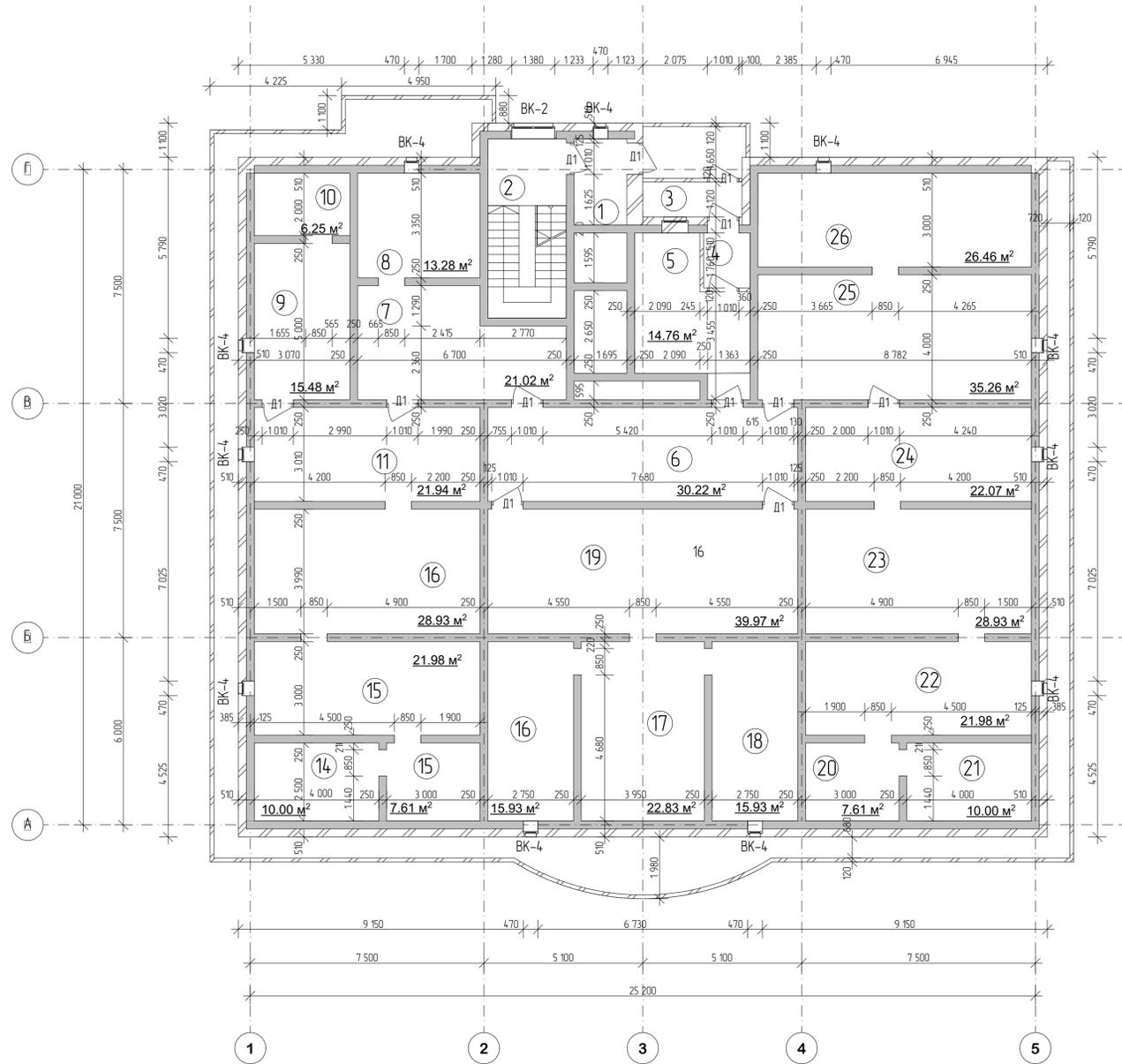
Номер приміщення	Найменування	Площа	Номер приміщення	Найменування	Площа
1	Тамбур	5,08	15	Приміщення №9	7,61
2	Сходова клітка	14,60	16	Приміщення №10	15,93
3	Тамбур	3,56	17	Приміщення №11	22,63
4	Коридор	3,03	18	Приміщення №12	15,93
5	Коридор	14,76	19	Приміщення №13	39,97
6	Коридор	30,22	20	Приміщення №14	7,61
7	Приміщення №1	21,02	21	Приміщення №15	10,00
8	Приміщення №2	13,28	22	Приміщення №16	21,98
9	Приміщення №3	15,48	23	Приміщення №17	28,93
10	Приміщення №4	6,25	24	Приміщення №18	22,07
11	Приміщення №5	21,94	25	Приміщення №19	35,28
12	Приміщення №6	28,93	26	Приміщення №20	26,48
13	Приміщення №7	21,98			
14	Приміщення №8	10,00			

