

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі
освітнього закладу

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-23мз
за спеціальністю 192 – «Будівництво та
цивільна інженерія»

А. В. Клименко

(підпис, ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. В. В. Швець

(науковий ступінь, вчене звання,
ініціали та прізвище)

«05» червня 2025 р.
(підпис)

Опонент к.т.н. доц. Н. М. Слободян

(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)
(підпис, ініціали та прізвище)

«06» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА

к.т.н., доц. В. В. Швець

(ініціали та прізвище)

«16» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Факультет: будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра: будівництва, міського господарства та архітектури

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГА

Швець В.В.

" 14 " лютого 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Клименка Андрія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу

керівник роботи Швець В. В., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "20" березня 2025 року №96.

2. Строк подання здобувачем роботи 01.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Сучасна нормативна база, статистичні дані, науково-технічна література, яка стосується сучасного стану будівництва громадських будівель. Передбачається проведення аналітичних досліджень сучасних методів термомодернізації застарілих будівель. Оцінка сучасних технологій використання сучасних вікон та методів утеплення стін в контексті адаптації нормативної бази до вимог Європейського Союзу щодо використання ВДЕ.

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

1. Особливості оцінювання та засоби підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери. Політика підвищення енергетичної ефективності в житлово комунальній сфері. Нормативна база з питань енергетичної ефективності будівель в Україні. Висновок за розділом 1.

2. Нормативні вимоги та заходи з підвищення енергетичної ефективності будівель. Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель. Заходи з підвищення енергетичної ефективності в будівлях. Висновок за розділом 2.

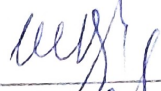
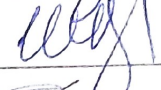
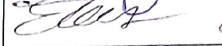
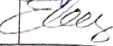
3. Методи оцінювання енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери. Особливості визначення рівня енергоефективності будівель. Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель. Особливості визначення доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності в будівлях комунальної сфери. Впровадження термомодернізаційних заходів в будівлю міського палацу мистецтв. Висновок за розділом 3.

4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення. Загальні дані. Загальна характеристика проєктованої будівлі. Об'ємно-планувальні рішення. Основні габаритні розміри будинку. Загальний опис архітектурних рішень. Організаційно-технологічні рішення. Розрахунок і проєктування тимчасових будівель і споруд. Розрахунок площі тимчасових відкритих і закритих складів для зберігання будівельних конструкцій, матеріалів і деталей. Розрахунок та проєктування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва. Розрахунок і проєктування мереж тимчасового електропостачання. 5. Економічна частина. Висновки

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

1. Науково-дослідний розділ – 6 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
2. Архітектурно-будівельні рішення – 3 арк. (фасади будівлі, плани будівлі)
3. Розділ Технологічні рішення – 1 арк. (Технологічна карта на утеплення і опорядження фасаду будівлі)

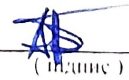
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ, науковий розділ 1-3	Швець В. В. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення	Швець В. В. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Технологічні рішення	Швець В. В. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О. Г. к.т.н., доцент кафедри БМГА		

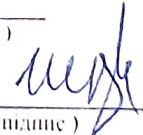
7. Дата видачі завдання 05.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Складання вступу до МКР	02.01-15.01.25	
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	02.01-14.02.25	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	17.02-15.03.25	
4	Розділ, що стосується теми МКР	17.03-12.04.25	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	14.04-19.04.25	
7	Економічна частина	14.04-30.04.25	
8	Оформлення МКР	01.05-12.05.25	
9	Подання МКР на кафедру для перевірки	12.05-16.05.25	
10	Попередній захист	19.05-22.05.25	
11	Опонування	26.05-29.05.25	

Здобувач 
(підпис)

Клименко
(прізвище)

Керівник роботи 
(підпис)

Швець
(прізвище)

АНОТАЦІЯ

УДК 711.553

Клименко А. В. Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 104 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.:2; табл. 11.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена аналізу впливу заходів реконструкції на клас енергоефективності освітніх закладів. Робота містить дослідження технологій термомодернізації, методів розрахунку енергетичної ефективності будівель та оцінку економічної доцільності їх впровадження. Проведено порівняння варіантів утеплення фасадів, визначено оптимальні рішення та їх вплив на тепловтрати.

Запропоновані заходи реконструкції підвищують енергоефективність будівлі, зменшують витрати на опалення та сприяють покращенню мікроклімату всередині приміщень. Оцінено техніко-економічні показники впровадження інноваційних утеплювальних систем, що підтверджують їх ефективність та перспективність застосування.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації освітніх установ та інших громадських будівель. Дослідження спрямоване на вирішення актуальних питань енергоефективності, раціонального використання ресурсів та відповідності будівель сучасним нормативним вимогам.

Ключові слова: енергоефективність, термомодернізація, утеплення фасадів, економічна доцільність, тепловтрати, реконструкція, мікроклімат, нормативні вимоги.

ANNOTATION

Klymenko A. V. Assessment of the impact of reconstruction measures on the energy efficiency class of an educational institution building. Master's qualification work in specialty 192 - "Construction and civil engineering". Vinnytsia: VNTU, 2025. 104 p.

In Ukrainian. Bibliography: 28 titles; Fig.: 2; Table. 11.

The master's qualification work is devoted to the analysis of the impact of reconstruction measures on the energy efficiency class of educational institutions. The work contains a study of thermal modernization technologies, methods for calculating the energy efficiency of buildings and an assessment of the economic feasibility of their implementation. A comparison of facade insulation options was carried out, optimal solutions and their impact on heat loss were determined.

The proposed reconstruction measures increase the energy efficiency of the building, reduce heating costs and contribute to improving the microclimate inside the premises. The technical and economic indicators of the implementation of innovative insulation systems were assessed, which confirm their effectiveness and prospects for application.

The results of the work can be used in the modernization of educational institutions and other public buildings. The research is aimed at solving the current issues of energy efficiency, rational use of resources and compliance of buildings with modern regulatory requirements.

Keywords: energy efficiency, thermal modernization, facade insulation, economic feasibility, heat loss, reconstruction, microclimate, regulatory requirements.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВЛЯХ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ	6
1.1 Політика підвищення енергетичної ефективності в житлово комунальній сфері	6
1.2 Нормативна база з питань енергетичної ефективності будівель в Україні	12
Висновок за розділом 1	18
РОЗДІЛ 2 НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	19
2.1 Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель	19
2.2 Заходи з підвищення енергетичної ефективності в будівлях	21
Висновок за розділом 2	40
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВЛЯХ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ	41
3.1 Особливості визначення рівня енергоефективності будівель	41
3.2 Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель	44
3.3 Особливості визначення доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності в будівлях комунальної сфери	47
3.4 Впровадження термомодернізаційних заходів в будівлю міського палацу мистецтв	55
Висновок за розділом 3	57
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	58
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	58
4.1.1 Вихідні дані	58
4.1.2 Об'ємно-планувальні рішення	58

4.1.3 Архітектурно-конструктивні рішення	61
4.1.4 Теплотехнічний розрахунок стіни	67
4.1.5 Зовнішнє оздоблення	68
4.1.6 Внутрішнє опорядження	69
4.1.7 Протипожежні заходи	71
4.1.8 Санітарні умови і вимоги	71
4.1.9 Інженерне обладнання	73
4.2 Технологічна карта на влаштування утеплення	75
4.2.1 Область застосування	75
4.2.2 Визначення складу робіт	76
4.2.3 Організація і технологія виконання робіт	77
4.2.4 Послідовність виконання робіт	80
4.2.5 Калькуляція трудовитрат та заробітної плати	82
4.2.6 Технологічний розрахунок та графік виробництва робіт	84
4.2.7 Техніко-економічні показники	85
Висновок за розділом 4	86
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	87
Висновок за розділом 5	98
ВИСНОВКИ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
ДОДАТКИ	105
ДОДАТОК А – Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи	106
ДОДАТОК Б – Відомість графічної частини	107

ВСТУП

Актуальність теми. Протягом останніх десятиліть концепція енергоефективності в будівництві стала ключовим напрямом розвитку міської інфраструктури. Враховуючи зростаючі витрати на енергоресурси та необхідність зменшення техногенного впливу на довкілля, Україна активно впроваджує заходи з підвищення енергоефективності у житловому та громадському фонді. Освітні установи, зокрема школи та дитячі садки, є одними з найбільших споживачів теплової енергії в муніципальному секторі, що зумовлює актуальність дослідження заходів їхньої термомодернізації.

Типові будівлі навчальних закладів, які були зведені в середині ХХ століття, не відповідають сучасним стандартам енергоефективності. Основними недоліками таких споруд є високі тепловтрати через неналежну теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, морально застарілі системи опалення та недостатня регулююча здатність вентиляційних установок. Впровадження заходів реконструкції та термомодернізації дозволить суттєво підвищити комфортні умови навчання, зменшити витрати на опалення та покращити екологічні характеристики будівлі.

Мета дослідження. Метою роботи є оцінка впливу заходів реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу шляхом аналізу архітектурно-планувальних рішень, вибору ефективних утеплювальних матеріалів та оцінки економічної доцільності їх застосування.

Завдання роботи:

- Проаналізувати сучасні методи термомодернізації та їх вплив на енергоефективність будівель.
- Оцінити теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій до та після реконструкції.
- Виконати техніко-економічне порівняння варіантів утеплення фасадів.
- Розробити практичні рекомендації щодо вибору матеріалів та методів термомодернізації навчальних закладів.

Об’єкт дослідження: будівля освітнього закладу, що підлягає реконструкції з метою підвищення її енергоефективності.

Предмет дослідження: заходи термомодернізації, їх вплив на теплові характеристики будівлі та економічні аспекти впровадження.

Новизна дослідження полягає у комплексному аналізі термомодернізаційних заходів із врахуванням специфіки освітніх установ та визначенні оптимальних методів утеплення фасадів, що забезпечують баланс між вартістю, енергоефективністю та довговічністю конструкцій.

Особистий внесок магістранта: усі результати, наведені у магістерській дипломній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі: [1] – обробка результатів зібраної інформації та виведення напрямів, які націлені на удосконалення розвитку міст.

Апробація результатів роботи. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 теза конференції.

Виступ на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), який відбувся 24-27 березня 2025 року.

Публікації:

1. Клименко А. В. Комплекс заходів з підвищення енергоефективності вінницької ЗОШ №10 у м. Вінниці [Електронний ресурс]/ А. В. Клименко, В. В. Швець, // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24419/20240>

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВЛЯХ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ

1.1 Політика підвищення енергетичної ефективності в житлово-комунальній сфері

Україна є країною з частковим забезпеченням традиційними видами первинної енергії, що обумовлює значну потребу у її імпорті. Незважаючи на те, що рівень енергетичної залежності України у порівнянні з іншими країнами Центральної Європи є середнім (частка імпорту у загальному обсязі поставок первинної енергії в останні роки становить близько 38 %), цей показник визначається не лише відсутністю власних енергоресурсів, а й їх неефективним використанням. Так, показник енергоемності валового внутрішнього продукту (ВВП) України суттєво перевищує аналогічні показники як у провідних світових економіках, так і в країнах-сусідах Центральної та Східної Європи.

За оцінками, скоригований із врахуванням структури економіки показник енергоефективності України, розрахований на основі методології Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), у 2013 році становив 57,8 % від середнього рівня Європейського Союзу [1]. Це свідчить про значний потенціал для підвищення ефективності використання енергоресурсів і водночас є однією з основних загроз енергетичній безпеці країни. Відтак, пріоритетним завданням є розробка та впровадження заходів з енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Високий рівень енергоемності економіки України значною мірою зумовлений структурними особливостями промисловості, зокрема значною часткою ресурсо- та енергоемних галузей, таких як металургія, хімічна промисловість і гірничодобувна індустрія. Складність ситуації посилюється низьким рівнем енергоефективності у секторах трансформації енергії та

енергопостачання, а також високими питомими витратами енергії на опалення та постачання гарячої води населенню.

Так, ефективність використання вугілля у тепловій енергетиці України в середньому майже в 1,5 раза нижча за кращі світові технології. Втрати електроенергії в електромережах у країні приблизно вдвічі перевищують показники Німеччини та Сполучених Штатів Америки. Крім того, середньорічне споживання енергії житловими будинками сягає близько 270 кВт·год на квадратний метр, що вдвічі перевищує аналогічні показники в європейських країнах із подібними кліматичними умовами.

Водночас в Україні існує значний потенціал для реалізації заходів з енергозбереження. Основні резерви зосереджені у житловому секторі (34 % потенціалу), промисловості (28 %) та у сфері трансформації енергії на теплоелектростанціях (21 %). Решта потенціалу припадає на сектор послуг (12 %), сільське господарство (4 %) та будівництво (близько 1 %), що пов'язано з відносно невеликим обсягом прямого енергоспоживання у цій галузі [2].

Виходячи з викладеного, енергетична політика України у найближчій перспективі має бути спрямована на підвищення енергоефективності саме у житловому та енергетичному секторах. Особливу увагу слід приділити підвищенню ефективності використання енергії енергоємними підприємствами, транспортними системами, системами енергопостачання, будівлями та промисловими об'єктами.

Серед ключових заходів необхідно завершити впровадження систем інструментального обліку відпуску і споживання енергоресурсів та енергетичних послуг, формування прав власності та управління багатоквартирними будинками, а також забезпечити доступ до фінансових ресурсів через державні та приватні банки для реалізації інвестиційних проектів з підвищення енергоефективності.

В економічному секторі пріоритетом є впровадження дієвих механізмів стимулювання суб'єктів господарювання до енергозбереження. Зокрема, важливе значення має застосування механізмів управління попитом, серед яких

особливо актуальним є механізм «енергетичних послуг» як альтернативи нарощуванню виробництва енергії. Це відповідає зобов'язанням України у рамках приєднання до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства.

Водночас розвиток енергозбереження ускладнюється рядом перешкод, серед яких – відсутність належної мотивації, зокрема на рівні державних органів, недостатня інформаційна підтримка, обмежений досвід фінансування відповідних проектів, а також недостатня організація та координація дій із впровадження ефективних рішень. Разом з тим, на сьогодні ринок пропонує широкий асортимент енергоефективного обладнання, матеріалів, а також консультаційні послуги з питань енергозбереження.

Однак без усунення інституційних бар'єрів досягнення значних результатів є малоімовірним. Підвищення енергоефективності потребує створення сприятливого регуляторного середовища, яке відповідало б вимогам Європейського Союзу. Це включає формування інституційних умов для залучення інвестицій споживачам через розвиток ринкової фінансової інфраструктури та застосування цінових стимулів для підприємств.

Зазначені заходи закладені в реформи, що впроваджуються в рамках Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020», затвердженої Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015, зокрема в частині реалізації Програми енергонезалежності та реформування енергетичного сектору [3]. Проте за даними Національної ради реформ, станом на 2015 рік прогрес у напрямі «Енергоефективність» був незначним і оцінювався менш ніж у 25 % від запланованих завдань.

Вступивши до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, Україна взяла на себе низку зобов'язань щодо імплементації *acquis communautaire* – сукупності правових норм та стандартів ЄС, що стосуються енергетичної безпеки, а також принципів і практик державного управління, прийнятих у країнах-членах Євросоюзу. Зокрема, починаючи з 2015 року Україна зобов'язалася реалізувати положення «третього енергетичного пакету» ЄС, формуючи правила функціонування енергетичних ринків, принципи

регулювання та механізми забезпечення енергетичної безпеки відповідно до європейського законодавства.

У рамках Договору Україна повинна впровадити низку директив і регламентів ЄС у сфері енергоефективності:

- Директива 2009/125/ЄС (раніше 2005/32/ЄС) встановлює вимоги з екодизайну для енергоспоживчих продуктів, які мають значний вплив на навколишнє середовище та мають потенціал для підвищення ефективності без значних додаткових витрат. Вона поширюється на широкий спектр обладнання – від побутової техніки до промислового устаткування [4].
- Директива 2010/30/ЄС регламентує маркування енергоспоживчих товарів, надаючи споживачам інформацію про їх енергоефективність. Це дозволяє кінцевим користувачам здійснювати свідомий вибір на користь більш енергоефективних продуктів.
- Директива 2010/31/ЄС визначає вимоги до енергоефективності будівель, включаючи встановлення мінімальних стандартів і методів оцінки, що сприяє зниженню енергоспоживання у житловому і громадському секторі.
- Директива 2012/27/ЄС щодо енергоефективності, яка встановлює загальні рамки для стимулювання впровадження заходів енергозбереження, включно з обов'язковими енергетичними аудитами та розробкою національних планів дій.

Впровадження цих директив сприятиме зниженню споживання первинної енергії в країні, зменшенню викидів парникових газів та створенню конкурентних умов для підприємств, які працюють у сфері енергоефективності.

Загалом енергозбереження та підвищення енергоефективності в Україні є не лише економічною, а й екологічною та соціальною необхідністю. В умовах глобальних змін клімату, політичної нестабільності на енергетичних ринках і зростання цін на енергоресурси, реалізація ефективної енергетичної політики є ключем до сталого розвитку країни.

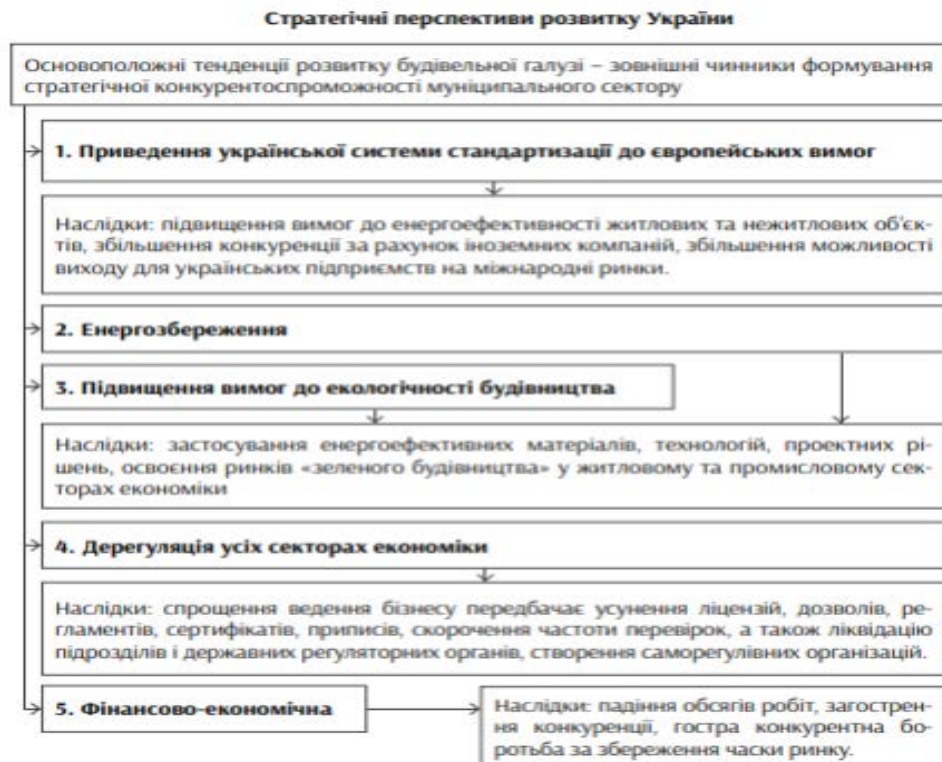


Рисунок 1.1 – Основоположні тенденції стратегічного розвитку енергоефективності в Україні

У країнах Європейського Союзу активно розвиваються будівельні зони, засновані на використанні передових екологічних технологій, а також застосуванні екологічно чистих матеріалів і сировини. Впровадження таких практик сприяє скороченню викидів парникових газів в атмосферу та підвищенню рівня енергоефективності будівельної галузі [3]. Крім того, сучасне виробництво будівельних матеріалів орієнтується на мінімізацію негативного впливу на довкілля, що відповідає загальноєвропейському курсу сталого розвитку.