ТЕП

№	Показник	Одиниця виміру	Кількість
1	Площа забудови	м <sup>2</sup>	529,2
2	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	15876
3	Житлова площа	м <sup>2</sup>	12
4	Загальна площа	м <sup>2</sup>	3100,0
5	Робоча площа салону краси	м <sup>2</sup>	190,17
6	Робоча площа спортзалу	м <sup>2</sup>	263,23
7	Планувальний коефіцієнт	-	0,5
8	Об'ємний коефіцієнт	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	7,7
9	Об'єм буд. на укруп. показник	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	3,8

08-ПМКР.010-АБ					
м. Вінниця					
Зм	Каль	Лист	№ док	Підпр	Лист
Розробник	Навчч О.В.				
Перевірив	Бак В.С.				
Керівник	Бак В.С.				
Нач. контролю	Маселька І.В.				
Проектант	Кол І.В.				
Замовник	Швець В.В.				
Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні газопостачаючих енергоефективних стін житлових будівель			Сторінка	Аркши	Аркши
План поверху на відмітці +0,300. План поверху на відмітці -2,700. Експлікація приміщень. ТЕП			п	11	15
ВНТУ, зр. 16-24ч					

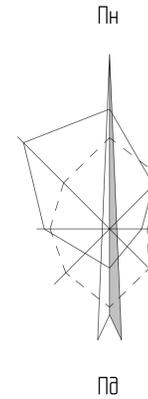
## План поверху на відмітці +3,300



## ТЕП генерального плану

№	Назва показника	Одиниця	Кількість
1	Площа ділянки	га	0,45
2	Площа забудови	м²	529,2
3	Щільність забудови	%	12
4	Площа доріг, проїзд	м²	363,3
5	Площа тротуарів	м²	215,1
6	Площа озеленення	м²	693,65
7	Відсоток озелен	%	15

## Генеральний план



## Експлікація будівель та споруд

Поз.	Назва будівель та споруд	Площа забудови, м²	Примітка
1	Житловий будинок (6 поверхів)	529,2	Проект.
2	Житловий будинок	393	Існуючий
3	Житловий будинок	393	Існуючий
4	Продовольчий магазин	20	Існуючий
5	Магазин побутової хімії	20	Існуючий
6	Дитячий майданчик	97,5	Проект.
7	Паркінг	232,5	Проект.