Одним із ключових напрямків економічного та соціального розвитку України на найближчі роки є поступова інтеграція до Європейського Союзу, що передбачає наближення українського законодавства, нормативів і стандартів до відповідних європейських документів. У цьому контексті виникає необхідність вдосконалення нормативної бази, правового та технічного регулювання, стандартизації, сертифікації, оцінки відповідності, державного нагляду і

контролю. Усі ці заходи спрямовані на захист інтересів держави, підвищення конкурентоспроможності бізнесу та розвиток будівельної галузі задля забезпечення високої якості, безпеки об'єктів нерухомості і розширення експортних можливостей підприємств.

Україна вже здійснила низку важливих кроків у напрямку адаптації національної системи до європейських норм. Зокрема, у 2010 році набув чинності Закон України «Про будівельні норми», а з 1 липня 2014 року запроваджено механізм одночасного застосування національних будівельних норм та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами ЄС. Це регламентовано Постановою Кабінету Міністрів України від 23 травня 2011 року № 547 та ДБН А.1.1-94:2010, що визначають правила проектування будівельних конструкцій відповідно до Єврокодів.

Єврокоди являють собою комплекс європейських уніфікованих будівельних норм, які встановлюють спільні для всіх країн критерії проектування та гармонізують національні стандарти. Це, у свою чергу, сприяє розвитку міжнародної наукової співпраці, покращенню умов обміну будівельною продукцією і послугами, а також полегшенню виходу вітчизняних компаній на європейський ринок.

Впровадження європейських стандартів має двояке значення для українських підприємств. У короткостроковій перспективі вони зіткнуться з необхідністю додаткових інвестицій у навчання персоналу, проведення сертифікації та відповідність новим вимогам. При цьому гармонізовані нормативи сприятимуть зростанню конкуренції всередині країни, оскільки європейські компанії отримають можливість брати участь у тендерах на рівних умовах [1].

У довгостроковій перспективі адаптація української будівельної галузі до європейських вимог стане поштовхом до розширення присутності вітчизняних компаній на міжнародному ринку. Вдосконалення технологічних процесів і стандартизації сприятиме підвищенню конкурентоспроможності бізнесу та залученню іноземних інвесторів.

На відміну від більшості країн світу, де енергозбереження розглядається як один із елементів економічної та екологічної політики, для України ця проблема набуває критичного значення. Використання енергоефективних технологій у будівництві є не лише засобом оптимізації витрат, а й важливим фактором забезпечення енергетичної незалежності держави. Саме тому курс на зменшення енергоспоживання та впровадження новітніх екологічних стандартів є одним із ключових напрямків державної політики в галузі будівництва та промислового розвитку.

1.2 Нормативна база з питань енергетичної ефективності будівель в Україні

У контексті постійного зростання цін на основні види енергоресурсів, а також високої зовнішньоекономічної залежності України від імпортерів енергоносіїв, питання підвищення енергоефективності та скорочення споживання енергоресурсів у будівлях виробничого та невиробничого призначення набуває особливої важливості. Це обумовлено нагальною потребою оптимізації витрат на утримання будівель та забезпечення їхньої економічної і функціональної ефективності [6].

Сучасний стан експлуатації будівель характеризується значними енерговитратами, які пов'язані, зокрема, із низьким опором теплопередачі огорожувальних конструкцій. Значні втрати тепла спостерігаються при транспортуванні гарячої води по теплових мережах та системах опалення через недостатню теплоізоляцію трубопроводів. Крім того, відсутність сучасних приладів контролю та регулювання параметрів теплоносія і мікроклімату в приміщеннях призводить до неефективного використання ресурсів та зниження комфортності перебування у будівлях. Низький рівень енергоефективності житлового фонду, а також значний фізичний та моральний знос споруд вимагають системних заходів із модернізації, теплової санації, проведення капітальних ремонтів і реконструкції.

Енергоспоживання для утримання таких будівель та забезпечення комфортних умов проживання у 2,5-3 рази перевищує чинні стандарти. В багатьох країнах Європи вже понад два десятиліття успішно реалізуються поетапні програми з теплової реабілітації житлового фонду. Як результат, у цих країнах спостерігається зниження витрат палива на опалення на 40-50%, що супроводжується поступовим підвищенням комфортності житлових приміщень.

В Україні тепловтрати через огорожувальні конструкції можуть досягати до 70% загальних витрат теплової енергії, що вдвічі перевищує аналогічні показники розвинених країн Західної Європи, де цей показник становить 38-44%. Особливу важливість має впровадження комплексних заходів з підвищення енергоефективності в бюджетних установах і комунальній інфраструктурі міст, що пов'язано з обмеженістю бюджетних ресурсів та необхідністю дотримання соціальних, економічних і екологічних стандартів надання послуг населенню. На сьогодні близько 100 тисяч бюджетних установ в Україні потребують проведення термомодернізації, яка потенційно дозволить заощадити до 200 млн кубометрів природного газу та інших енергоресурсів щорічно [6].

Житлово-комунальне господарство України посідає третє місце за обсягами споживання енергоресурсів після металургійної та хімічної промисловості, і перше — за обсягами споживання теплової енергії. Технічний стан устаткування підприємств ЖКГ є низьким і не сприяє зниженню енергоспоживання, потребуючи масштабного технічного переоснащення. Термін експлуатації більшості котелень, обладнаних застарілими малоефективними котлами з коефіцієнтом корисної дії (ККД) нижче 80 %, перевищує 20 років. Понад 3000 км теплових мереж (близько 14 %) перебувають в аварійному стані, а ще понад 7600 км (35 %) — у стані морального зносу. На багатьох теплових пунктах використовуються застарілі кожухотрубні теплообмінники з низьким коефіцієнтом теплопередачі, що додатково збільшує теплові втрати [6].

Загалом, непродуктивні втрати теплової енергії в зовнішніх інженерних мережах становлять близько 30 %. Будівлі різного призначення є найбільшими споживачами енергоресурсів: потенціал економії електроенергії в будівлях оцінюється у 30-40 %, а теплової енергії — майже у 50 % [6].

Для ефективного впровадження заходів із підвищення енергоефективності необхідно розробити та затвердити на рівні органів місцевої влади системний підхід до енергоменеджменту. Така система повинна включати:

- збір і комплексний аналіз даних щодо споживання енергетичних ресурсів;
- аналіз фінансових витрат на енергоресурси;
- проведення кваліфікованого енергетичного аудиту;
- впровадження заходів зі зниження втрат паливно-енергетичних ресурсів у комунальній і побутовій сферах;
- зменшення споживання природного газу за рахунок використання альтернативних джерел палива;
- визначення відповідальних суб'єктів реалізації та механізмів фінансування заходів з підвищення енергоефективності [6].

Якісний енергетичний аудит є необхідною складовою для оцінки стану експлуатації будівель і зовнішніх теплових мереж, а також для формування переліку об'єктів, що потребують термомодернізації та модернізації. Оцінка експлуатаційних якостей будівель та тепломереж базується на таких параметрах:

- конструктивна надійність та довговічність (рік будівництва, серія будівлі, характеристики матеріалів несучих конструкцій, міцність і стійкість під час експлуатації);
- відповідність функціональних характеристик будівель нормативним вимогам (температурно-вологісний режим, звукоізоляція, теплоізоляція, екологічність);
- архітектурно-планувальна відповідність призначенню (комфортність, співвідношення житлової площі до загальної, співвідношення площі огорожувальних конструкцій до загальної площі будівлі);

- експлуатаційні характеристики систем опалення і вентиляції;
- стан зовнішніх теплових мереж [6].

Енергетичні аудити проводяться з метою визначення рівня енергоефективності та розробки економічно доцільних заходів зі зниження споживання енергії. Вони ініціюються і фінансуються власниками будівель відповідно до чинного законодавства України. Результатом енергоаудиту є звіт, який містить технічний і енергетичний аналіз об'єкта, рекомендації щодо доцільності термомодернізації та модернізації, включаючи економічні розрахунки окупності таких заходів.

Нормативна база з питань енергетичного аудиту наразі орієнтована переважно на промислові підприємства, але здатна бути застосованою й у житлово-комунальному секторі. Зокрема, Державним підприємством «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» розроблено проект ДСТУ Б В2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель», який встановлює методичні положення для аудиту житлових та громадських будівель.

До пріоритетного переліку об'єктів, що підлягають термомодернізації та модернізації, рекомендується включати будівлі, здатні нести фінансове навантаження на такі роботи та забезпечити покращення житлово-соціальних, економічних і екологічних умов проживання громадян.

Особливу увагу слід звернути на житлові будинки масової забудови 1950–1990 років, кількість яких становить близько 25 573 об'єкти (11 % багатоквартирного житлового фонду) з загальною площею близько 72 млн м² (14,4 %). За даними Мінрегіону, такі будівлі мають дуже низькі теплозахисні характеристики огорожувальних конструкцій, що призводить до втрат теплової енергії близько 40 %. Сформований перелік об'єктів, які потребують модернізації, має бути погоджений на рівні органів місцевого самоврядування [6].

Оцінка технічного стану будівель та споруд проводиться на основі аналізу проектної документації та безпосереднього обстеження об'єкта. Під час виїзних обстежень здійснюється оцінка загального технічного стану конструкцій,

визначаються можливі дефекти та ступінь їх впливу на експлуатаційну придатність будівлі. Всі споруди, незалежно від їх функціонального призначення, конструктивних характеристик або рівня капітальності, підлягають періодичним оглядам з метою сертифікації та ухвалення обґрунтованих заходів щодо забезпечення безпеки, надійності й довговічності у процесі експлуатації, проведення ремонтних робіт або реконструкції.

Для проведення комплексної діагностики технічного стану споруди доцільно застосовувати паралельно з натурними обстеженнями лабораторні дослідження та додаткові діагностичні процедури, які включають аналіз змін проектних та розрахункових параметрів будівлі, оцінку наявності пошкоджень та дефектів, коригування розрахункових моделей у зв'язку зі змінами характеристик матеріалів, перевірни розрахунки основних конструктивних елементів, а також загальну оцінку будівлі відповідно до встановлених критеріїв.

Аналіз технічних змін виявляється шляхом порівняння проектних (нормативних) та фактичних (встановлених під час обстеження) параметрів, зокрема функціонального призначення будівлі, класу наслідків (СС3 – значні наслідки, СС2 – середні наслідки, СС1 – незначні наслідки), параметрів навантажень, ступеня агресивності середовища та інженерно-геологічних умов. Огляд споруди здійснюється сертифікованими фахівцями відповідної ліцензованої організації, а періодичність планових обстежень встановлюється згідно з чинними нормативно-правовими актами. В окремих випадках може бути передбачено проведення позачергових перевірок залежно від конструктивних властивостей будівлі, її експлуатаційної історії та інших факторів.

Відповідальність за організацію та проведення обстежень покладається на керівника експлуатації, а спеціалізована організація, що виконує перевірку, несе відповідальність за якість і достовірність отриманих даних. На основі результатів діагностики ухвалюються рішення щодо заходів з технічного обслуговування, ремонту або реконструкції окремих елементів конструкції чи будівлі загалом. Будь-які заходи з відновлення конструкцій можуть

здійснюватися виключно за проектом, розробленим спеціалізованими організаціями, що мають відповідні сертифікати та ліцензії [4].

Підсумкові матеріали обстежень оформлюються у вигляді звіту відповідно до вимог ДСТУ 3008-95. Документ містить оцінку технічного стану конструкцій, результати виявлених дефектів, висновки щодо фізичного зносу споруди, рекомендації з усунення виявлених проблем та заходи щодо підсилення або модернізації будівлі. Окрім текстової частини, звіт включає обмірні креслення, схеми з описом дефектів, фотоматеріали об'єкта, результати інструментальних і лабораторних випробувань матеріалів.

На основі отриманих даних заповнюється «Паспорт технічного стану будівлі (споруди)», який є основним документом для подальшого прийняття рішень щодо експлуатації об'єкта, його можливого ремонту, реконструкції або модернізації. Наразі триває розробка оновлених державних будівельних норм ДБН В.1.2-XX:201X «Експлуатаційна придатність будівель і споруд», що міститиме оновлені критерії оцінки технічного стану будівельних конструкцій. Одночасно розробляється ДСТУ-Н Б В.3.1-XX:201X «Обстеження технічного стану будівель і споруд», що визначатиме вимоги до проведення огляду споруд та рекомендації щодо підтримання їх експлуатаційної надійності.

Протягом останніх років Україна активно працює над удосконаленням правової бази у сфері енергозбереження та впровадження альтернативних джерел енергії. Було прийнято низку законодавчих актів, спрямованих на стимулювання заходів з енергоефективності, зокрема у будівельному секторі та житлово-комунальному господарстві. Серед них закони «Про енергозбереження», «Про альтернативні джерела енергії», «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії» та інші нормативні документи, які визначають ключові напрями політики у сфері енергоефективності.

Висновок за розділом 1

У даному розділі здійснено комплексний аналіз основних напрямків розвитку України у сфері енергоефективності та раціонального споживання енергоресурсів будівлями. Проведено детальний огляд чинних державних та європейських нормативно-правових актів, які регламентують питання енергоефективності, будівництва і експлуатації будівель. Особлива увага приділена порівняльному аналізу питомих показників споживання енергоресурсів у будівлях різних країн Європейського Союзу та відповідних значень, що спостерігаються в Україні на даний час.

Отримані результати свідчать про те, що підвищення енергоефективності в усіх секторах економіки є одним із пріоритетних напрямків подальшого сталого розвитку держави. Цей процес включає послідовне вдосконалення нормативно-правової бази, яка охоплює не лише вимоги до проектування, будівництва та експлуатації об'єктів нерухомості, а й процедури їх енергетичного аудиту і сертифікації.

Водночас встановлюються жорсткі стандарти та технічні вимоги до виробників будівельних матеріалів, що сприяє підвищенню якості продукції та створенню конкурентоспроможних товарів на міжнародних ринках. Такий підхід не тільки забезпечує зростання рівня енергоефективності нових та модернізованих будівель, а й сприяє інтеграції вітчизняної будівельної галузі до європейських систем стандартизації та сертифікації.

Таким чином, розробка і впровадження сучасних вимог у сфері енергозбереження у будівництві є ключовим фактором для підвищення екологічної безпеки, економічної ефективності і конкурентоспроможності національної економіки в умовах глобалізації.

РОЗДІЛ 2

НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

2.1 Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель

Однією з стратегічних тенденцій розвитку України є інтеграція до Європейського економічного простору, що зумовлює необхідність приведення національної системи стандартизації у відповідність до нормативних вимог держав-членів Європейського Союзу. У зв'язку з цим реалізуються проекти гармонізації стандартів та регуляторних механізмів у сфері енергоефективності. Європейський Союз застосовує комплексний підхід до формування нормативно-правової бази у цій сфері, зокрема через прийняття різних видів правових документів: постанов, які є обов'язковими для застосування у всіх країнах ЄС, директив, що встановлюють обов'язкові результати для держав-членів та відображаються у національному законодавстві, рішень, які адресовані конкретним суб'єктам, а також рекомендацій і положень, що мають декларативний характер [7].

Одним із ключових документів у сфері енергоефективності став «План дій з енергоефективності на 2007–2020 роки», який передбачав зменшення енергоспоживання на 20% порівняно зі звичайним сценарієм розвитку, збільшення частки відновлюваних джерел енергії до 20% у загальному енергобалансі ЄС, скорочення викидів парникових газів на 20% від базового рівня за Кіотським протоколом 1990 року, а також підвищення ефективності у житлово-комунальному секторі та електроенергетиці. Важливими положеннями Плану були модернізація електрогенерації, досягнення 10% інтеграції електроенергетичної та газотранспортної систем до 2010 року та створення механізмів фінансування заходів з енергоефективності.

У 2012 році ЄС ухвалив Директиву 2012/27/EU щодо енергетичної ефективності, яка містить комплекс заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності [5]. Згідно з положеннями директиви, держави-члени повинні щорічно реконструювати не менше 3% площі опалюваних адміністративних будівель, вдосконалювати енергетичні системи з метою щорічного скорочення споживання енергії на 1,5% до 2020 року, здійснювати обов'язковий енергоаудит великих споживачів енергії кожні чотири роки, підвищувати ефективність систем опалення та кондиціонування, а також запроваджувати механізми фінансування проєктів у цій сфері.

Окрім зазначеної директиви, ключовими нормативними актами в галузі енергоефективності є Директива 2002/91/EU та її оновлена редакція 2010/31/EU щодо енергоспоживання будівель, яка передбачає паспортизацію енергоспоживання будівель та встановлення мінімальних стандартів; Директиви 2005/32/EU і 2009/125/EU з екодизайну, що регулюють вимоги до енергоефективності продукції; Директиви 1992/75/EU та 2010/30/EU щодо маркування енергетичної продукції; Директива 2009/28/EU, яка визначає механізми збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії.

Окрему увагу приділено впровадженню Європейської директиви EPBD-2010, яка передбачає стандартизацію енергетичних характеристик будівель та будівельних споруд, підтримується більш ніж 40 стандартами EN, що регламентують розрахунок енергоспоживання, теплові й охолоджувальні навантаження, правила експлуатації та сертифікацію енергоефективності. В Україні гармонізація цих норм дозволить створити ефективну систему сертифікації відповідно до Закону «Про енергозбереження» [8].

Важливим напрямком стало екологічне будівництво та впровадження «зелених» стандартів у контексті глобальних екологічних ініціатив, таких як Глобальний зелений новий курс (ГЗНК), що спрямований на стимулювання економічного відновлення, розвиток екологічних технологій і створення нових робочих місць. Використання екологічних стандартів забезпечує раціональне

використання енергоресурсів, мінімізацію негативного впливу на довкілля та формування комфортного житлового середовища.

Основні принципи екологічного будівництва включають раціональний вибір місця спорудження, орієнтування будівель на оптимальне використання сонячного світла, впровадження альтернативних джерел енергії, забезпечення високої теплоізоляції та вентиляції із системою рекуперації тепла, використання екологічно чистих матеріалів, підвищення автономності будівель, оптимізацію водоспоживання, зменшення виробництва відходів та викидів. У перспективі впровадження цих технологій сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, покращенню енергоефективності будівельного сектору та гармонізації українських стандартів із європейськими нормативними актами [4].

Згідно з новими нормативними вимогами, мінімальні стандарти енергоефективності визначаються на основі розрахункових даних для еталонних будівель з урахуванням характеристик конструкцій, інженерних систем та експлуатаційних умов. Проте ці вимоги не застосовуються до об'єктів, що підлягають аварійному відновленню. У разі нового будівництва, реконструкції або капітального ремонту будівель загальний рівень питомого енергоспоживання повинен відповідати встановленим граничним показникам.

2.2 Заходи з підвищення енергетичної ефективності в будівлях

Об'єкти бюджетної сфери та муніципальної інфраструктури України відіграють визначальну роль у структурі загального енергоспоживання країни. Вони є споживачами значних обсягів паливно-енергетичних ресурсів, зокрема теплової енергії, води, електроенергії та палива, що обумовлює їхню ключову роль у формуванні енергетичного балансу держави. Згідно з різними експертними оцінками, сукупне споживання паливно-енергетичних ресурсів об'єктами бюджетного сектору становить приблизно від 25 до 30% від загального обсягу кінцевого енергоспоживання країни.

Варто зауважити, що споживання енергоресурсів у цій категорії об'єктів має певні відмінності залежно від рівня підпорядкування. Об'єкти державного управління, як правило, характеризуються підвищеним споживанням електроенергії, що пов'язано з особливостями їх функціонування та типом обладнання. Натомість регіональні та муніципальні установи, у своїй більшості, демонструють більшу питому вагу споживання теплової енергії та водних ресурсів, що пояснюється переважанням таких об'єктів, як лікарні, навчальні заклади, житлово-комунальні служби, де значну частину енергоспоживання займає опалення та водопостачання.

У великих і середніх за розміром міських населених пунктах частка бюджетної сфери у загальному енергоспоживанні досягає 9–11%. Додатково об'єкти державного підпорядкування можуть забезпечувати збільшення цієї частки приблизно на 5–6%, що загалом формує значну складову у структурі енергоспоживання на території міських агломерацій.

Таким чином, ефективне управління енергоспоживанням у бюджетних установах та муніципальних об'єктах є стратегічно важливим завданням, що сприяє не лише зниженню навантаження на енергетичну систему країни, а й реалізації державної політики у сфері енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Специфіка використання енергоресурсів бюджетними установами визначається характером їхньої діяльності та функціональними потребами. До групи бюджетних організацій належать [7]:

- Освітні установи: школи, університети, технікуми, дитячі садки, які споживають електроенергію для освітлення, теплову енергію для опалення приміщень, а також воду для санітарних потреб;
- Медичні установи: лікарні, поліклініки, реабілітаційні центри, які потребують значної кількості теплової енергії для опалення палат, стерилізації медичного обладнання, а також електроенергії для функціонування медичної апаратури;

- Заклади культури та мистецтва: театри, музеї, бібліотеки, концертні зали, які використовують енергоресурси для підтримки комфортного мікроклімату та роботи освітлювальних систем;
- Адміністративні установи: державні будівлі, офісні комплекси органів влади, комунальні установи, де активно використовується електроенергія для освітлення, опалення та експлуатації офісного обладнання.

Основну інфраструктуру цих об'єктів складають різні будівлі, споруди, допоміжні приміщення, а в ряді випадків – власні системи життєзабезпечення, такі як котельні, системи водопостачання, електропостачання тощо.

Аналіз енергоспоживання вказує на необхідність комплексного підходу до енергозбереження та підвищення ефективності використання ресурсів. Впровадження сучасних енергоефективних технологій сприятиме оптимізації фінансових витрат державного та місцевого бюджетів, зниженню споживання природних ресурсів та підвищенню екологічної безпеки.

За принципом впливу на енергоефективність виділяють два типи заходів [8]:

- Пасивні заходи – спрямовані на зменшення розрахункової потужності систем освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування повітря шляхом покращення теплоізоляції, модернізації систем регулювання мікроклімату та зменшення втрат енергоресурсів;
- Активні заходи – передбачають безпосереднє регулювання та оптимізацію споживання теплової, електричної чи водної енергії, впровадження автоматизованих систем керування енергоспоживанням.

За рівнем капіталовкладень енергоефективні заходи поділяються на три основні групи:

1. Маловитратні заходи включають адміністративні та організаційні заходи, такі як вдосконалення управління енергоефективністю, раціоналізація робочих графіків енергоспоживання, впровадження сучасних методів моніторингу витрат ресурсів, підвищення культури енергозбереження серед персоналу.

2. Середньовитратні заходи передбачають часткову модернізацію систем освітлення, опалення, встановлення рециркуляційних систем водопостачання, автоматизованих систем керування мікрокліматом, заміну старого обладнання на нові енергоефективні аналоги.

3. Високовартісні заходи включають капітальну реконструкцію будівель, термомодернізацію, перехід на альтернативні джерела енергії, впровадження когенераційних технологій для отримання електроенергії та тепла одночасно.

З огляду на значні обсяги енергоспоживання бюджетної сфери, впровадження сучасних методів енергоефективності має стратегічне значення для оптимізації витрат державного та місцевого бюджетів [6]. Важливими аспектами державної політики є:

- розробка та впровадження національних програм з енергозбереження;
- гармонізація законодавчих норм з вимогами Європейського Союзу;
- фінансування проєктів енергоефективності через державні фонди;
- впровадження цифрових систем моніторингу витрат енергоресурсів.

Оптимізація енергоспоживання у бюджетній сфері має не лише фінансові, а й екологічні переваги, оскільки скорочення споживання електроенергії та тепла сприяє зменшенню викидів парникових газів, зниженню навантаження на енергосистему країни та ефективному використанню природних ресурсів.

З урахуванням вищезазначених аспектів впровадження сучасних методів енергозбереження у бюджетній сфері сприятиме не лише економії державних коштів, а й підвищенню екологічних стандартів, гармонізації українських норм із європейськими та загальному покращенню якості житлово-комунального сектору [3].

Таблиця 2.1 – Специфіка використання енергоресурсів будівлями бюджетної сфери

Об'єкти сфери освіти (школи, дитячі дошкільні заклади, інтернати, ВНЗ)	Системи освітлення, обладнання харчоприготування, холодильне обладнання, оргтехніка, опалення, вентиляція, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Об'єкти сфери охорони здоров'я (поліклініки, лікарні, диспансери, амбулаторії)	Освітлення, спец, медичне обладнання, обладнання харчоприготування, холодильне обладнання, оргтехніка, опалення, вентиляція і кондиціювання повітря, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Об'єкти сфери культури (театри, філармонії, бібліотеки) та молодіжної політики	Системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, освітлення і доп. ілюмінація, оргтехніка, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Об'єкти сфери спорту (стадіони, спортзали, тренувальні бази)	Системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, обладнання харчоприготування, освітлення і додаткова ілюмінація, оргтехніка, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Об'єкти сфери соціальної політики (будинки для літніх людей, спец.інтернати)	Системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, пшцепріготовлені і холодильне обладнання, оргтехніка, освітлення, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Адміністративні будівлі	Системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, холодильне обладнання, оргтехніка, освітлення, гаряче і холодне водопостачання, каналізація
Допоміжні об'єкти (гаражі, складські приміщення)	Системи опалення, кондиціювання повітря, освітлення, сигналізація, оргтехніка, водопостачання, каналізація

Енергозбереження та підвищення енергоефективності бюджетних об'єктів та муніципальної інфраструктури є пріоритетними напрямками державної політики України, спрямованими на раціональне використання енергоресурсів, скорочення фінансових витрат, а також зменшення негативного впливу на довкілля. У цьому контексті комплекс енергозберігаючих заходів охоплює широкий спектр ініціатив, які можна класифікувати за їх спрямованістю та характером реалізації.

До цієї категорії належать адміністративні та регуляторні механізми, спрямовані на удосконалення управління енергоспоживанням. Основними серед них є [2]:

- розробка та запровадження нових нормативних актів, спрямованих на регулювання енергоспоживання;
- встановлення стандартів та регламентів щодо використання енергоресурсів, включаючи вимоги до енергоефективності будівель;
- оптимізація графіків функціонування бюджетних об'єктів, що дозволяє скоротити необґрунтоване енергоспоживання у непікові години;
- проведення систематичного моніторингу та аудиту енергоспоживання для аналізу ефективності впроваджених заходів;
- розробка інструкцій для персоналу щодо ефективного управління енергоресурсами.

Технічні заходи спрямовані на вдосконалення матеріально-технічної бази та модернізацію інженерних систем бюджетних об'єктів. Серед них:

- Реконструкція будівель: включає утеплення зовнішніх конструкцій, встановлення енергоефективних вікон, дверей, покращення теплоізоляції;
- Модернізація систем опалення: впровадження сучасних котлів, заміна старих систем теплообміну на більш ефективні, встановлення індивідуальних теплових пунктів;
- Використання вторинного тепла: застосування технологій утилізації відходячого тепла, що дозволяє зменшити загальне енергоспоживання;
- Автоматизація систем енергоспоживання: впровадження інтелектуальних систем управління опаленням, освітленням та вентиляцією, що дозволяє знизити споживання електроенергії;
- Перехід на альтернативні джерела енергії: встановлення сонячних панелей, використання теплових насосів, когенераційних установок для виробництва електроенергії та тепла.

Для забезпечення ефективності впровадження енергозберігаючих заходів важливу роль відіграють механізми стимулювання та пропагування раціонального енергоспоживання. До них належать:

- розробка систем фінансових стимулів, таких як податкові пільги та субсидії на впровадження енергоефективних технологій;
- запровадження грантових програм для бюджетних установ, спрямованих на реалізацію проектів з підвищення енергоефективності;
- проведення інформаційних кампаній, спрямованих на популяризацію енергозберігаючих технологій серед керівників установ та їх персоналу;
- навчання працівників бюджетної сфери основам енергоефективності та раціонального використання ресурсів.

Реалізація комплексних заходів з енергоефективності дозволить досягти кількох ключових результатів [7]:

1. Економія бюджетних коштів завдяки скороченню витрат на оплату енергоносіїв;
2. Підвищення комфорту та безпеки у громадських та муніципальних будівлях через покращення умов експлуатації;
3. Зменшення екологічного навантаження через скорочення викидів парникових газів та загального споживання невідновлюваних ресурсів;
4. Гармонізація із європейськими стандартами завдяки впровадженню екологічно безпечних та енергоефективних технологій.

З огляду на важливість цього напрямку, впровадження програм підвищення енергоефективності та розробка політики енергозбереження залишаються ключовими завданнями національного рівня. Подальша інтеграція до європейського економічного простору та адаптація нормативної бази відповідно до стандартів ЄС сприятимуть залученню міжнародних інвестицій та розширенню можливостей використання сучасних технологій.

Реалізація заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель супроводжується отриманням різноманітних ефектів, які відрізняються за своєю

природою та характером впливу. З урахуванням цього, всі енерго- та ресурсозберігаючі заходи, що застосовуються у будівлях різного призначення, можуть бути систематизовані у три основні групи за їх функціональними та технологічними особливостями:

1. Модернізація (заміна) обладнання, елементів та інженерних систем будівель. Ця група включає заходи, спрямовані на зменшення непродуктивних втрат енергоресурсів шляхом оновлення технічного оснащення, впровадження більш ефективних технологічних рішень і систем. Заходи цієї категорії можуть охоплювати як пасивні (наприклад, утеплення огорожувальних конструкцій), так і активні енергозберігаючі рішення (встановлення сучасних котлів, систем автоматичного регулювання, тощо).

2. Використання вторинних, побічних і відновлювальних енергоресурсів. До цієї групи належать технології та методи, що дозволяють оптимізувати використання доступних ресурсів за рахунок повторного застосування відходів та відновлюваних джерел енергії. Зокрема, за даними [8], до таких заходів відносяться:

- о Використання вторинного тепла будівель, наприклад, через рекуператори, для забезпечення опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

- о Застосування теплових насосів, які підвищують ефективність використання наявного потенціалу теплоносіїв, таких як тепло ґрунту, стоків або відпрацьованого повітря.

- о Використання органічних відходів (стоків, твердих побутових відходів) для виробництва біогазу або через вогневе знешкодження з одночасним виробництвом теплової та електричної енергії.

- о Використання вітрової енергії з метою покриття частини потреб будівель в електроенергії.

- о Застосування сонячних колекторів і фотоелектричних батарей у регіонах з достатнім рівнем сонячної радіації для виробництва тепла, електроенергії та холоду.

3. Нетехнічні заходи, спрямовані на зниження енергоспоживання та управління попитом, а також пропаганду енерго- та ресурсозбереження. Ця група охоплює організаційні, адміністративні та поведінкові заходи, які підвищують ефективність використання енергоресурсів через зміну управлінських підходів і звичок користувачів будівель. До них належать:

- о Активна інформаційно-просвітницька діяльність, спрямована на формування відповідального ставлення до енергоспоживання серед співробітників і відвідувачів будівель.
- о Призначення відповідальних осіб у бюджетних установах для контролю витрат енергоносіїв та організації виконання заходів з енергозбереження, включаючи підвищення їх кваліфікації.
- о Оптимізація роботи організаційних систем, таких як освітлення, вентиляція, водопостачання, з урахуванням графіків роботи та режимів використання.
- о Дотримання правил експлуатації та регулярного технічного обслуговування систем енергозабезпечення, впровадження графіків вмикання та вимикання освітлення, вентиляції, теплових завіс.
- о Впровадження зонального керування освітленням з метою його включення лише у необхідних приміщеннях, а також призначення відповідальних за контроль цих процесів.
- о Організація регулярного обслуговування світильників, ремонту віконних конструкцій, санації приміщень, що сприяє зменшенню тепловтрат.
- о Проведення роз'яснювальної роботи серед учнів, працівників і відвідувачів будівель щодо принципів раціонального використання енергоресурсів.
- о Проведення періодичних енергетичних аудитів, складання, ведення і оновлення енергетичних паспортів об'єктів, а також постійний моніторинг енергоспоживання.

- о Інформаційні кампанії з використанням нагадувальних табличок про необхідність економії води, електроенергії, а також про вимикання світла і закриття дверей та вікон.
- о Впровадження системи стимулювання працівників за зниження втрат енергоресурсів з одночасним введенням заходів адміністративної відповідальності за неефективне використання енергії.
- о Організація періодичних перевірок (рейдів) для контролю дотримання норм та ефективності споживання енергоресурсів.
- о Підвищення технічної компетентності працівників бюджетних установ у сфері енергозбереження на основі кращих практик та досвіду організацій, які досягли високих показників ефективності.

Застосування комплексного підходу, що поєднує технологічні, ресурсні та організаційні заходи, є ключовим фактором забезпечення стабільного та суттєвого підвищення енергетичної ефективності будівель різного функціонального призначення.

Вибір оптимальних заходів з енергозбереження для бюджетних об'єктів є складним процесом, що вимагає всебічного аналізу та комплексного підходу. Незважаючи на існування широкого спектра типових рішень, кожен об'єкт має свою специфіку, що потребує ретельного дослідження потенціалу енергозбереження, оцінки доцільності реалізації та прогнозування ефекту від впровадження заходів. Оцінка енергетичних резервів, вибір відповідних технологічних рішень та розрахунок економічного ефекту—це взаємопов'язані процедури, які повинні враховувати не лише технічні характеристики будівлі, а й її режим експлуатації, динаміку змін у споживанні ресурсів, зовнішні фактори та інші параметри.

Для прийняття обґрунтованих рішень щодо енергозбереження необхідно використовувати системний підхід, що базується на [5]:

- детальному аналізу поточного енергоспоживання, який включає збір даних про використання тепла, електроенергії, води та палива;

- оцінці втрат енергії через неефективність систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення;
- визначенні найбільш перспективних напрямків підвищення енергоефективності на основі досвіду впровадження аналогічних заходів на схожих об'єктах;
- розрахунку прогнозованої економії та окупності заходів.

Ключові заходи з енергозбереження можуть бути вибрані на основі комплексного масиву даних, що включає технічні характеристики будівлі, наявні системи енергоспоживання, режими використання приміщень, аналіз зовнішніх факторів впливу (кліматичних, технічних, регуляторних), а також інформацію про вже впроваджені заходи на аналогічних об'єктах нерухомості. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати поточне енергоспоживання, але й сформувати довгострокову стратегію підвищення енергоефективності, враховуючи сучасні технологічні та економічні тенденції.

У рамках визначення заходів з енергозбереження доцільно використовувати методи енергоаудиту, комп'ютерне моделювання енергоспоживання та інтегровані механізми управління ресурсами [4]. Окрім традиційних технічних рішень, важливе значення має запровадження цифрових технологій моніторингу витрат енергоресурсів, що дозволяє здійснювати оперативний контроль та регулювання параметрів споживання в режимі реального часу.

Реалізація ефективної програми енергозбереження не лише знижує витрати на оплату енергоресурсів, але й сприяє екологічній стійкості, гармонізації з міжнародними стандартами, підвищенню комфорту експлуатації будівель та створенню передумов для розвитку інноваційних рішень у сфері енергоефективності. У перспективі запровадження таких заходів сприятиме розширенню міжнародної співпраці, залученню інвестицій та розвитку сучасних технологій управління енергоспоживанням.

У таблиці 2.2 наведено класифікацію різноманітних типів ефектів, які можуть бути досягнуті в результаті впровадження заходів з енергозбереження та

підвищення енергетичної ефективності будівельних об'єктів. Аналіз представлених даних свідчить про значний рівень взаємозв'язку між окремими видами ефектів. При цьому сумарний економічний і технічний результат реалізації комплексу заходів формується за рахунок сукупності окремих ефектів, серед яких в окремих випадках додаткові, приватні ефекти можуть мати більш вагоме значення і суттєвий вплив на загальну оцінку ефективності.

Слід зауважити, що з прийнятною точністю можливе визначення переважно технічного, або енергетичного, ефекту, що є базовим показником оцінки результативності заходів. Інші типи ефектів, такі як економічні, екологічні, соціальні чи організаційні, як правило, розраховуються або на основі отриманих даних щодо енергетичної економії, або з використанням спеціалізованих методик і додаткових інструментів оцінки.

У зв'язку з цим, кожний процес оцінки та розрахунку ефективності заходів з енергозбереження, як правило, починається з точного визначення обсягу енергетичних ефектів, досягнутих внаслідок їх впровадження. Це дозволяє закласти надійну основу для подальшого комплексного аналізу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації використання енергоресурсів.

Таблиця 2.2 – Ефекти від впровадження енергозберігаючих заходів

Види ефектів	Складові ефектів
1	2
Енергетичні	Поліпшення енергетичних характеристик будівель і об'єктів нерухомості, економія тепла, електроенергії, води, палива, інших ресурсів.
Економічні	Зниження частки паливно-енергетичних ресурсів в собівартості продукції, зростання (в тому числі питомо) продуктивності, товарообігу, виробництва послуг, підвищення капіталізації будівель
Ергономічні	Поліпшення умов праці, комфортності перебування, мікроклімату в навчальних, робочих і житлових приміщеннях.
Екологічні	Скорочення одного або декількох впливів на навколишнє середовище (викидів в атмосферу, водні джерела, шуму, відходів).

Впровадження заходів з енергозбереження не лише сприяє оптимізації енергоспоживання, а й має значний додатковий економічний ефект, який може позитивно впливати на фінансові показники підприємств, муніципальних установ та державного бюджету загалом [8]. Окрім безпосереднього зменшення витрат на енергоресурси, реалізація енергоефективних заходів може забезпечити ряд синергетичних переваг, включаючи підвищення продуктивності праці, покращення експлуатаційних характеристик будівель, скорочення витрат на ремонтні роботи та модернізацію, а також створення нових можливостей для розвитку інноваційних технологій.