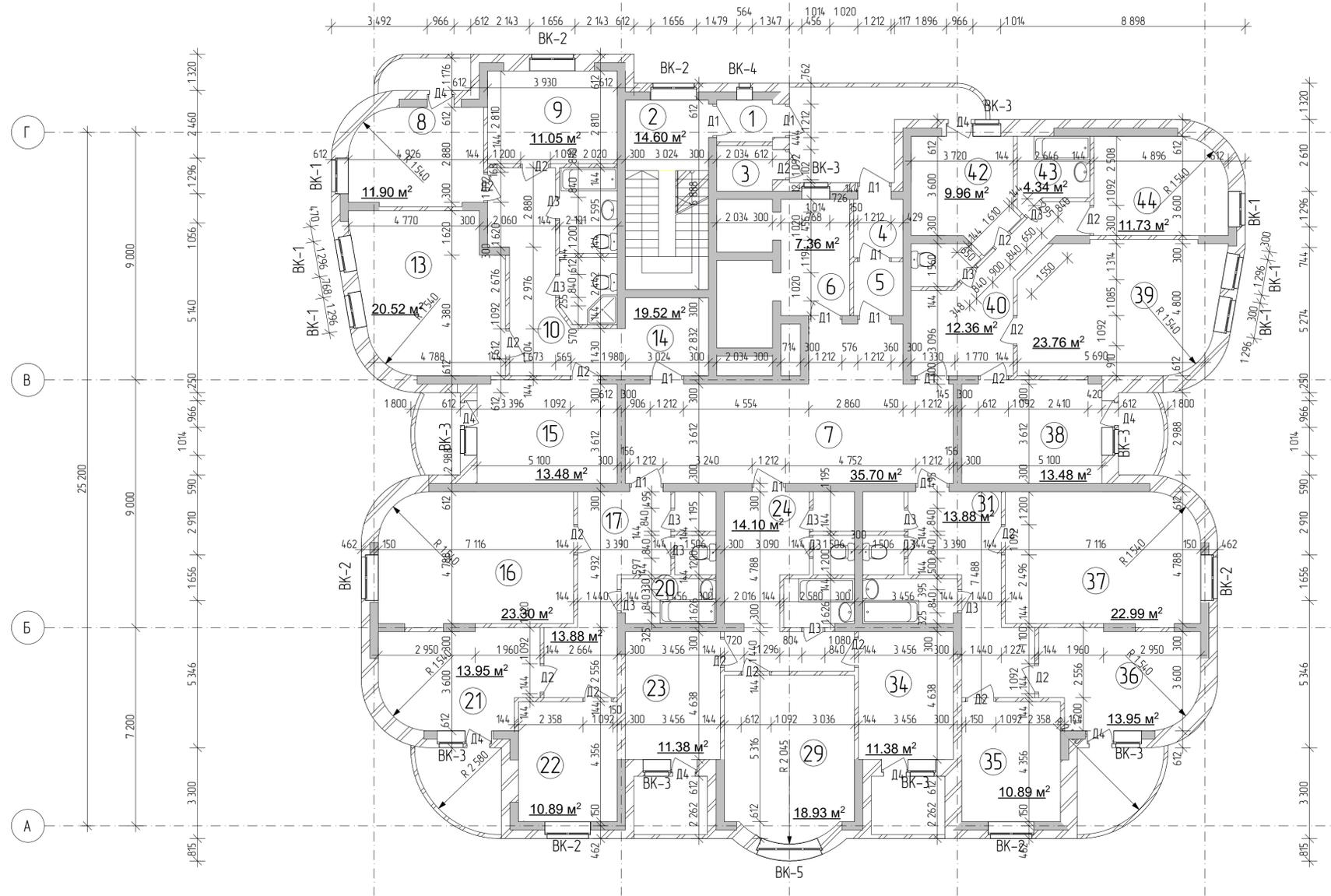
### Умовні позначення

- будівля, що проектується
- існуючі житлові будівлі
- торгові приміщення
- дороги та проїзди
- тротуари
- озеленення
- дитячий майданчик (проект)

08-11МКР.010-А5						м. Вінниця		
Зм.	Кільк.	Лист	Хр. Док.	Підпис	Дата	Сторінка	Аркеш	Аркешів
Розробник	Навчак О. В.					Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні газопостачаючих енергоефективних стін житлових будівель	п	12
Перевірник	Бікс В. С.							
Керівник	Бікс В. С.							
Тех. контроль	Масюк І. В.							
Опонець	Колі І. В.					План поверху на відмітці +3,300, Генеральний план, ТЕП генерального плану, Експлікація будівель та споруд	ВНТУ, зр. 16-24м	
Затвердив	Швець В. В.							

# Експлікація приміщень

## План поверхів на відмітках +5,700–+18,900



Типовий житловий поверх (2-6)		
№	Кімната	Площа, м <sup>2</sup>
1	Тамбур	2,53
2	Сходовая клітка	14,60
3	Техприміщення	2,7
4	Коридор	3,03
5	Коридор	2,44
6	Ліфтовий хол	7,36
7	Коридор	35,7
8	Спальня	11,9
9	Спальня	11,05
10	Коридор	13,26
11	Санвузол	4,64
13	Зала	20,52
14	Вітальня	5,79
15	Кухня	13,48
16	Зала	23,3
17	Вітальня	13,88
18	Комора	1,3
19	Санвузол	1,51
20	Санвузол	4,54
21	Кухня	13,95
22	Спальня	10,89
23	Кухня	11,38
24	Вітальня	14,10
25	Комора	1,3
26	Санвузол	1,51
27	Санвузол	3,83
28	Коридор	4,74
29	Зала	18,93
30	Комора	1,3
31	Вітальня	13,83
32	Санвузол	1,51
33	Санвузол	4,54
34	Спальня	11,38
35	Спальня	10,89
36	Кухня	13,95
37	Зала	22,09
38	Кухня	22,09
39	Зала	23,76
40	Вітальня	12,36
41	Санвузол	2,29
42	Спальня	9,96
43	Санвузол	4,34
44	Спальня	11,73

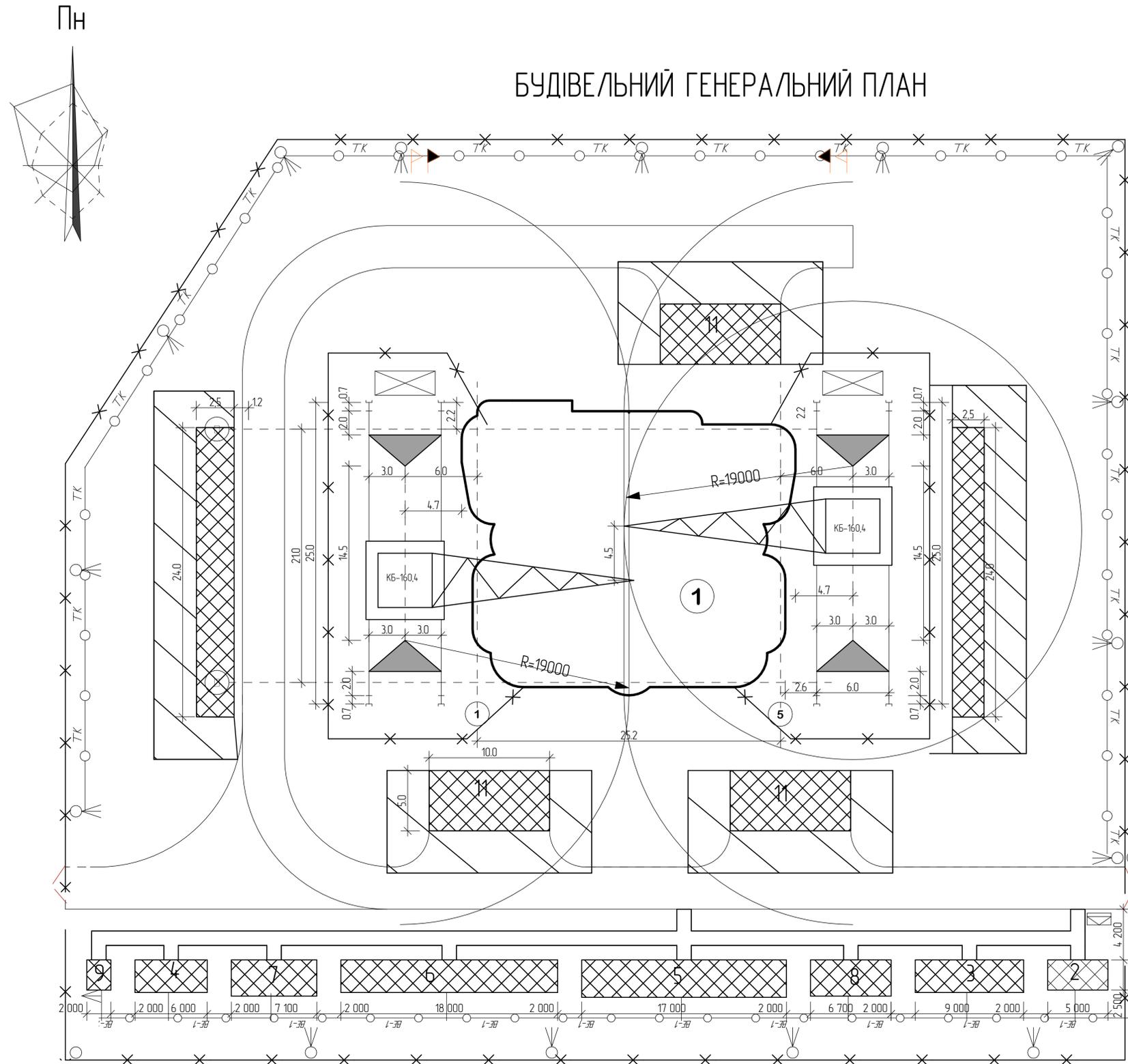
						08-11МКР.010-АБ		
						м. Вінниця		
Зм	Км	Лст	ХР	Вк	Пд	Лат		
Розробник	Навчч	О.В.					Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні газозаощадючих енергоефективних стін житлових будівель	
Перевірив	Бкс	О.С.					Сторінка	Аркши
Керівник	Бкс	О.С.					п	13
Нач.контр.	Масська	І.В.					15	
Опонец	Колі	І.В.					План поверхів на відмітках +5,700–+18,900. Експлікація приміщень	
Замовив	Швець	В.В.					ВНТУ, зр. 16-24м	