Оцінка неенергетичних ефектів заходів з енергозбереження є важливим аспектом економічного аналізу, оскільки їх капіталізація сприяє підвищенню загальної ефективності інвестицій у енергоефективність. До таких ефектів можна віднести:

- Покращення умов праці та житлового середовища – завдяки модернізації систем опалення, вентиляції та освітлення підвищується рівень комфорту для працівників і мешканців, що позитивно впливає на продуктивність діяльності;
- Скорочення витрат на технічне обслуговування будівель – новітні енергоефективні технології знижують зношуваність обладнання, скорочують необхідність проведення ремонтних робіт та продовжують термін служби інженерних систем;
- Розвиток інноваційної інфраструктури – впровадження нових технологій управління енергоспоживанням сприяє створенню високотехнологічних робочих місць та формуванню передумов для подальших досліджень у сфері енергоефективності;
- Підвищення капіталізації об'єктів нерухомості – будівлі з високим рівнем енергоефективності мають кращу ринкову вартість, що сприяє підвищенню економічної привабливості муніципального і комерційного секторів;

- Стимулювання соціально-екологічного розвитку – зменшення викидів CO₂ та інших забруднювальних речовин через скорочення використання невідновлюваних джерел енергії сприяє формуванню сприятливого екологічного середовища, що відповідає сучасним пріоритетам сталого розвитку.

Урахування та розрахунок кумулятивних і синергетичних ефектів енергоефективності є актуальним завданням прикладної економічної науки, оскільки методи аналізу повинні охоплювати не лише безпосередні енергетичні показники, а й комплексні соціальні та екологічні фактори. Для цього можуть застосовуватися такі методики:

- Комплексний аналіз окупності – розрахунок періоду повернення інвестицій у енергоефективність із урахуванням додаткових вигод у сфері економії ресурсів, скорочення витрат на обслуговування та підвищення вартості нерухомості;
- Багатофакторний аналіз конкурентоспроможності – оцінка впливу впровадження енергоефективних заходів на позиціонування організації у галузевому сегменті;
- Екологічна та соціальна економічна оцінка – визначення економічного ефекту від скорочення екологічного навантаження, покращення соціального середовища та створення нових робочих місць у сфері енергоефективності.

Перелік ключових заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, наведений у відповідних регламентованих документах та таблиці 2.3 оцінки економічної ефективності впроваджуваних технологій [9-11]. Використання системного підходу до енергозбереження сприятиме створенню стійких фінансових та соціальних механізмів розвитку, підвищенню технологічної конкурентоспроможності та оптимізації витрат на енергоспоживання.

Таблиця 2.3 – Типові енергозберігаючі заходи

Назва заходу	Мета заходу	Застосовувані технології, матеріали, обладнання
1	2	3
Підгрупа «пасивних» заходів з енергозбереження		
Встановлення тепловідбивних плівок на вікна	1)зниження втрат випромінюваної енергії; 2)раціональне використання теплової енергії	Тепловібиваюча плівка
Встановлення низькоемісійних склопакетів	1)зниження втрат випромінюваної енергії; 2)раціональне використання теплової енергії	Незкоемісійні склопакети
Заміна віконних блоків	1)зниження інфільтрації; 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби	Сучасні металопластикові склопакети
Утеплення стелі підвалу	1)Зменшення охолодження чи промерзання стелі технічного підвалу 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби будівельних конструкцій	Тепло-, водо- і пароізоляційні матеріали та ін.
Утеплення підлоги горища	1)зменшення протікань, охолодження чи промерзання підлоги технічного поверху чи горища 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби будівельних конструкцій	Тепло-, водо- і пароізоляційні матеріали та ін.
Ізоляція міжпанельних і компенсаційних швів	1)зменшення протягів, протікань, промерзання, утворення грибків 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби стінових конструкцій	Технологія «теплий шов», герметик, теплоізоляційні прокладки, мастики та ін.

Продовження табл. 2.3

1	2	3
Утеплення покрівлі	1)зменшення протікань і промерзання горищних конструкцій 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби горищних конструкцій	Технології плоских дахів, тепло-, водо-, пароізоляційні матеріали та ін.
Гідрофобізація стін	1)зменшення намокання та промерзання стін 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби стінових конструкцій	Гідрофобізатори на кремній-органічний або акриловій основі
Утеплення зовнішніх стін	1)зменшення промерзання стін 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби стінових конструкцій	Технологія вентильовного фасаду, ізоляційні матеріали, захисний шар, обшивка та ін.
Заміна віконних та балконних блоків	1)зниження інфільтрації 2)раціональне використання теплової енергії 3)збільшення строку служби	Сучасні склопакети
Ремонт ізоляції трубопроводів і стояків системи опалення	1)Раціональне використання теплової енергії 2)зменшення споживання теплової енергії в системі опалення	Сучасні теплоізоляційні матеріали для труб
Промивання трубопроводів і стояків системи опалення	1)Раціональне використання теплової енергії 2)зменшення споживання теплової енергії в системі опалення	Промивочні машини та реагенти
Ремонт ізоляції теплообмінників та трубопроводів системи ГВП	1)Раціональне використання теплової енергії 2)зменшення споживання теплової енергії та води в системі ГВП	Сучасні теплоізоляційні матеріали для труб

Продовження табл. 2.3

1	2	3
Ущільнення та утеплення входних блоків, забезпечення автоматичного закривання дверей	1) зменшення втрат тепла через двері 2) раціональне використання теплової енергії 3) підвищення безпеки	Двері з теплоізоляцією, ущільнювачі, поліуретанова піна, автоматичні доводчики дверей
Модернізація трубопроводів і арматури системи опалення	1) збільшення троту експлуатації трубопроводів 2) зменшення протікань 3) зменшення числа аварій 4) раціональне використання теплової енергії 5) економія теплової енергії в системі опалення	Сучасні ізольовані трубопроводи, арматура
Підгрупа «активних» заходів з енергозбереження		
Заміна ламп розжарювання на енергоефективні лампи	1) економія електроенергії 2) підвищення якості освітлення	Світлодіодні лампи
Встановлення лінійних балансувальних вентилів та балансування системи опалення	1) раціональне використання теплової енергії 2) Зниження споживання теплової енергії в системі опалення	Балансувальні вентиля, запірні вентиля, повітровипускні клапани
Встановлення термостатичних вентилів на радіаторах	1) підвищення рівня температурного комфорту в приміщеннях 2) Зниження споживання теплової енергії в системі опалення	Термостатичні радіаторні вентиля (термоголовки)
Забезпечення рециркуляції води в системі ГВП	1) раціональне використання теплової енергії 2) економія теплової енергії в системі ГВП	Циркуляційні насоси, автоматика, трубопроводи
Модернізація електродвигунів або заміна на енергоефективні	1) точне регулювання параметрів в системі опалення, ГВП та ХВП 2) економія електроенергії	Тришвидкісні двигуни, двигуни з частотним регулюванням

Продовження табл. 2.3

1	2	3
Модернізація ІТП із встановленням погодного регулювання	1)автоматичне регулювання параметрів в системі опалення 2)раціональне використання теплової енергії 3)Зниження споживання теплової енергії в системі опалення	Обладнання для автоматичного регулювання витрати, температури та тиску води в системі опалення, в тому числі насоси, контролери, регулювальні клапани з приводом, датчики температури
Встановлення теплових насосів для системи опалення та кондиціонування	Економія теплової енергії	Теплові насоси
Встановлення обладнання для автоматичного освітлення	1)автоматичне регулювання освітленості 2)економія електроенергії	Датчики освітленості, датчики присутності
Ремонт змішувачів та душових насадок або їх заміна	1)ліквідація втрат води 2)Раціональне використання води 3)Зменшення споживання води в системі ХВП та ГВП	Запчастини, сучасні економічні моделі
Ремонт унітазів чи їх заміна	1)ліквідація втрат води 2)Раціональне використання води 3)Зменшення споживання води в системі ХВП	Запчастини та сучасні економічні моделі
Ремонт або встановлення повітряних заслонок	1)ліквідація втрат тепла через систему вентиляції 2)раціональне використання теплової енергії	Повітряні заслонки з регулюванням прохідного перерізу

Підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів є ключовим завданням для бюджетних установ, промислових об'єктів та житлового сектору. Існує широкий спектр енергоефективних заходів, кожен з яких має свої особливості, сферу застосування, рівень капіталовкладень та

економічну доцільність впровадження [10]. Оптимальний вибір заходів залежить від низки факторів, зокрема технічного стану будівлі, характеристик систем енергоспоживання, економічної доцільності модернізації та регуляторних вимог.

Всі заходи з підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів можна умовно поділити на кілька основних категорій [7-10]:

- Технологічні заходи – удосконалення систем опалення, освітлення, вентиляції, водопостачання, впровадження сучасних енергоефективних матеріалів та конструкцій;
- Організаційні заходи – розробка та реалізація нормативних документів, оптимізація режимів роботи будівель, введення стандартів енергоспоживання;
- Фінансові механізми – запровадження програм підтримки енергоефективності, грантових механізмів та податкових стимулів для підприємств;
- Екологічні заходи – використання відновлюваних джерел енергії, мінімізація негативного впливу на довкілля, впровадження систем екологічного моніторингу;
- Цифрові рішення – автоматизовані системи енергоменеджменту, розумні технології моніторингу енергоспоживання, IoT-рішення для керування інженерними системами.

Розробка ефективної програми енергозбереження базується на системному аналізі та врахуванні таких ключових факторів:

- Технічний стан будівлі – визначення рівня фізичного зношення конструкцій, характеристик існуючих систем енергоспоживання, необхідності капітального ремонту;
- Регуляторні вимоги – відповідність заходів національним та міжнародним стандартам енергоефективності, гармонізація з вимогами ЄС;
- Експлуатаційні характеристики – аналіз режимів використання будівлі, визначення найбільш енергоємних процесів, оптимізація графіків роботи інженерних систем;

- Екологічні критерії – оцінка впливу на довкілля, можливості використання альтернативних джерел енергії, ефективність заходів у контексті зменшення викидів CO₂.

Комплексний підхід до енергозбереження дозволяє не лише зменшити витрати на енергоресурси, але й підвищити комфорт експлуатації об'єкта, забезпечити відповідність міжнародним екологічним стандартам, знизити негативний вплив на довкілля та створити передумови для залучення інвестицій у розвиток енергоефективних технологій.

Висновок за розділом 2

У розділі було розглянуто ключові заходи щодо підвищення енергетичної ефективності будівель, систематизовано їх основні види, а також проведено аналіз вартості впровадження та очікуваного енергетичного ефекту від застосування кожного заходу. Зокрема, здійснено оцінку технічних характеристик запропонованих рішень, економічної доцільності їх реалізації та потенційного впливу на зниження споживання енергоресурсів у будівлях різного функціонального призначення.

На основі отриманих результатів проведено комплексне дослідження ефективності застосування заходів енергозбереження, що представлено у наступному розділі Моніторингового комплексного звіту (МКР). У цьому розділі детально проаналізовано фактичні показники енергоспоживання, порівняння до та після впровадження енергозберігаючих заходів, а також визначено рекомендації щодо оптимізації подальшої експлуатації будівель з урахуванням сучасних стандартів енергоефективності.

Завдяки комплексному підходу, викладеному у роботі, забезпечується обґрунтованість вибору конкретних технічних рішень, що сприяють максимальному підвищенню енергоефективності будівель при оптимальних інвестиційних витратах, а також створенню умов для сталого розвитку в сфері енергозбереження.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВЛЯХ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ

3.1 Особливості визначення рівня енергоефективності будівель

Рівень ефективності використання енергоресурсів будівлі визначається її класом енергоефективності. В Україні для його визначення використовуються дві основні методики: [12] та Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 № 169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель».

ДБН [12] встановлює мінімальні вимоги до теплотехнічних характеристик конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель, а також до енергетичних параметрів будівель і їхніх відокремлених частин. Ці вимоги визначаються на основі економічно обґрунтованого рівня енергоефективності споруди з урахуванням її життєвого циклу, побутових потреб людини та необхідних мікрокліматичних умов. У випадках наявності економічного обґрунтування або відповідно до технічного завдання, теплотехнічні показники та енергетичні характеристики будівлі можуть перевищувати встановлені нормативи.

Положення чинних будівельних норм встановлюють загальні вимоги до забезпечення енергоефективності будівель з урахуванням [11]:

- місцевих кліматичних умов;
- функціонального призначення споруди, її типу, архітектурно-планувального та конструктивного рішення;
- геометричних характеристик, теплотехнічних параметрів та питомих енергопотреб;
- нормативних санітарно-гігієнічних вимог та параметрів мікроклімату приміщень;
- довговічності теплоізоляційної оболонки будівлі під час її експлуатації.

При проектуванні споруди відповідно до вимог енергоефективності обов'язково перевіряються показники мінімально допустимої температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, температурного перепаду між внутрішнім повітрям та поверхнею стін, параметри вологісного режиму, повітропроникності, а також теплостійкості [8].

Оцінка енергетичної ефективності будівель здійснюється розрахунковими методами. Вихідні дані для розрахунків отримуються з проектною документацією об'єкта, що підлягає енергетичній сертифікації. У випадку відсутності необхідної документації, параметри визначаються на основі технічного обстеження споруди.

Під час проведення технічного обстеження огорожувальних конструкцій встановлюються:

- конструктивні рішення всіх типів огорожувальних конструкцій (стіни, перекриття, покриття, світлопрозорі конструкції, зовнішні двері);
- уточнені геометричні параметри будівлі, її фактична кондиціонована площа, загальний кондиціонований об'єм та об'єм для вентиляції;
- наявність приміщень з різним функціональним призначенням, їхні параметри опалювальної площі та об'єму.

За результатами вимірювань визначаються фактичні значення наступних параметрів:

- загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, розподілена за сторонами світу;
- кондиціонована площа та кондиціонований об'єм;
- об'єм, призначений для вентиляції;
- коефіцієнт скління фасадів;
- показник компактності споруди.

Для системи опалення встановлюються [4-7]:

- тип системи (гідравлічна, електрична, повітряна);
- конфігурація трубопроводів (двотрубна, однотрубна з постійним або змінним гідравлічним режимом);

- тип регулювання температури приміщення, тепловтрати через зовнішні огороження;
- специфічні тепловтрати через прилеглі до опалювальних панелей поверхні;
- тип системи опалення (підлогова, стінова, стельова);
- електроопалення (пряме, акумуляційне, з регулюванням), схема повітряного опалення.

Для системи охолодження:

- тип вентилятора, компресора, клас системи управління;
- холодоагент, наявність систем попереднього охолодження, доводчиків.

Для системи гарячого водопостачання:

- тип системи ГВП (без циркуляційного контуру, зі статично збалансованими циркуляційними стояками, з автоматично збалансованими за температурою води стояками);
- параметри трубопроводів (довжина, лінійний коефіцієнт теплопередачі);
- середня температура гарячої води, кількість циклів користування.

Для системи вентиляції:

- тип системи (збалансована, централізована);
- питома потужність вентиляторів;
- наявність осушення та зволоження повітря, нічного охолодження, рекуперації тепла.

Для системи освітлення:

- питома потужність встановленого штучного освітлення.

Застосування зазначених методик дозволяє проводити комплексну оцінку енергоефективності будівель, встановлювати необхідні заходи щодо її оптимізації та формувати стратегію підвищення енергетичної ефективності відповідно до сучасних стандартів і нормативних вимог.

3.2 Основні нормативні вимоги щодо рівня енергетичної ефективності будівель

Починаючи з 1 липня 2019 року в Україні набув чинності Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (далі — Закон), який визначає правові, організаційні та економічні засади забезпечення енергоефективності будівель на всіх етапах їх життєвого циклу. Одним із ключових положень зазначеного Закону є запровадження обов'язкової сертифікації енергетичної ефективності окремих категорій будівель, як інструменту державного контролю та управління якістю енергоспоживання в будівельному фонді країни.

Відповідно до статті 7 Закону, підлягають обов'язковій сертифікації такі об'єкти:

- а) об'єкти нового будівництва, а також ті, що проходять реконструкцію або капітальний ремонт, за умови віднесення їх до класів наслідків (відповідальності) СС2 (середні наслідки) або СС3 (значні наслідки), відповідно до положень Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності». Це передбачає обов'язковість енергетичного паспорта для об'єктів підвищеної соціальної значущості або потенційної небезпеки в разі неналежної експлуатації;
- б) будівлі, що перебувають у державній власності, з опалюваною площею понад 250 м², які часто відвідують громадяни та в яких розміщені органи державної влади. Така вимога зумовлена потребою забезпечення прозорості та підвищення ефективності використання бюджетних коштів на енергоресурси;
- в) будівлі, що належать до органів місцевого самоврядування, з опалюваною площею понад 250 м², які планується піддати заходам термомодернізації. Сертифікація в цьому випадку виконує функцію до- та післяпроектного контролю енергоефективності;
- г) будівлі, що проходять термомодернізацію із залученням державної підтримки (наприклад, через ДФРР, Фонд енергоефективності, міжнародні програми підтримки), за умови, що така модернізація має на меті досягнення

класу енергетичної ефективності не нижче мінімальних вимог, встановлених державними будівельними нормами (ДБН).

Слід зазначити, що мета сертифікації полягає не лише у формальному виконанні норм законодавства, а насамперед у наданні об'єктивної оцінки поточного стану енергетичної ефективності будівлі, ідентифікації можливостей для скорочення споживання енергії та формуванні рекомендацій щодо її модернізації.

Винятки з обов'язкової сертифікації

Закон також визначає перелік будівель, які не підлягають сертифікації енергетичної ефективності. Згідно з частиною другою статті 2 Закону та Постановою Кабінету Міністрів України від 11 квітня 2018 року № 265, сертифікація не здійснюється для таких об'єктів:

- об'єктів, які використовуються менше чотирьох місяців на рік;
- будівель промислового призначення, складів, майстерень, гаражів та інших споруд, де показники комфорту не залежать від температурного режиму;
- об'єктів культурної спадщини, якщо сертифікація або заходи з енергоефективності можуть завдати шкоди їх автентичності чи збереженню;
- тимчасових будівель, розрахованих на експлуатацію менше двох років;
- об'єктів сільськогосподарського призначення, за умови, що вони не використовуються для постійного проживання людей;
- мобільних споруд (пересувні об'єкти);
- місць богослужіння та інших споруд, що використовуються для релігійної діяльності.

В умовах актуальності питання енергетичної незалежності України вживаються заходи щодо переходу до нової моделі управління енергоресурсами. Відповідно до «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.09.2017 № 605-р, запроваджено посилення вимог до енергоефективності будівель, стимулювання

енергоефективності житлового сектору та підтримку ініціатив щодо підвищення енергоефективності споруд [11].

Одним із ключових заходів у цьому напрямку є сертифікація енергоефективності адміністративних та бюджетних будівель, що дозволяє перевірити рівень енергоспоживання та отримати рекомендації щодо його оптимізації. Теплова модернізація та впровадження енергоощадних технологій сприяють зменшенню експлуатаційних витрат та забезпеченню комфортних умов. Зекономлені кошти можуть бути спрямовані на фінансування інших соціально значущих проєктів [11].

Сертифікація енергоефективності є видом енергоаудиту, що передбачає аналіз характеристик будівельних конструкцій та інженерних систем, а також оцінку відповідності розрахованого рівня енергоспоживання мінімальним нормативам.

Енергетичний сертифікат містить інформацію про обсяги споживання енергоресурсів, технічний стан будівлі та перелік енергоефективних заходів, які доцільно впровадити [11].

Термін дії сертифіката становить 10 років. У разі складення нового енергетичного сертифіката попередній втрачає чинність [11].

Витяг з енергетичного сертифіката, що містить інформацію про клас енергетичної ефективності споруди, розміщується у доступному для громадян місці в будівлях, сертифікація яких є обов'язковою. Вимоги до форми та змісту витягу регламентовані порядком проведення сертифікації [11].

Енергетичні сертифікати бюджетних установ також публікуються на їхніх офіційних веб-сайтах (за наявності), якщо сертифікація відповідної будівлі є обов'язковою [11].

Будівлі, які не підлягають обов'язковій сертифікації, можуть пройти її за рішенням власника на договірних засадах.

Стаття 9 Закону визначає основні умови договору на проведення сертифікації:

- а) термін та вартість сертифікації;

- б) порядок отримання результатів;
- в) умови компенсації шкоди у разі неналежного виконання енергоаудитором своїх обов'язків або надання недостовірних результатів;
- г) звільнення енергоаудитора від відповідальності у разі надання недостовірних даних замовником, що вплинули на результати сертифікації [11].

Сертифікацію енергоефективності можуть проводити лише атестовані енергоаудитори, які є незалежними, не мають конфлікту інтересів та не заінтересовані у результатах сертифікації [11].

Порядок проведення сертифікації визначений наказом Мінрегіону від 11.07.2018 № 172 [10].

З метою систематизації даних та моніторингу дотримання законодавства у сфері енергоефективності Держенергоефективності веде офіційну базу даних енергетичних сертифікатів, що розміщена на веб-сайті агентства. Енергоаудитори зобов'язані протягом 10 робочих днів з моменту складання сертифіката передати його електронну версію до Агентства [10].

Держенергоефективності вносить дані до бази протягом п'яти робочих днів. Доступ до реєстру є безоплатним [10].

3.3 Особливості визначення доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності в будівлях комунальної сфери

Розробка та впровадження енергоощадних заходів передбачає обґрунтоване оцінювання їх ефективності на основі системного аналізу, розрахунків та реального досвіду експлуатації подібних рішень. В основу методичних рекомендацій щодо розрахунку енергетичних ефектів покладено такі ключові принципи:

- Максимальна практичність і спрощення розрахункових процедур, що дозволяє оперативно отримувати інтегральні оцінки очікуваних ефектів навіть за обмежених вхідних даних;

- Опора на апробований практичний досвід, зокрема застосування розрахунково-експериментальних методів, базованих на даних впроваджених проєктів з енергозбереження в будівлях різного функціонального призначення на території України;

- Консервативний підхід до обліку невизначеностей, включно з оцінкою похибок, спотворень та неповноти вихідної інформації.

З урахуванням зазначених принципів, алгоритм розрахунку енергетичних ефектів впровадження заходів з енергозбереження передбачає реалізацію послідовності таких базових етапів (рис. 3.1):

1. Аналіз об'єкта та ідентифікація потреб у впровадженні енергозберігаючих заходів

На цьому етапі здійснюється всебічний аналіз технічного стану об'єкта, його енергетичного профілю, а також оцінка потенційних втрат енергоресурсів. Визначаються передумови та обґрунтовуються напрямки можливих енергоощадних втручань. Проводиться класифікація можливих заходів за типом:

- технічна модернізація інженерних систем (опалення, вентиляції, освітлення тощо);
- інтеграція поновлюваних та вторинних енергоресурсів;
- впровадження організаційно-управлінських заходів (енергоменеджмент, навчання персоналу тощо).

2. Оцінка вихідних умов та впливаючих факторів

Проводиться ідентифікація зовнішніх і внутрішніх змінних, які можуть мати суттєвий вплив на рівень енергоспоживання. Це можуть бути кліматичні умови, особливості експлуатації будівлі, режим роботи інженерного обладнання, ступінь фізичного зносу конструкцій тощо. При цьому доцільно використовувати сучасні інструменти моніторингу — системи автоматизованого збору даних, тепловізійну діагностику, лічильники з телеметрією та інші засоби технічного обліку.

3. Розрахунок орієнтовної економії енергетичних ресурсів

На основі зібраної інформації виконується попередній розрахунок потенційного енергетичного ефекту від впровадження обраних заходів. Залежно від наявності вхідних даних та специфіки об'єкта, можуть застосовуватись такі підходи:

- Аналоговий метод, що базується на порівнянні з результатами аналогічних проектів на схожих об'єктах;
- Балансовий метод — через побудову енергетичних балансів та розрахунок питомих показників споживання;
- Інструментальні вимірювання, які дозволяють отримати точні дані щодо фактичної економії енергії (зазвичай застосовується в рамках енергосервісних контрактів).

У випадках високої невизначеності або обмеженого доступу до достовірних вихідних даних рекомендується використовувати усереднені або консервативні орієнтири, що відображають реальні результати впроваджених рішень у подібних умовах.

4. Корекція набору заходів та фіналізація техніко-економічних параметрів

Після виконання попереднього розрахунку та/або пілотного впровадження заходів проводиться повторна оцінка фактичної ефективності, з уточненням виявлених розбіжностей між розрахунковими і реальними даними. Це дозволяє:

- скоригувати перелік заходів з огляду на отриману інформацію;
- виключити неефективні або малорентабельні заходи;
- оновити енергетичну декларацію об'єкта;
- провести остаточну оцінку термінів окупності, прогнозованої економії та інших економічних та організаційних ефектів.

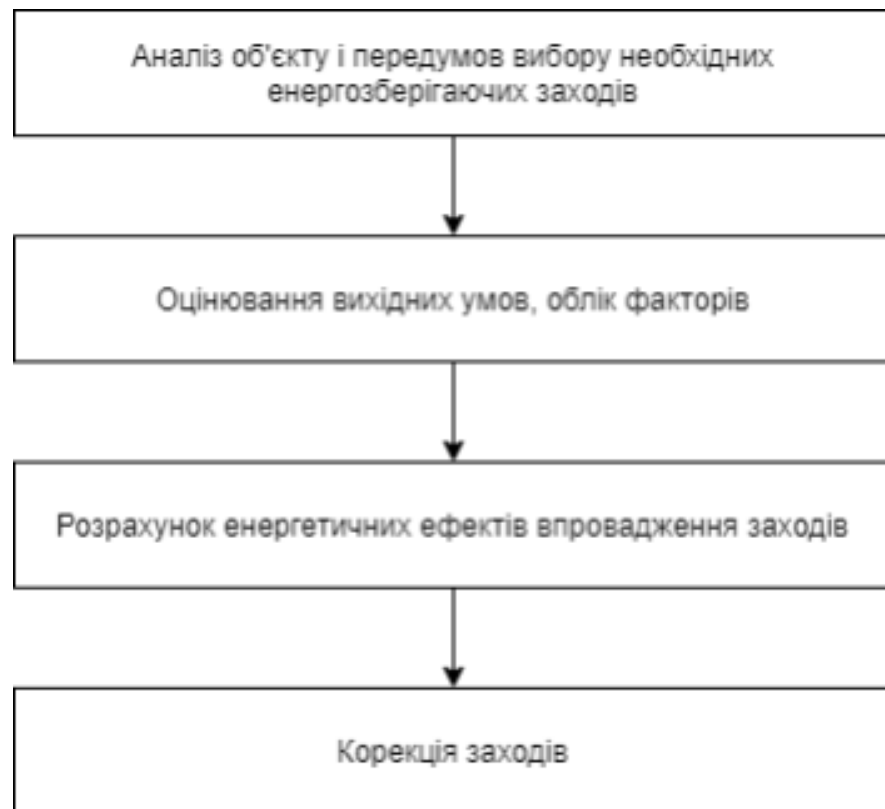


Рисунок 3.1 – Алгоритм методики оцінювання реалізації заходів

На першому етапі проводиться оцінка вихідного стану об'єкта (будівлі) з точки зору попереднього відбору комплексу заходів щодо енергозбереження та підвищення енергоефективності. Для більшості бюджетних установ доцільно розпочинати аналіз із можливостей пасивного енергозбереження, що включає удосконалення теплоізоляції огорожувальних конструкцій, оптимізацію мікроклімату приміщень та раціоналізацію систем енергоспоживання.

Однією із головних складностей точного розрахунку економії енергоресурсів є необхідність використання коректних вихідних даних та фактичних показників енергоспоживання об'єкта. Через наявність методичних обмежень неможливо застосувати універсальний розрахунковий підхід, тому доцільно використовувати різні джерела інформації:

- дані приладів обліку води, тепла, електроенергії за останні роки;
- статистичні бази даних аналогічних об'єктів (системи моніторингу, нормативи споживання ресурсів);

- результати енергетичних обстежень та енергетичні паспорти бюджетних установ.

Для визначення основних факторів перевитрати теплової енергії необхідно порівняти термічні опори огорожувальних конструкцій із нормативними показниками для даної кліматичної зони або виконати спрощений тепловий баланс споруди. Окрім державних стандартів, можуть застосовуватися регіональні та муніципальні нормативи енергоспоживання, а також класи енергоефективності будівель.

Якщо рівень теплозахисту будівлі є недостатнім, необхідно реалізувати заходи з утеплення фасадів, модернізації або заміни вікон. У випадку достатньої теплозахисної здатності конструкцій, увагу слід зосередити на ефективності інженерних систем теплопостачання – стану теплових вводів, розподільних стояків, опалювальних приладів та систем регулювання теплоспоживання. У багатьох випадках достатньо провести налаштування та модернізацію існуючого обладнання, усунувши зношені елементи для зниження теплових втрат та підвищення енергоефективності будівлі [11].

Після вибору необхідного комплексу заходів слід ідентифікувати їх відповідно до отримуваного ефекту:

- модернізація обладнання та інженерних систем споруди (скорочення непродуктивних втрат енергоресурсів);
- утилізація вторинних енергоресурсів та використання побічних продуктів виробництва (зменшення залежності від зовнішніх джерел енергії);
- управління попитом та нетехнічні заходи (пропаганда раціонального використання ресурсів та оптимізація графіків енергоспоживання).

Оцінка вихідних умов та факторів

На другому етапі здійснюється оцінка вихідних умов об'єкта та ідентифікація факторів впливу. Це включає аналіз незалежних змінних і статичних параметрів, таких як кліматичні характеристики, технічний стан будівлі та рівень її енергоспоживання.

Проводиться загальний аналіз енергоспоживання споруди за останні три роки з точки зору формування базового тренду, визначення можливих флуктуацій та оцінки основних факторів впливу. Для цього використовуються:

- показники обліку тепла, води, електричної енергії;
- статистичні дані про аналогічні об'єкти;
- результати енергетичного аудиту, що дозволяють визначити проблемні місця у системах енергозабезпечення.

Істотні коливання (флуктуації) електро-, тепло- або водоспоживання необхідно ілюструвати відповідними факторами, такими як:

- кліматичні зміни протягом періоду дослідження;
- зміни у структурі використання приміщень;
- проведення ремонтних або модернізаційних робіт.

На загальний річний рівень енергоспоживання впливають як потужність енергоустановок, так і тривалість їх роботи. Економія енергоресурсів може бути досягнута як шляхом модернізації технічних характеристик, так і шляхом оптимізації режимів роботи систем упродовж року [8].

Етап 3. Розрахунок енергетичних ефектів впровадження енергозберігаючих заходів.

Оцінка енергетичних ефектів, що очікуються від реалізації заходів з енергозбереження, є ключовим елементом енергетичного аудиту та обґрунтування інвестицій у модернізацію об'єкта. На практиці застосовуються декілька підходів до розрахунку ефективності впроваджених заходів:

- Метод аналогії — передбачає використання статистичних даних та результатів, отриманих при впровадженні аналогічних заходів на подібних об'єктах. Методика є доступною та швидкою у застосуванні, проте має нижчу точність, оскільки залежить від багатьох зовнішніх і внутрішніх змінних факторів.

- Балансові методи та використання питомих показників — базуються на фізичних закономірностях, теплотехнічних та енергетичних розрахунках, що дозволяє отримати більш точну оцінку очікуваної економії. Цей підхід

застосовується переважно фахівцями під час проектування енергозберігаючих рішень або при моделюванні різних сценаріїв енергоспоживання.

- Метод прямих вимірювань — передбачає використання спеціального вимірювального обладнання, програмно-аналітичних систем і засобів обліку для оцінки фактичного енергоспоживання до та після реалізації заходів. Цей підхід є найбільш точним і рекомендований для використання енергосервісними компаніями в межах договорів з гарантією результату.

Слід зазначити, що достовірне визначення ефективності перспективних проектів енергозбереження на етапі планування є складним завданням через наявність ризиків, зокрема:

- недотримання технології монтажу або проектних рішень;
- відсутність супутніх (комплементарних) заходів;
- нераціональні режими експлуатації;
- коливання цін на енергоресурси або зміна тарифної політики.

У зв'язку з цим рекомендується орієнтуватися на середньозважені значення фактично досягнутої економії в аналогічних проектах, реалізованих в умовах, максимально наближених до умов конкретного об'єкта. При цьому для підвищення рівня надійності прогнозу доцільно використовувати консервативні значення із нижньої межі статистичних діапазонів енергетичної ефективності.

У разі відсутності впевненості щодо впровадження додаткових заходів (наприклад, управління енергоспоживанням, автоматизації систем, технічного обслуговування обладнання), доцільно враховувати ще більш занижені коефіцієнти очікуваної економії, щоб уникнути переоцінки результатів.

Етап 4. Коригування (уточнення) переліку енергозберігаючих заходів.

На цьому етапі здійснюється деталізація техніко-економічних параметрів заходів, що плануються до впровадження, з урахуванням фактичних даних, отриманих в результаті енергетичного обстеження об'єкта. Такий підхід дозволяє:

- оцінити фактичний стан огорожувальних конструкцій, інженерного обладнання (систем опалення, вентиляції, електропостачання, гарячого водопостачання тощо);
- проаналізувати ефективність функціонування приладів обліку (комерційного та технічного);
- виявити необґрунтоване перевищення споживання енергоресурсів, зокрема внаслідок технічних дефектів, неправильного налаштування або втрати теплозахисних властивостей будівельних конструкцій.

Результати аналізу дозволяють скоригувати попередні розрахунки та сформувати актуалізований перелік пріоритетних енергоефективних заходів, які забезпечують найбільший економічний ефект за мінімального терміну окупності. Розрахунок економічного ефекту заходів здійснюється за наступною логікою:

1. Визначення економії енергоресурсів у натуральному вимірі (кВт·год, Гкал, м³ тощо);
2. Конвертація цієї економії у грошовий еквівалент із врахуванням актуальних тарифів;
3. Урахування супутніх ефектів (зменшення витрат на обслуговування, підвищення комфорту, продовження терміну служби обладнання, екологічний ефект тощо).

Важливо зазначити, що економічні ефекти значно складніше оцінюються, ніж фінансові. Крім того, існують непрямі ефекти, які не мають чіткого грошового вираження, однак мають критичне значення для прийняття управлінських рішень. Наприклад, для бюджетних установ або об'єктів соціальної інфраструктури вартісна ефективність не завжди є основним критерієм вибору, оскільки реалізація заходів може бути зумовлена:

- вимогами державних будівельних норм (ДБН), санітарних і протипожежних регламентів;
- приписами наглядових або контролюючих органів;

- необхідністю підвищення рівня безпеки, санітарного комфорту або енергонезалежності.

У подібних випадках деякі заходи можуть не призводити до безпосередньої економії енергоресурсів, а навпаки — потребувати додаткових витрат. Проте їх виконання є обов'язковим з огляду на дотримання законодавства та забезпечення належного функціонування об'єкта.

Разом із тим, у сучасних умовах обмежених фінансових ресурсів, розрахунок техніко-економічних показників реалізації енергозберігаючих заходів набуває особливої актуальності. Це дозволяє:

- оптимізувати розподіл бюджетних коштів;
- підвищити ефективність капіталовкладень;
- обґрунтувати необхідність залучення додаткових джерел фінансування, зокрема енергосервісних контрактів, державних або міжнародних програм підтримки енергоефективності.

3.4 Впровадження термомодернізаційних заходів в будівлю міського палацу мистецтв

У додатку Б наведено енергетичний сертифікат громадської будівлі – загальноосвітньої школи І–ІІІ ступенів №10 у місті Вінниця, розташованої за адресою: м. Вінниця, вул. Андрія Первозванного, 22. Документ містить детальну інформацію про енергетичну ефективність об'єкта.

Будівля школи була введена в експлуатацію у 1979 році, має складну конфігурацію з семи функціональних блоків (одно-, дво- та триповерхових). Загальна площа приміщень становить 7571,1 м², будівельний об'єм – 33 215,9 м³. Клас енергоефективності споруди перебуває на низькому рівні, що спричиняє значні тепловтрати та високі витрати на енергоносії.

Сертифікат містить аналіз технічного стану огорожувальних конструкцій. Зовнішні стіни виконані з силікатної цегли товщиною 510 мм. Стан кладки в багатьох місцях незадовільний: зафіксовано вивітрювання розчину,

зволоження та розморожування цегли. Фактичний опір теплопередачі стін ($R=0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) не відповідає нормативному ($R \geq 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

Світлопрозорі конструкції займають значну площу фасаду (понад 1400 м^2), з яких близько половини становлять дерев'яні вікна зі спареними стулками. Частково встановлені металопластикові вікна з однокамерними склопакетами. Проте жодні з них не відповідають сучасним вимогам теплосбереження ($R_{\text{вікон}} = 0,32\text{--}0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ при нормативному $\geq 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$). Аналогічно, зовнішні двері з дерева, металу та ПВХ не забезпечують необхідного опору теплопередачі ($R_{\text{дверей}} = 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ при нормативному $\geq 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

Покрівля представлена суміщеними дахами та технічним горищем з недостатнім утепленням. Горищне перекриття блоку №5 не утеплене, що є джерелом значних тепловтрат. Частина покрівель виконана з бітумно-полімерних рулонних матеріалів, а частина — з ПВХ-мембрани. Перекриття над неопалюваним підвалом та підлога по ґрунту також не мають достатньої теплоізоляції.

Система опалення школи централізована, але не модернізована. Внутрішня система двотрубна, без балансування, з трубопроводами зі сталі та пластику, які не мають утеплення. Це знижує ефективність тепlopостачання. Вентиляція здійснюється переважно природним шляхом, з частковим використанням витяжних вентиляторів у санітарних зонах і спортзалі. Охолодження відсутнє.

Система освітлення застаріла — використовуються люмінесцентні лампи та лампи розжарювання, керування освітленням ручне. Це призводить до надмірного споживання електроенергії.

Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання та вентиляцію суттєво перевищує нормативні значення. У сертифікаті запропоновано конкретні заходи з покращення енергоефективності:

- утеплення зовнішніх стін, перекриття та покрівлі;
- повна заміна вікон і дверей на енергоефективні;
- модернізація системи опалення з утепленням трубопроводів;

- встановлення рекуперативної вентиляції;
- заміна освітлення на LED-системи з автоматичним управлінням.

Очікувана економія енергоресурсів після впровадження заходів дозволить значно знизити експлуатаційні витрати та покращити мікроклімат в навчальному закладі. Відповідні інвестиції мають швидку окупність – до 2 років для окремих заходів.

Висновок за розділом 3

У розділі здійснено ґрунтовний аналіз особливостей визначення рівня енергетичної ефективності будівель. Розглянуто ключові нормативні вимоги, що регулюють показники енергоспоживання, а також фінансово-економічні чинники, які безпосередньо впливають на інвестиційну привабливість проєктів із впровадження енергозберігаючих заходів.