### Умовні позначення

Позначення	Назва
	Існуюча будівля
	Знак обмеження швидкості
	В'їзд і виїзд
	Пешохідна доріжка
	Пожешній щит
	Схема руху транспорту по майданчику
	Ліхтар охоронного освітлення

## БУДІВЕЛЬНИЙ ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН



### ТЕП проекту

№ п/п	Показники	Од. виміру	Величина показника
1	Директивний термін реконструкції	місяць	8
2	Фактичний термін Реконструкції	місяць	7,5
3	Показник рівномірності буд. потоку		2,4
4	Показник компактності забудовану		0,28
5	Показник використання території під склади		0,5

### Експлікація будівель та споруд

№ п/п	Назва	Кількість	Корисна площа м	Розміри, м	Тип будівлі
1	Існуюча будівля	1	529,2	25,2x21	з/б монол.
2	Прохідна	1	12,5	2,5x5	пересувна
3	Викоробська	1	24,3	2,7x9	пересувна
4	Сушилка	1	16,2	2,7x6	пересувна
5	Ідальня	1	52,7	17x3,1	корпусна
6	Гардеробна з умив.	1	48,6	2,7x18	пересувна
7	Душова	1	21,3	3,0x7,1	корпусна
8	Прим. для відпочинку	1	20,1	3,0x6,7	корпусна
9	Туалет	1	120	2x2,5	збірна
10	Закритий склад	1	70,8	5x24	збірна
11	Навіс	3	50,0	5x10	збірна

						08-11МКР.010-П05		
						м. Вінниця		
Зм.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата			
Розробник	Навчак О.В.					Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні базових енергозберігаючих стін житлових будівель		
Перевірив	Бакс В.С.					Слобода	Архив	Архив
Керівник	Бакс В.С.					п	15	15
Технічний контроль	Масвська І.В.					Будівельний генеральний план, ТЕП проекту. Експлікація будівель та споруд		
Опонував	Колі І.В.					ВНТУ, зр. 16-24м		
Затвердив	Швець В.В.							

## ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента Найчука Олега Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні багатошарових енергоефективних стін житлових будівель

Магістерська кваліфікаційна робота Найчука Олега Віталійовича присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі, що полягає в обґрунтуванні та аналізі раціональних конструктивних рішень багатошарових огорожувальних стін житлових будівель з позицій підвищення їх енергоефективності, довговічності та відповідності сучасним нормативним вимогам у галузі будівництва.

Актуальність обраної теми зумовлена постійним зростанням вимог до енергозбереження будівель, необхідністю зниження тепловтрат через огорожувальні конструкції, а також впровадженням сучасних конструктивних та матеріальних рішень у житловому будівництві. Робота відповідає поставленій меті та завданням і виконана на належному науково-методичному рівні.

Магістерська робота складається з логічно пов'язаних розділів.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми проєктування багатошарових енергоефективних стін, розглянуто нормативну базу та основні підходи до забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій житлових будівель.