Особливу увагу приділено фінансовим критеріям прийняття рішень, зокрема показникам рентабельності, термінам окупності та прогнозованим економічним ефектам. Визначено, що ефективність інвестицій у підвищення енергетичної ефективності значною мірою залежить не лише від технічної доцільності заходів, а й від їхнього економічного обґрунтування.

На основі проведеного аналізу сформовано алгоритм оцінки доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності. Він дозволяє комплексно порівнювати варіанти впровадження, враховуючи як технічні, так і економічні аспекти, що суттєво оптимізує процес ухвалення рішень.

Запропонований алгоритм сприяє вибору оптимального пакета енергоефективних заходів, що забезпечує максимальний ефект з точки зору ресурсозбереження та фінансових витрат. Його використання дозволяє підвищити рівень енергоефективності будівель та стимулює впровадження сучасних технологій, спрямованих на мінімізацію споживання енергоресурсів.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Вихідні дані

Проект енергоефективної реконструкції школи в м. Вінниці розроблено для місцевості з наступними природно-кліматичними умовами:

температурна зона – I [13];

тривалість зимового періоду - 198 діб;

нормативна глибина промерзання ґрунту - 0,9 м;

сейсмічність району - до 6 балів;

район за вітровим навантаженням – 2 [14];

тип місцевості за вітровим навантаженням – III [14];

нормативне значення швидкісного напору вітру – 0,45 кПа[14];

район за сніговим навантаженням – 4 [14];

нормативне значення ваги снігового покриву – 1,40 кПа [14].

Згідно інженерно-геологічних даних місцевості основою для фундаментів служить суглинок напівтвердий, просідний I типу, карбонатизований, з наступними нормативними фізико-механічними властивостями [14]: $W = 0,20$; $IL = 0,20$; $\gamma = 17,4 \text{ кН/м}^3$; $C = 17 \text{ кПа}$; $\varphi = 19^\circ$; $E = 12 \text{ МПа}$. Рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 6-7,5 м від поверхні землі. Несприятливі геологічні явища на будівельному майданчику відсутні, отже потреби в інженерній підготовці немає.

4.1.2 Об'ємно-планувальні рішення

Будівля загальноосвітнього навчального закладу, що підлягає реконструкції, має складну конфігурацію в плані, зумовлену функціональними особливостями та архітектурно-просторовим вирішенням. Композиційно вона складається з кількох взаємопов'язаних об'ємно-планувальних блоків різної

поверховості, які формують єдину функціональну структуру навчального комплексу. Усі структурні частини будівлі перекриваються суміщеним дахом, що є типовим для закладів освітнього призначення та відповідає конструктивній схемі об'єкта [15].

Планувальні принципи та функціональне зонування

Внутрішнє планування шкільної будівлі розроблено з урахуванням чинних державних будівельних норм, а саме ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти», а також інших нормативно-правових актів, які регламентують проектування навчальних установ. Планувальні рішення забезпечують раціональне зонування функціональних груп приміщень (навчальні класи, допоміжні, санітарно-технічні, адміністративні та інші), їхню ефективну взаємодію та зручність у користуванні.

Організація простору спрямована на досягнення необхідних показників природної освітленості в усіх навчальних приміщеннях, забезпечення нормативних інсоляційних характеристик та створення сприятливого мікроклімату. Планування забезпечує логічний зв'язок між зонами з урахуванням потоків учнів і персоналу, а також вимог інклюзивного середовища (за необхідності).

У будівлі передбачено дві основні сходові клітини, розміщені у відповідності до вимог пожежної безпеки та нормативів щодо організації шляхів евакуації (зокрема, ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»). Таке рішення забезпечує безпечне та швидке виведення осіб із будівлі у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

- Ширина сходових маршів становить 1200 мм, що відповідає нормативним вимогам до шкільних будівель.
- Відстань між паралельними маршами (у просвіті) становить 100 мм, що забезпечує необхідну жорсткість і зручність пересування.
- Ширина основних коридорів визначена згідно з інтенсивністю руху, чисельністю учнів та функціональним призначенням будівлі, і також відповідає нормативам.

- Кількість і розміри зовнішніх евакуаційних виходів приведено у відповідність до вимог ДБН щодо протипожежного захисту, з урахуванням розміщення приміщень та максимальної розрахункової кількості осіб, що перебувають у будівлі одночасно [15].

Блоки №1-4. До блоку №5 з північної сторони до стіни по осі «К» прибудовані боковими сторонами одноповерхові блоки початкових класів. Ці блоки мають переважно прямокутну форму в плані та розташовані в осях «К-Н/4- 17» будівлі школи. Всі блоки початкових класів побудовані з однаковими конструктивними рішеннями та мають однакові проектні розміри в плані, що становлять 11,78х38,23м. Додатково протягом експлуатації школи до блоку №3 з торця були прибудовані додаткові приміщення, що відрізняє за формою в плані цей блок від інших блоків молодших класів. Висота приміщень блоків змінна та складає від 2,45 до 4,25м. Блоки виконані без підвалу з суміщеним плоским покриттям. Похил покриття змінний від 0,3 до 20%.

Блок №5. Центральний трьохповерховий блок №5 розташований в осях «5-16/Г-Д» будівлі, має прямокутну форму в плані та розміри в плані 12,84х79,29м. Під всією площею цього блоку влаштований підвал. Висота поверхів блоку складає 3,3 м. Над блоком влаштований дах з технічним горищем, що має плоске холодне покриття.

Блоки №6. Даний блок прибудований до блоку №5 із східної сторони та розташований в осях «16-20/А-К». Цей блок двоповерховий, має квадратну форму в плані та виконаний з внутрішнім двором, що на момент обстеження використовується для господарчих потреб. Розміри в плані блоку №6 складають 36,62х36,62м. В осях блоку «16-18» влаштований підвал. Дах суміщений з плоским покриттям.

Блок №7. Цей блок прибудований до блоку №5 із західної сторони та розташований в осях «1-3/В-И». Цей блок одноповерховий прямокутної форми в плані. Розміри в плані блоку №7 складають 21,7х22,0м.

Основні техніко-економічні показники школи:

- будівельний об'єм -33 215,9 м3;

- загальна площа приміщень - 7 571,1 м²;
- площа забудови - 5 387,4 м².

4.1.3 Архітектурно-конструктивні рішення

Будівля навчального закладу запроектована за традиційною стіною конструктивною схемою, що передбачає використання несучих зовнішніх та внутрішніх стін із керамічної цегли, які спільно з міжповерховими перекриттями зі збірних залізобетонних плит формують просторово-жорстку систему. Просторова жорсткість і стійкість будівлі забезпечується сумісною роботою вертикальних несучих елементів (стін) та горизонтальних елементів (перекриттів) [16].

Несучі стіни встановлюються на стрічкових фундаментах, виконаних зі збірних бетонних блоків фундаментних стін шириною 0,5×0,6 м, які монтуються на монолітній залізобетонній фундаментній подушці шириною 1,2–1,8 м і висотою 0,4 м. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл навантаження на ґрунт основи та відповідність нормативним вимогам щодо несучої здатності і довговічності фундаментів.

Стіни та перегородки

- Зовнішні стіни виконані із керамічної повнотілої цегли марки М100 на цементно-піщаному розчині марки М75, загальною товщиною 510 мм. Для забезпечення нормативних показників теплоізоляції огорожувальних конструкцій, зовні передбачено утеплення мінераловатними плитами товщиною 100 мм із подальшим оздобленням відповідно до вимог енергоефективності.
- Внутрішні несучі стіни виконуються також із керамічної цегли марки М100 на розчині М75, товщиною 380 мм, що забезпечує необхідну несучу здатність та акустичну ізоляцію між приміщеннями.
- Перегородки встановлюються з керамічної цегли марки М75 на цементно-піщаному розчині марки М50, товщиною 120 мм, а також з гіпсоблоків у санітарно-технічних та допоміжних приміщеннях, що дозволяє зменшити

навантаження на несучі конструкції та пришвидшити будівельно-монтажні роботи.

Перемички та перекриття

- Віконні та дверні перемички виконані зі збірного залізобетону брускового типу із розмірами перерізу 120×140 мм, 120×220 мм, 250×220 мм відповідно до розмірів отворів. Конструкція перемичок забезпечує рівномірну передачу навантаження з верхніх частин кладки на суміжні стіни.
- Міжповерхові перекриття — залізобетонні багатопустотні плити заводського виготовлення товщиною 220 мм, укладаються на цементно-піщаний розчин. Для забезпечення просторової жорсткості будівлі та зменшення деформацій, плити перекриття анкеруються до зовнішніх несучих стін і одна до одної з використанням арматурних стержнів класу А240С, які зварюються з монтажними петлями в заводських виробках [17].

Покрівельні конструкції

- Покрівля блоків №5 та частково №6 (в межах осей 16–18/А–К і 18–20/Д–К) виконується із сучасної полімерної (ПВХ) мембрани товщиною 1,2 мм, яка забезпечує високу герметичність, стійкість до ультрафіолетового випромінювання та механічних навантажень.
- Суміщене покриття інших блоків будівлі виконується з рулонних бітумно-полімерних матеріалів, які мають підвищену довговічність, морозостійкість і забезпечують надійний захист від атмосферних опадів.

Сходові клітини

- Сходові марші та площадки запроектовано зі збірного залізобетону. Елементи виготовляються на заводах залізобетонних виробів із дотриманням стандартів геометричної точності, міцності та пожежної безпеки.
- Огорожі сходів виготовляються за індивідуальним проектом із сталюого профілю квадратного перерізу. Конструкція огорож забезпечує необхідний рівень безпеки користувачів та відповідає сучасним вимогам естетики й міцності [18].

Віконні та дверні блоки

- Вікна та зовнішні двері передбачені з металопластикового профілю з енергоефективним двокамерним склопакетом. Конструкції мають високі тепло- та звукоізоляційні характеристики, відповідають нормам ДБН В.2.6-31:2021 та мають сертифікати відповідності.
- Міжкімнатні двері встановлюються дерев'яні — як глухі, так і частково засклені, залежно від функціонального призначення приміщень. Використання натуральних матеріалів сприяє формуванню комфортного мікроклімату всередині будівлі.

Таблиця 4.1 – Специфікація елементів заповнення прорізів

Марка поз.	Позначення	Найменування	Габаритні розміри	К-ть шт.	Примітки
1	2	3	4	5	6
1 поверх					
Віконний блок					
ВК-1	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2200×1500	81	
ВК-2	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2610×1500	31	
ВК-3	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	1230×1500	2	
ВК-4	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2460×1500	34	
ВК-5	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	5000×1500	2	
ВК-6	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	900×1500	3	
Дверний блок					
Д-1	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностулкові глухі	900×2100	83	

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Д-2	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостулкові з заскленням	1500×2100	10	
Д-3	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні глухі	2100×2100	2	
2 поверх					
Віконний блок					
ВК-1	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2200×1500	49	
ВК-4	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2460×1500	4	
Дверний блок					
Д-1	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностулкові глухі	900×2100	37	
Д-2	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостулкові з заскленням	1500×2100	10	
Д-3	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні глухі	2100×2100	2	
3 поверх					
Віконний блок					
ВК-1	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2200×1500	31	
ВК-4	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з потрійним заскленням	2460×1500	1	
Дверний блок					
Д-1	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностулкові глухі	900×2100	22	
Д-2	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостулкові з заскленням	1500×2100	5	
Д-3	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні глухі	2100×2100	2	

Згідно з проектною документацією, опорядження приміщень виконується відповідно до встановлених будівельних норм і вимог щодо якості матеріалів та

технологій. При виборі способів опорядження враховуються функціональне призначення приміщень, експлуатаційні характеристики оздоблювальних матеріалів, а також естетичні та екологічні аспекти.

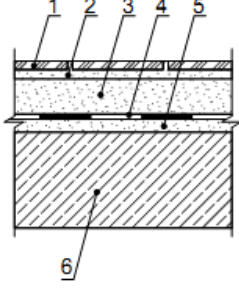
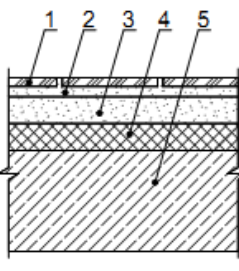
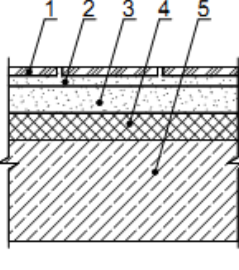
Для забезпечення довговічності та відповідності сучасним стандартам використовуються сертифіковані матеріали, що відповідають вимогам міцності, вологостійкості, шумоізоляції та пожежної безпеки.

Детальна інформація щодо запланованих опоряджувальних заходів представлена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Відомість опорядження приміщень

Найменування приміщення	Стеля		Стіни і перегородки	
	Площа, м ²	Вид оздоблення	Площа, м ²	Вид оздоблення
1	2	3	4	5
Санвузли, приміщення харчоблоку, приміщення притирального інвентаря	521,5	Шпаклювання, поліпшене водоемульсійне фарбування	1694,8	Штукатурення, облицювання глазурованою керамічною плиткою, затирка швів
Навчальні класи, адміністративні приміщення, актова зала, спортивна зала	2120,7	Шпаклювання, поліпшене водоемульсійне фарбування	5195,7	Поліпшена штукатурка, шпаклювання, поліпшене водоемульсійне фарбування
Коридори, холи, фойє	834,4	Підвісна стеля із гіпсокартонних плит по металевому каркасу	1877,4	Поліпшена штукатурка, шпаклювання, поліпшене водоемульсійне фарбування

Таблиця 4.3 – Експлікація підлог

Назва або номер приміщень	Тип підлоги	Схема підлоги	Елементи підлоги і їх товщина	Площа підлоги, м ²
Санвузли, приміщення харчоблоку, приміщення притирального інвентаря	1		1.Керамічна плитка - 13 мм 2. Прошарок із заповнення швів цементно-піщаним розчином М150 - 15 мм 3. Стяжка поризована 3 цементно-піщаного розчину М150 - 20 мм 4. Гідроізоляція - 2 шари гідроізолу на холодній мастиці 5. Стяжка з цементно-піщ. розчину М150 - 20 мм 6. Бетонна плита	521,5
Навчальні класи, адміністративні приміщення,	2		1. Покриття – лінолеум на бітумній мастиці; 2. Прошарок із заповненням швів цементно - піщаним розчином М150; 3. Стяжка з цементно - піщаного розчину М150; 4. Звукоізоляція - плити STROPROCK; 5. Бетонна плита	1984,7
Коридори, холи, фойє, актова зала	3		1. Покриття - керамічна плитка -13 мм; 2. Прошарок із заповненням швів цементно - піщаним розчином М150; 3. Стяжка з цементно - піщаного розчину М150; 4. Звукоізоляція - плити STROPROCK; 5. Бетонна підлога	914,4

4.1.4 Теплотехнічний розрахунок стіни

Необхідно розрахувати товщину утеплювача двошарової цегляної стіни. Об'єкт знаходиться у м. Вінниця.

Згідно карти температурних зон України м. Вінниця відноситься до I температурної зони [12]. Нормоване значення опору теплопередачі для даної зони $R^H = 4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$

Опір теплопередач всієї огорожувальної конструкції розраховується за формулою [12]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (4.1)$$

Де $\alpha_B \alpha_3$ – коефіцієнти теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхонь конструкції з внутрішнім та зовнішнім повітрям ($\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$)

Опір теплопередачі конструкції R_{Σ} має бути не меншим від мінімального допустимого значення опору $R_{q \min}$:

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min} \quad (4.2)$$

Теплофізичні характеристики матеріалів шарів стіни вказані в таблиці 2.4

Таблиця 4.4 – Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалів шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{м}$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Штукатурка	1700	0,02	0,87	0,023
2	Керамічна цегла	1400	0,52	0,5	0,76
3	Мінеральна вата	30	0,1	0,042	1,88
4	Штукатурка	1700	0,01	0,81	0,012

Визначимо товщину утеплювача δ_3 , за якої опір теплопередачі конструкції відповідатиме нормативній вимозі:

$$\delta_3 = \left(4,0 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 1,04 + 0,012 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,042 = 0,087 \approx 0,1 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$

Тоді його термічний опір дорівнюватиме:

$$R_3 = \frac{0,1}{0,042} = 3,38 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Конструкцію вважаємо термічно однорідною, тоді опір теплопередачі конструкції R_Σ розраховується за формулою:

$$R_\Sigma = \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 1,04 + 0,012 + \frac{0,1}{0,042} + \frac{1}{23} \right) = 4,305 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Оскільки $R_\Sigma \geq R_{q \min}$ то умова виконується.

4.1.5 Зовнішнє оздоблення

Цокольна частина будівлі виконує не лише конструктивну, але й захисно-декоративну функцію, оскільки найбільше піддається механічним впливам, атмосферному зволоженню та агресивній дії навколишнього середовища. Для її облицювання передбачено використання природного облицювального каменю — плит з пісковика, які мають високу морозостійкість, стійкість до стирання та сприятливі декоративні характеристики. Механічне кріплення плит виконується з урахуванням температурних деформацій та вимог до довговічності оздоблення.

Пісковик як оздоблювальний матеріал відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-44-96 «Матеріали стінові. Плити з природного каменю», що забезпечує нормативну якість виконання облицювальних робіт.

Фасади будівлі передбачено оштукатурити по кам'яній основі стін із застосуванням цементно-піщаного розчину, відповідно до вимог ДБН В.2.6-22:2001 «Штукатурки. Загальні технічні умови». Перед нанесенням

штукатурного шару поверхню готують механічним очищенням та обробкою зчіплювальним ґрунтом для покращення адгезії оздоблювального матеріалу.

Після висихання штукатурного шару на поверхню наноситься водозахисне ґрунтування, яке виконує функцію гідрофобізації стін та підвищення довговічності фасадної фарби. Заключним етапом є нанесення силіконової фасадної фарби, яка відзначається високими експлуатаційними властивостями: паропроникністю, стійкістю до атмосферних опадів, ультрафіолетового випромінювання та біологічного ураження (грибок, пліснява). Використання силіконових фарб відповідає сучасним вимогам до енергоефективності та збереження зовнішнього вигляду будівлі протягом тривалого часу.

Для обробки історичних або частково збережених ділянок стін будівлі, що потребують реставрації, передбачено застосування реставраційної вапняно-піщаної штукатурки, яка є сумісною з мінеральною основою стін і дозволяє зберегти архітектурну автентичність об'єкта. Цей тип штукатурки забезпечує хорошу паропроникність, хімічну нейтральність і довговічність. Роботи виконуються відповідно до положень ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2012 «Настанова з улаштування штукатурних покриттів» та методичних рекомендацій щодо збереження історичних будівель і споруд.

4.1.6 Внутрішнє опорядження

Внутрішнє оздоблення приміщень передбачено виконати із застосуванням сучасних, високоякісних та безпечних для здоров'я людини матеріалів, які відповідають вимогам чинного законодавства та мають відповідні сертифікати відповідності для використання на території України [15]. Вибір матеріалів здійснюється з урахуванням екологічної безпеки, гігієнічних норм та експлуатаційних характеристик.

Стіни у більшості приміщень підлягають обробці високоякісним цементно-піщаним штукатурним розчином згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-22:2001, після чого виконується вирівнювання фінішною шпаклівкою та

декоративне оздоблення – нанесення водоемульсійної фарби або оклеювання шпалерами. Залежно від функціонального призначення приміщень допускається використання вологостійких фарб або шпалер із м'якою поверхнею.

У санітарно-гігієнічних приміщеннях (санвузлах) та приміщеннях харчоблоку передбачено облицювання стін на повну висоту керамічною плиткою, яка фіксується на цементному клеючому розчині. Таке рішення забезпечує довговічність, легкість у догляді та відповідність санітарним нормам.

Стелі в загальних та службових приміщеннях оформлюються шляхом високоякісного шпаклювання поверхні залізобетонних плит з подальшим нанесенням водоемульсійної фарби. Поверхні обробляються у кілька етапів: очищення, ґрунтування, шпаклювання, шліфування та фарбування.

У санвузлах, з метою забезпечення вологозахисту та простоти експлуатації, стелі виконуються у вигляді підшивної конструкції з пластикової вагонки, яка монтується на дерев'яному або металевому каркасі. Таке оздоблення має високу стійкість до вологості, не потребує частого обслуговування і відповідає нормам з пожежної безпеки за умови використання відповідних матеріалів.

Підлоги у сходових клітинах та основних коридорах запроектовано з мозаїчного бетону, що забезпечує високі показники зносостійкості, протиковзкі властивості та тривалий термін експлуатації без необхідності у складному догляді. Мозаїчне покриття виконується відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-212:2009.

У навчальних, службових та побутових приміщеннях підлоги влаштовуються з лінолеуму на основі цементно-піщаної стяжки, що дозволяє забезпечити комфортні умови для перебування та легке прибирання. Використовується комерційний (зносостійкий) лінолеум, рекомендований для приміщень із середнім та високим навантаженням.

У санвузлах підлогове покриття виконується з керамічної плитки, яка має високу вологостійкість, механічну міцність та відповідає протиковзким

характеристикам, згідно з вимогами ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд».

4.1.7 Протипожежні заходи

При виконанні реконструкції проекту школи було дотримано вимоги протипожежних норм та правил. До об'єкту передбачено під'їзд пожежних машин. Евакуація з приміщень будівлі здійснюється евакуаційними виходами з надземної частини. Внутрішнє гасіння пожежі передбачається вогнегасниками, які розташовані в протипожежному комплексі. Зовнішнє гасіння пожежі передбачається від протипожежних гідрантів, які розташовані на відстані менше 50 м від будівлі.

В будівлі передбачена протипожежна сигналізація з встановленням приладу ГТПС-3. Проектом передбачено відключення проточно-витяжної вентиляції при включенні пожежної сигналізації.

Електропостачання будівлі виконується кабелями АВВГ, ВВГ в скобах. Також проектом передбачено установку системи оповіщення людей про пожежу і управління евакуацією.

Система забезпечує:

- передачу звукових сигналів;
- трансляцію мовних повідомлень про пожежу;
- передачу в окремі зони будівлі повідомлень про місце пожежі, про шляхи евакуації та дії, які забезпечують особисту безпеку.

Технічні засоби системи складаються із комплексу підсилювачів звуку, гучномовців, дзвінків а також засобів керування ними [14].

4.1.8 Санітарні умови і вимоги

У холодний період року підтримання нормативного температурного режиму (від +18°C до +22°C, залежно від типу приміщення) забезпечується за рахунок роботи водяної системи опалення. Як теплоносієм використовується гаряча вода з температурними параметрами: подача — $T_1 = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$, зворотний

потік — $T_2 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає нормам експлуатації центральних систем теплопостачання згідно з ДБН В.2.5-67:2013.

Усі навчальні, адміністративні та допоміжні приміщення обладнані комбінованою системою освітлення, яка включає природне та штучне джерело світла. Природне освітлення забезпечується через віконні прорізи з достатнім коефіцієнтом природної освітленості (КПО), що відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Штучне освітлення реалізоване за допомогою електричних світильників з енергоощадними лампами, з урахуванням норм ДСТУ EN 12464-1:2014 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях». Рівень освітленості в класах, коридорах, санітарних приміщеннях відповідає мінімально допустимим значенням та забезпечує зоровий комфорт.

Основним джерелом зовнішнього шумового впливу на будівлю є інтенсивний автотранспортний рух, який формує підвищений рівень звукового тиску на фасади та внутрішні приміщення. З метою забезпечення акустичного комфорту та відповідності рівня шуму нормативам (відповідно до ДСанПіН 4630-88 «Санитарные нормы допустимого уровня шума в жилых и общественных зданиях»), у проектній документації передбачено реалізацію комплексу шумозахисних заходів:

- Утеплення зовнішніх стін мінераловатним утеплювачем, що одночасно виконує функцію звукоізоляційного шару. Завдяки високому коефіцієнту звукопоглинання матеріал знижує проникнення вуличного шуму у приміщення.
- Створення навколо будівлі зеленої зони з висадкою дерев та кущів, які виконують функцію природного шумозахисного бар'єра, а також покращують мікроклімат та повітряне середовище.
- Встановлення вікон із металопластикового профілю зі склопакетами підвищеної герметичності. Конструкція вікон передбачає використання камерної структури з заповненням інертним газом, що істотно знижує проникнення зовнішнього шуму та пилу.

Вказані інженерно-технічні рішення спрямовані на створення безпечного, комфортного та здорового середовища для навчального процесу, у повній відповідності до вимог нормативних документів.

4.1.9 Інженерне обладнання

Для опалення будівлі школи передбачено централізовану систему водяного опалення. Обрана однотрубна схема циркуляції теплоносія з прокладанням магістральних 21 трубопроводів у горищному просторі, що дозволяє оптимізувати розподіл тепла та зменшити витрати на матеріали й монтаж. Як опалювальні прилади використано сучасні алюмінієві секційні радіатори, що характеризуються високою тепловіддачею та корозійною стійкістю. Для внутрішньої розводки застосовуються металопластикові труби, які відзначаються тривалим терміном експлуатації та простотою монтажу.

Ділянки трубопроводу, що проходять через неопалювані зони (підвали, технічні приміщення тощо), додатково ізолюються відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 з метою мінімізації тепловтрат та запобігання конденсації.

Ввід системи опалення здійснюється на рівні підвального поверху, де розміщено тепловий розподільчий пункт із засобами контролю та обліку спожитої теплоти відповідно до вимог ПУЕ та ДСТУ EN 14336:2018.

Джерелом забезпечення водопостачання будівлі є наявні міські мережі холодного та гарячого водопроводу. Приєднання здійснюється сталевими трубами діаметром 100 мм згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013.

У будівлі передбачено тупикову (мертву) систему розведення холодного та гарячого водопостачання. На вводі встановлено водомірний вузол для обліку витрат води відповідно до ДСТУ ISO 4064-1:2006. Внутрішні мережі виконано з поліпропіленових труб, що відповідають вимогам до питного водопостачання та забезпечують герметичність, гігієнічність і довговічність.

Повітрообмін у приміщеннях школи організований з дотриманням чинних санітарно-гігієнічних вимог відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10. Приплив повітря здійснюється природним неорганізованим способом через

відкривані стулки вікон, вентиляційні отвори та спеціальні канали в зовнішніх стінах.

Витяжне повітря видаляється також природним способом через вертикальні вентиляційні канали, передбачені у санітарно-побутових приміщеннях та класах. У сходових клітинах додатково встановлюються витяжні вентилятори, що забезпечують димовидалення у разі пожежі. Розміри вентиляційних каналів прийнято 140×120 мм та 140×270 мм відповідно до проектних розрахунків аеродинамічного опору та пропускної здатності.

Проектом передбачено влаштування господарсько-фекальної каналізації з виведенням стічних вод на міські очисні споруди. Каналізаційна мережа виконується як самотісна з прокладанням труб з ПВХ діаметром, визначеним гідравлічними розрахунками. Для обслуговування системи передбачено встановлення оглядових каналізаційних колодязів зі збірних залізобетонних кілець типу КС відповідно до ДСТУ Б В.2.5-26:2005.

Електропостачання будівлі здійснюється від існуючої трансформаторної підстанції з подачею електроенергії до головного розподільчого щита, розміщеного на першому поверсі. На вводі передбачено встановлення електролічильника для обліку споживання електроенергії.

Електромережа проектується на напругу 220 В для живлення систем освітлення, комп'ютерної техніки та побутового електрообладнання. Електропроводка виконується відповідно до вимог ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) та ДСТУ EN 61439-1:2017.

У будівлі передбачено монтаж слабкострумних мереж, зокрема телефонного та телевізійного зв'язку, а також системи протипожежної сигналізації, що відповідають вимогам ДБН В.2.5-76:2014 та ДСТУ EN 54. Усі кабельні мережі прокладаються у вогнестійких гофрованих трубах або металевих коробах із відповідним маркуванням.

4.2 Технологічна карта на влаштування утеплення

4.2.1 Область застосування

Система утеплення фасадів будівель не є несучим елементом, а виступає як багатошарова інженерна конструкція, призначена для забезпечення термічної ізоляції зовнішніх огорожувальних елементів будівлі, підвищення їх енергоефективності, захисту від впливу зовнішнього середовища та надання фасадам естетичного вигляду. Конструкція такої системи, відповідно до [19–22], передбачає наявність наступних функціональних компонентів:

1. Клейовий шар – спеціальний клейовий розчин, який забезпечує первинне кріплення теплоізоляційної плити до зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

2. Теплоізоляційний шар – плитний утеплювач (наприклад, мінераловатні або пінополістирольні плити), який фіксується до фасаду за допомогою клею та додатково закріплюється механічними елементами (дюбелями з термоголовками), що забезпечує надійність монтажу і довговічність експлуатації.

3. Армуючий шар – виконується з перфорованого армувального конструкційного профілю та лужностійкої сітки зі скловолокна, яка закладається у вирівнюючий розчин. Цей шар забезпечує стійкість до механічних навантажень та рівномірний розподіл напружень на поверхні.

4. Системні допоміжні елементи – легкі, корозійностійкі металеві або пластикові деталі, що застосовуються для формування укосів, стиків, кутів та примикань до інших конструкцій.

5. Герметизаційні матеріали – герметики застосовуються для забезпечення повітронепроникності та водонепроникності стиків між теплоізоляційним шаром і суміжними конструкціями (віконні та дверні прорізи, покрівля, цоколь тощо). Це виключає утворення «містків холоду» та потрапляння вологи у внутрішні шари системи.

6. Гідрозахисний шар – формується з допомогою штукатурного армованого шару із застосуванням лужностійкої сітки, що виконує функцію посилення та захисту теплоізоляційної плити від механічних пошкоджень і атмосферних впливів (опади, вітер, ультрафіолетове випромінювання тощо).

7. Декоративно-захисний шар (фінішне оздоблення) – заключний елемент системи, що виконує не лише естетичну функцію, але й підсилює захисні властивості попередніх шарів. Може бути представлений у вигляді структурної штукатурки, фасадної фарби або іншого атмосферостійкого декоративного покриття.

4.2.2 Визначення складу робіт

Технологічна схема організації робіт з улаштування системи утеплення фасадів передбачає послідовне виконання низки основних технологічних операцій, які забезпечують якісне та довговічне функціонування теплоізоляційного шару. До основних етапів технологічного процесу належать:

1. Підготовка основи (очищення поверхні). Поверхня зовнішньої стіни (конструкції шафи) ретельно очищується від пилу, бруду, залишків старих покриттів, жиру та інших забруднень, які можуть знизити адгезію клейових та оздоблювальних матеріалів. При необхідності виконується вирівнювання нерівностей, видалення пухких ділянок та обробка спеціальними ґрунтовками для зміцнення основи.

2. Монтаж теплоізоляційних плит. Ізоляційні плити (зазвичай пінополістирольні або мінераловатні) укладаються на поверхню стіни з використанням клейового складу. Для забезпечення надійного кріплення передбачається також механічна фіксація плит за допомогою дюбелів. Дотримання схеми перев'язки швів гарантує цілісність теплоізоляційного шару.

3. Улаштування гідроізоляційного армованого шару. На поверхню теплоізоляційних плит наноситься гідроізоляційний шар на основі штукатурного складу, армованого лужностійкою склосіткою. Цей шар виконує функцію

захисту теплоізоляційного матеріалу від атмосферних та механічних впливів, підвищуючи механічну міцність системи.

4. Нанесення декоративно-захисного оздоблення. Завершальним етапом є нанесення декоративного оздоблювального шару, який виконує як естетичну, так і додаткову захисну функцію. Залежно від вимог проєкту, це може бути фактурна штукатурка, фасадна фарба або інше атмосферостійке покриття.

Запропонована система утеплення призначена для зовнішнього теплоізоляційного захисту огорожувальних конструкцій під час нового будівництва, а також у процесі реконструкції або капітального ремонту житлових, громадських, виробничих та інших типів будівель і споруд відповідно до вимог нормативних документів [23].

Застосування даної технології дозволяє істотно знизити тепловтрати будівель, підвищити енергоефективність та забезпечити тривалий термін експлуатації фасадних систем при дотриманні вимог до монтажу та матеріалів.

4.2.3 Організація і технологія виконання робіт

Утеплення стінових конструкцій виконується згідно з розробленими технічними рішеннями після внесення необхідних конструктивних змін. Роботи з влаштування зовнішньої теплоізоляції допускається проводити лише в сприятливих кліматичних умовах — при температурі повітря в межах від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, за відсутності опадів та інтенсивного прямого сонячного випромінювання. У разі необхідності фасад будівлі слід тимчасово захистити від атмосферних впливів (сонця, вітру, дощу, снігу) відповідними елементами.

Проведення інженерних робіт передбачає використання поетапної організації фронту робіт за методом "захватка-подача". Розміри захватки визначаються відповідно до характеристик допоміжного підйомно-транспортного обладнання. Засоби підмоцнування обираються з урахуванням висотності будівлі та допустимого навантаження:

- для будівель до 5 поверхів — пересувні або стаціонарні будівельні риштування;

- для будівель висотою від 5 до 9 поверхів — переважно стаціонарні риштування;
- для будівель вище 9 поверхів — комбіновані п'ятиярусні риштування.

З метою підвищення ефективності робіт та зниження трудомісткості рекомендується застосовувати модульні або каркасні будівельні риштування, зокрема продукцію торгової марки *Budmaster*. Такі риштування характеризуються високою швидкістю монтажу та можливістю адаптації під геометрію будівлі шляхом встановлення додаткових елементів — консолей, ферм тощо.

Відстань між риштуванням і фасадом має відповідати сумі товщини шару теплоізоляції та 45 см. Кріпильні елементи повинні монтуватися під невеликим нахилом донизу з метою недопущення проникнення атмосферної вологи до шару утеплення. Усі конструкції риштувань повинні відповідати вимогам паспортів, державних стандартів, інструкцій з експлуатації та чинних нормативних документів [24, 25].

Організація захваток може бути як вертикальною (за методом вертикального підйому), так і горизонтальною (за методом горизонтального просування). Вертикальні захвати реалізуються із застосуванням підйомних кронштейнів або рухомих платформ, у той час як горизонтальні — з використанням з'єднаних секцій риштувань.

Склад та організація роботи бригади

Формування бригади для проведення робіт з монтажу та теплоізоляції фасадів повинно враховувати характеристики об'єкта, вимоги до теплозахисту, специфіку проєктних рішень, конфігурацію перекриттів, а також логістику постачання та подачі матеріалів.

Для забезпечення якості виконання робіт на всіх етапах доцільно призначити відповідального фахівця (майстра або інженера), що координуватиме підготовчі, загальнобудівельні та спеціалізовані процеси монтажу.

Послідовність виконання робіт. Підготовчі роботи:

- Встановлення тимчасових огорож і навісів на входах до будівлі;
- Обрізання дерев або інших перешкод (за потреби);
- Організація доставки, зберігання та обліку будівельних матеріалів і конструкцій на об'єкті;
- Монтаж, демонтаж та передача будівельних риштувань;
- Монтаж/демонтаж підйомно-транспортного обладнання;
- Очищення зовнішніх стінових конструкцій від пилу, бруду та старих покриттів;
- Підготовка клейових сумішей, ґрунтовок, розчинів тощо.

Основні роботи:

- Приклеювання теплоізоляційних плит до фасаду із застосуванням відповідного клейового складу;
- Механічне закріплення плит за допомогою дюбелів;
- Посилення зон дверних і віконних отворів, а також карнизів;
- Улаштування армованого гідроізоляційного шару з використанням лужностійкої склосітки;
- Монтаж декоративно-захисного фінішного покриття;
- Зовнішнє фарбування фасаду (за проєктом).

Додаткові роботи у новобудовах перед утепленням:

- Завершення загальнобудівельних та монтажних робіт;
- Утеплення та гідроізоляція покрівлі;
- Монтаж віконних і дверних блоків, склопакетів, балконних дверей;
- Герметизація стиків між панелями, блоками та прорізами;
- Прокладка інженерних мереж та телекомунікаційних систем.

Всі матеріали, що використовуються в системі утеплення (розчинники, клеї, фарби, теплоізоляційні плити тощо), повинні зберігатися відповідно до вимог на будівельному майданчику або безпосередньо в приміщеннях будівлі, яка підлягає теплоізоляції.

Організація території будівельного майданчика здійснюється згідно з проектом організації будівництва (ПОБ) з урахуванням прилеглої інфраструктури, можливостей розміщення тимчасових споруд, під'їзних шляхів та зон складування. Усі роботи повинні виконуватись із дотриманням чинних правил техніки безпеки, охорони праці та пожежної безпеки відповідно до нормативних документів [26].

4.2.4 Послідовність виконання робіт

Монтаж системи зовнішньої теплоізоляції огорожувальних конструкцій у житлових та громадських будівлях має здійснюватися у суворій відповідності до проектної документації, технічних регламентів та чинних будівельних норм. Роботи повинні виконуватись в наступній технологічній послідовності [27]:

1. Підготовка основи:
 - о очищення поверхні огорожувальних конструкцій від пилу, бруду, залишків фарби, олії, мастики, солей та інших забруднень;
 - о видалення нестійких фрагментів оздоблення або штукатурки;
 - о усунення дефектів (тріщин, нерівностей) шляхом локального ремонту;
 - о вирівнювання значних перепадів поверхні вирівнюючими сумішами (допустиме відхилення не повинно перевищувати 10 мм на 2 м довжини).
2. Монтаж цокольних і підземних профілів:
 - о закріплення перфорованих цокольних (стартових) профілів по периметру будівлі відповідно до проектної висоти;
 - о встановлення перфорованих підземних профілів, що забезпечують стійкість нижньої частини системи теплоізоляції та запобігають капілярному підсосу вологи.
3. Ґрунтування поверхні:
 - о нанесення адгезійного ґрунту на підготовлену поверхню з метою покращення зчеплення клею з основою;

- о використання ґрунтовок глибокого проникнення, що підходять для типу основи (бетон, цегла, газобетон, цементна штукатурка тощо).

4. Підготовка клейового складу:

- о приготування клейової суміші згідно з інструкцією виробника безпосередньо перед використанням;

- о дотримання співвідношення компонентів та часу перемішування.

5. Монтаж теплоізоляційних плит:

- о нанесення клейового складу точково-маячковим або рамково-маячковим методом на зворотну поверхню теплоізоляційної плити;

- о приклеювання плит до стіни з обов'язковим зміщенням вертикальних швів (перев'язка) у кожному наступному ряду;

- о щільне прилягання плит без щілин, при цьому ширина шва не повинна перевищувати 2 мм.