Другий розділ присвячено аналізу конструктивних рішень багатошарових стін з використанням різних матеріалів та теплоізоляційних шарів. Наведено порівняльну оцінку їх теплотехнічних характеристик, переваг і недоліків.

У третьому розділі виконано теплотехнічні розрахунки трьох типів огорожувальних конструкцій, визначено основні показники теплового опору, проаналізовано вплив конструктивних рішень на рівень енергозбереження будівлі.

Четвертий розділ містить інженерно-конструктивні пропозиції щодо застосування раціональних багатошарових стін у житловому будівництві з урахуванням технологічних та експлуатаційних вимог.

У роботі продемонстровано достатній рівень самостійності здобувача, вміння працювати з науково-технічною літературою, нормативними документами та інженерними розрахунками. Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані у проєктній практиці за детального доопрацювання проєктних рішень.

До недоліків роботи можна віднести:

- недостатньо розширений аналіз альтернативних сучасних програмних засобів для моделювання енергоефективності будівель;
- обмежене використання експериментальних або натурних даних для підтвердження розрахункових результатів.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загальної позитивної оцінки виконаної магістерської кваліфікаційної роботи.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, рівнем теоретичної та практичної підготовки магістерська кваліфікаційна робота Найчука Олега Віталійовича відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «В» – добре.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Доцент, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Бікс Ю. С.

(ініціали, прізвище)

## ВІДГУК

### опонента на магістерську кваліфікаційну роботу студента Найчука Олега Віталійовича на тему: «Рациональні конструктивні рішення при проєктуванні багатошарових енергоефективних стін житлових будівель»

Магістерська кваліфікаційна робота Найчука Олега Віталійовича присвячена актуальній науково-практичній задачі, пов'язаній з обґрунтуванням і аналізом раціональних конструктивних рішень багатошарових огорожувальних стін житлових будівель з метою підвищення їх енергоефективності, довговічності та відповідності чинним нормативним вимогам у галузі будівництва.

Актуальність теми роботи не викликає сумнівів і обумовлена зростанням вимог до енергозбереження будівель, необхідністю зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції та широким впровадженням сучасних теплоізоляційних матеріалів і конструктивних рішень у житловому будівництві. Поставлена мета та завдання загалом досягнуті, а робота виконана на належному рівні.

Магістерська робота має логічну структуру та складається з послідовно пов'язаних розділів. У першому розділі проаналізовано сучасний стан проблеми проєктування багатошарових енергоефективних стін, розглянуто нормативну базу та основні підходи до забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій житлових будівель.

Другий розділ присвячений аналізу конструктивних рішень багатошарових стін із використанням різних матеріалів і теплоізоляційних шарів, наведено їх порівняльну характеристику, визначено основні переваги та недоліки.

У третьому розділі виконано теплотехнічні розрахунки трьох типів огорожувальних конструкцій, визначено показники опору теплопередачі та проаналізовано вплив конструктивних рішень на рівень енергозбереження будівлі.

Четвертий розділ містить інженерно-конструктивні пропозиції щодо застосування раціональних багатошарових стін у житловому будівництві з урахуванням технологічних та експлуатаційних вимог.

Загалом робота свідчить про достатній рівень теоретичної підготовки здобувача, уміння працювати з науково-технічною літературою, нормативними документами та виконувати інженерні розрахунки. Отримані результати можуть бути використані у проєктній практиці за умови подальшого доопрацювання та деталізації окремих положень.

Разом з тим, у роботі наявні певні недоліки, зокрема:

- недостатньо уваги приділено аналізу динамічних теплотехнічних характеристик багатошарових огорожувальних конструкцій, що є важливим аспектом оцінювання їх реальної енергоефективності в умовах змінного теплового режиму;
- у висновках роботи відсутні чітко сформульовані кількісні узагальнення отриманих результатів, що ускладнює оцінку практичного ефекту запропонованих конструктивних рішень та їх порівняння між собою.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загальної позитивної оцінки магістерської кваліфікаційної роботи.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень та рівнем теоретичної і практичної підготовки магістерська кваліфікаційна робота Найчука Олега Віталійовича відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192-«Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво», і заслуговує на оцінку «В» – добре.

Опонент, професор кафедри ІСБ  
Доцент, к.т.н.,

Код І. В.