6. Механічне кріплення плит:

- о після закінчення терміну витримки клейового шару (зазвичай не менше 48 годин) здійснюється фіксація плит дюбелями (шпильками) із розрахунком щонайменше 5 шт. на 1 м².

7. Гідрофобізація та армування:

- о підготовка водовідштовхувальних розчинів згідно з інструкціями виробника;

- о армування віконних і дверних кутів додатковими елементами зі склосітки (смугами 200×300 мм, встановленими під кутом 45°);

- о нанесення базового армувального шару товщиною 3–5 мм;

- о укладання лугостійкої армуючої склосітки з перекриттям полотен не менше 100 мм.

8. Улаштування елементів армування та кутів:

- о встановлення перфорованих пластикових або металевих куточків з армуючою сіткою на зовнішні кути будівлі та прорізи;

- о формування рівної геометрії фасаду.

9. Гідроізоляційний шар та фінішне ґрунтування:
 - о нанесення гідрофобної суміші на армувальний шар;
 - о обробка поверхні фінішною ґрунтовкою перед нанесенням декоративного шару.
10. Фінішна обробка фасаду:
 - приготування декоративних або захисних сумішей відповідно до проектних рішень (штукатурка, фарба);
 - нанесення декоративного шару (структурної штукатурки або фасадної фарби) в суху погоду при температурі від +5 °С до +30 °С;
 - за потреби — фарбування фасаду.
11. Влаштування деформаційних швів та герметизація:
 - улаштування деформаційних швів у місцях, визначених у проектній документації;
 - заповнення компенсаційних проміжків між швами, плитами перекриття, віконними та дверними рамами за допомогою герметиків.
12. Монтаж захисних елементів:
 - встановлення металевих відливів під віконними прорізами та інших елементів водовідведення згідно з проектом.

4.2.5 Калькуляція трудовитрат та заробітної плати

Розрахунок витрат на оплату праці та нарахування заробітної плати здійснюється відповідно до чинної тарифної сітки на 2025 рік, із врахуванням тарифної ставки для робіт 7-го розряду та коригувального коефіцієнта, передбаченого для даного виду будівельно-монтажних робіт.

Комплекс операцій, що охоплюється в межах даного розділу, включає монтаж елементів системи зовнішньої теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Роботи виконуються із застосуванням спеціального обладнання та пристроїв, призначених для облаштування зовнішніх теплоізоляційних систем із використанням сучасних матеріалів та технологій [22].

Витрати на оплату праці розраховано з урахуванням:

- трудомісткості робіт відповідно до технологічного процесу;
- встановленого коефіцієнта складності виконання робіт;
- норми часу та тарифної ставки для працівників відповідної кваліфікації;
- поточних нормативів, що регламентують розцінки на виконання ізоляційних робіт у будівництві;
- передбачених доплат та надбавок, згідно з умовами колективного договору або галузевих нормативів (за шкідливі умови, роботу на висоті тощо).

Зведені дані щодо обсягу трудових витрат та розміру нарахованої заробітної плати для виконання робіт з влаштування зовнішньої теплоізоляції наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Калькуляція працевитрат та заробітної плати

Назва робіт	Одиниці виміру	Об'єм робіт	Норми часу		Трудовитрати	
			Люд/год	Маш/год	Люд/год	Маш/год
1	2	3	4	5	6	7
Установка і розбирання трубчастих риштувань для зовнішніх робіт	100 м2	-	72,5	-	72,5	-
Стісування нерівностей і виступів	100 м2	17,88	124	-	801,04	-
Очищення стін від пилу	100 м2	17,88	12	-	77,52	--
Ґрунтування поверхні	100 м2	17,88	3	-	19,38	-
Приготування розчину клейової суміші	100 м2	84	0,8	0,2	67,2	16,8
Установка цокольного профілю	100 м2	6,5	27	5	175,5	32,5
Нанесення клейового розчину на поверхню теплоізоляційних плит	100 м2	17,88	30	-	195	-
Приклеювання плит утеплювача	100 м2	17,88	42	-	271,32	-
Закріплення плит теплоуваача дюбелями	100 м2	17,88	12,6	-	81,9	-
Ручне шліфування плит утеплювача, знепилення	100 м2	20,72	2,4	-	15,51	-

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7
Установка перфорованих кутиків	100 м2	39,78	13	-	83,98	-
Улаштування посиленого армування в області віконних прорізів	100 м2	17,88	10	-	64,6	-
Улаштування армованого склосіткою шару	100 м2	17,88	46	-	297,16	-
Нанесення другого шару розчинової суміші	100 м2	17,88	31	-	200,26	-
Герметизація швів силіконовим герметиком	100 м2	15,15	9,1	-	137,87	-
Ґрунтування поштукатуреної поверхні	100 м2	20,72	3	-	19,38	-
Нанесення розчину декоративної штукатурки на поверхню стін	100 м2	17,88	32	-	206,72	-
Надання фактури нанесеному штукатурному шару	100 м2	17,88	37,5	-	242,25	-

4.2.6 Технологічний розрахунок та графік виробництва робіт

Технічні розрахунки, що використовуються при плануванні робіт з улаштування системи зовнішньої теплоізоляції, базуються на нормативних даних щодо витрат на робочу силу та фонду заробітної плати. Вказані показники є основою для формування календарно-сіткових графіків виконання будівельно-монтажних робіт, а також для розробки планів переміщення трудових ресурсів і машин.

Розрахунки охоплюють повний комплекс технологічних операцій, пов'язаних із зовнішньою ізоляцією огорожувальних конструкцій, які виконуються в межах єдиного технологічного циклу із використанням уніфікованих засобів механізації, спеціалізованого монтажного обладнання, вимірювальних приладів, машин та механізмів. Таким чином, забезпечується цілісність процесу виконання робіт, зменшуються витрати часу на організацію робочих етапів і підвищується ефективність праці.

Загальна трудомісткість комплексу робіт становить:

- 1 897 людино-годин — витрати робочого часу;
- 285 машино-годин — витрати експлуатаційного часу на використання будівельної техніки та механізмів.

Розрахунок тривалості окремих видів робіт здійснюється відповідно до фактичних трудових витрат і враховує [25]:

- чисельність задіяного персоналу;
- кількість і тип будівельних машин і механізмів;
- кількість змін на добу, передбачених виробничим планом.

У розрахунках прийнято, що середня тривалість робочої зміни становить одну повну зміну на день. Отримані значення тривалості робіт округлюються до найближчого цілого числа відповідно до загальноприйнятої методики технічного нормування.

Згідно з результатами техніко-економічних розрахунків, загальна тривалість виконання всього комплексу робіт на об'єкті становить 14 календарних днів.

4.2.7 Техніко-економічні показники

При визначенні техніко-економічних показників календарного графіка слід враховувати, що період будівництва повинен бути коротше нормативного і відповідати робочому періоду згідно з календарним планом. Трудомісткість на одиницю кінцевого продукту визначається наступним чином: на 1 м³ будівлі або на 1 м², люд-зм/м³; люд-зм/м².

Тривалість виконання робіт [19,21]:

$$T_{\text{заг}} = 45,5 \text{ днів} \quad (4.1)$$

Трудомісткість виконання всього об'єму робіт:

$$Q_{\text{заг}} = 3029,1 \text{ люд - год} \quad (4.2)$$

Питома трудомісткість на одиницю об'єму робіт:

$$q_{\min}=Q/V=3029.1/650=4,66 \text{ (люд – год /м}^2\text{)} \quad (4.3)$$

Виробіток на одного робітника – це кількість продукції в натуральних показниках, яку виробив робітник за зміну:

$$q_{\min}=V/Q=650/3029.1=0,215 \text{ (м}^2\text{/люд – год)} \quad (4.4)$$

Висновок за розділом 4

У розділі 4 було детально розглянуто архітектурно-будівельні, конструктивні, теплотехнічні та технологічні рішення, які впроваджуються під час енергоефективної реконструкції будівлі школи у м. Вінниця.

У рамках реконструкції:

- Будівля розташована у І температурній зоні, тривалість опалювального періоду — 198 діб, глибина промерзання — 0,9 м, снігове навантаження — 1,40 кПа, швидкісний напір вітру — 0,45 кПа.
- Конструкції будівлі спираються на суглинки напівтверді, модуль деформації яких становить $E = 12 \text{ МПа}$.
- Загальна площа реконструкції — понад 1160 м², із передбаченим утепленням фасадів мінераловатними плитами та оздобленням алюмообондом.
- Згідно теплотехнічного розрахунку, приведений опір теплопередачі конструкції становить $R_{\text{пр}} = 4,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що перевищує нормативний мінімум $R_{\text{н}} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.
- Було розроблено технологічну карту на влаштування утеплення, яка містить обґрунтування послідовності робіт, графік виконання, перелік необхідних матеріалів та устаткування.
- Техніко-економічні показники свідчать про зниження тепловтрат до 28% та підвищення класу енергоефективності будівлі до класу С.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для проекту енергоефективної реконструкції школи в м. Вінниці виконано техніко-економічне порівняння декількох варіантів утеплення стін.

1 варіант – утеплення мінеральною ватою з нанесенням суміші полімерної для декоративного штукатурення;

2 варіант – влаштування вентильованого фасаду.

Локальний Кошторисний розрахунок утеплення стін виконуємо за допомогою програмного комплексу Будівельні Технології (таблиця 5.1-5.2).

Для розрахунку вартості робіт дотримувалися вимог КНУ «Настанови з визначення вартості будівництва».

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

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

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

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

ШКОЛА

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 1

на **Варіант 1 - утеплен фасаду мін плитами**

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

1418.300 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

5.42884 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

455.462 тис. грн.

Середній розряд робіт

4.5 розряд

Складений в поточних цінах станом на 4.04.2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітн ої плати	експлуа- тації машин	тих, що обслуговують машини	
заробітн ої плати	в тому числі заробітн ої плати				в тому числі заробітн ої плати	на одиницю	всього				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ15-78-1	Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною 100 мм з опорядженням декоративним розчином. Стіни гладкі	100 м2 поверхні опорядження	11.6	104197.98	-	1208697	388356	-	417.8600	4847.18
					33478.94	-			-	-	-
	ТСО-4-5	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,5	люд-год	417.86	80.12		388355.74	388355.74			
				4847.176							
	КБМ203-401	Лебідки електричні, тягове зусилля до 5,79 кН [0,59 т]	маш.год	20.42	3.09		731.93				
				236.872							
	КБМ270-115	Дрилі електричні	маш.год	16.67	2.08		402.21				
				193.372							
	КБМ270-135	Перфоратори електричні	маш.год	26.04	2.08		628.29				
				302.064							
	С111-1604	Папір шліфувальний	м2	9.2	210.31		22444.28				
				106.72							
	С111-1608	Дрантя	кг	0.45	21.99		114.79				
				5.22							
	С111-1624-2	Ґрунтовка глибокого проникнення	л	20.0	121.72		28239.04				
				232.0							
	С114-4-У	Плити теплоізоляційні із мінеральної вати на синтетичному зв'язувальному, марка М75	м3	10.7	2487.43		308739.81				
				124.12							
	С142-10-2	Вода	м3	0.24	29.58000		82.35				
				2.784							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	П2016-2172	Профілі цокольні	м	3.3	30.00		1148.40				
				38.28							
	П2016-2174	Дюбелі фасадні пластмасові, довжина 160 мм	шт	808.0	1.48		13871.74				
				9372.8							
	П2016-2176	Скловітка	м2	115.0	25.00		33350.00				
				1334.0							
	П2016-2207	Дюбелі монтажні	шт	11.0	0.90		114.84				
				127.6							
	П2016-8049-1	Грунтівка адгезійна з кварцевим наповнювачем	л	17.0	200.00		39440.00				
				197.2							
	П2016-8058	Суміш суха клеюча для кріплення та захисту елементів систем теплоізоляції	кг	1200.0	9.00		125280.00				
				13920.0							
	П2016-8059	Суміш полімерна для декоративного штукатурення та систем теплоізоляції, готова до використання	кг	270.0	45.00		140940.00				
				3132.0							
	П2016-8060	Акрилова фасадна фарба	кг	50.2	180.00		104817.60				
				582.32							
	Разом прямих витрат по кошторису						1208697	388356			4847.18
	Разом прямі витрати						грн.	1208697			
	в тому числі:										
	вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	820341			
	заробітна плата робітників						грн.	388356			
	всього заробітна плата						грн.	388356			

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

_лк 02-004-002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати				грн.	209603				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					581.66
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		67106			
		Всього по кошторису				грн.	1418300				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					5428.84
		Кошторисна заробітна плата				грн.		455462			

Керівник
проектної
організації_____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

ШКОЛА

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-004-001

на **2 варіант – влаштування вентилязованого фасаду**

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

3825.869 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

3.90383 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

315.120 тис. грн.

Середній розряд робіт

4.2 розряд

Складений в поточних цінах станом на 4.05. 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітн ої плати	експлуа- тації машин		
										заробітн ої плати	в тому числі заробітн ої плати
			на одиницю	всього							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ15-79-1	Улаштування систем термофасадів, що вентилюються, з облицюванням фасадною керамічною плиткою з люльок	100 м2 поверхні опорядження	11.6	317072.25	548.67	3678038	262873	6365	295.3400	3425.94
					22661.44	344.04			3991	5.1395	59.62
	ТСО-4-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,2	люд-год	295.34	76.73		262872.68	262872.68			
				3425.944							
	КБМ203-101	Автонавантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш.год	0.08	532.74	532.74	494.38		494.38		
				0.928		103.48					
	КБМ233-1400	Верстат каменерізний універсальний	маш.год	4.53	111.71	111.71	5870.14		5870.14		
				52.548		74.12					
	КБМ270-119	Шуруповерти	маш.год	31.25	1.58		572.75				
				362.5							
	КБМ270-123	Люльки двомісні самопідйомні, вантажопідйомність 300/500 кг	маш.год	104.1	4.84		5844.59				
				1207.56							
	КБМ270-135	Перфоратори електричні	маш.год	12.76	2.08		307.87				
				148.016							
	П2016-2169	Свердла алмазні, діаметр 10 мм	шт	0.046	345.00		184.09				
				0.5336							
	П2016-2183	Шайби	шт	316.0	2.00		7331.20				
				3665.6							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	П2016-3031	Фасадні керамічні плитки розміром 600х100 мм	м2	106.0	980.00		1205008.00				
				1229.6							
	П2016-3032	Термоізоляційні плити скловолокнисті, товщина 100 мм	м2	105.0	980.00		1193640.00				
				1218.0							
	П2016-3033	Кронштейни 100х60 мм	шт	316.0	38.00		139292.80				
				3665.6							
	П2016-3034	Дюбелі фасадні 12х80 мм	шт	316.0	10.00		36656.00				
				3665.6							
	П2016-3035	Несучий сталевий оцинкований профіль 45х45 мм, товщина 0,8-1,0 мм	м	222.0	96.00		247219.20				
				2575.2							
	П2016-3036	Монтажний сталевий оцинкований профіль, товщина 0,55-0,7 мм, довжина 3 м	м	401.0	102.00		474463.20				
				4651.6							
	П2016-3037	Гвинти самонарізні 6,3х19 мм	шт	400.0	1.35		6264.00				
				4640.0							
	П2016-3038	Гвинти самонарізні 4,8х13 мм	шт	1500.0	0.69		12006.00				
				17400.0							
	П2016-3039	Жерсть оцинкована лакована біла, товщина 0,5 мм	м2	22.54	306.00		80007.98				
				261.464							
Разом прямих витрат по кошторису							3678038	262873	6365		3425.94
									3991		59.62
Разом прямі витрати							грн.	3678038			
в тому числі:											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	3408800				
		вартість ЕММ				грн.	6365				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		3991			
		заробітна плата робітників				грн.		262873			
		всього заробітна плата				грн.		266864			
		Загальновиробничі витрати				грн.	147831				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					418.27
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		48256			
		Всього по кошторису				грн.	3825869				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					3903.83
		Кошторисна заробітна плата				грн.		315120			

Керівник
проектної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

За результати підрахунку кошторисної вартості влаштування різних варіантів утеплення школи(таблиця 5.1 та 5.2):

Утеплення за рахунок мінеральної вати з нанесенням кароїду на 1160 м² становить - 1418,3 тис. грн.

Утеплення за рахунок влаштування вентилязованого фасаду на 1160 м² становить - 3825,869 тис. грн.

За кошторисною вартістю утеплення мінеральною ватою з нанесенням кароїду дешевше на 2407,569 тис. грн .

Обґрунтування вибору способу утеплення школи представлено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Техніко-економічне порівняння варіантів утеплення школи

Критерій	Мінеральна вата з "короїдом"	Вентильований фасад
Вартість утеплення	1 418,3 тис. грн (~1 222 грн/м ²)	3 825,869 тис. грн (~3 298 грн/м ²)
Термін служби	15–25 років (залежно від якості робіт)	30–50 років
Енергоефективність	Висока	Дуже висока (за рахунок вентиляції)
Захист фасаду від вологи	Обмежений (ризик зволоження шару)	Високий (захищений вентиляційною системою)
Естетичність та вигляд	Стандартне оздоблення	Сучасний вигляд, можливість варіативності
Ремонтопридатність	Обмежена	Вища (можна замінювати окремі панелі)

Якщо пріоритетом є економія бюджету, доцільно обрати утеплення мінеральною ватою з нанесенням декоративної штукатурки типу "короїд", оскільки вартість робіт майже в 2,7 рази нижча, а енергоефективність при

якісному виконанні також буде на високому рівні. Цей варіант є доцільним для більшості шкіл з обмеженим фінансуванням.

Якщо пріоритетом є довговічність, сучасний вигляд фасаду та мінімізація експлуатаційних витрат у майбутньому, варто розглянути вентильований фасад. Незважаючи на вищу вартість, він забезпечує кращий захист від впливу навколишнього середовища, довший строк служби та легше обслуговування.

Розрахунок терміну окупності варіантів утеплення

Площа утеплення: 1160 м²

Вартість теплової енергії: 1314 грн/Гкал

Вартість утеплення:

Мінеральна вата + «короїд»: 1 418 300 грн

Вентильований фасад: 3 825 869 грн

Орієнтовна економія теплової енергії після утеплення:

Мінеральна вата + «короїд»: 70 кВт·год/м²·рік

Вентильований фасад: 90 кВт·год/м²·рік

(Це типові показники зменшення споживання для відповідних систем утеплення згідно з практикою енергоаудитів.)

1 Гкал = 1163 кВт·год

1. Розрахунок річної економії енергії

Мінеральна вата:

Економія: 70 кВт·год × 1160 м² = 81 200 кВт·год/рік

В Гкал: 81 200 ÷ 1163 ≈ 69,8 Гкал/рік

Грошова економія: 69,8 × 1314 ≈ 91 747 грн/рік

Вентильований фасад:

Економія: 90 кВт·год × 1160 м² = 104 400 кВт·год/рік

В Гкал: 104 400 ÷ 1163 ≈ 89,7 Гкал/рік

Грошова економія: 89,7 × 1314 ≈ 117 902 грн/рік

2. Термін окупності

Мінеральна вата:

$$1\,418\,300 \div 91\,747 \approx 15,5 \text{ років}$$

Вентильований фасад:

$$3\,825\,869 \div 117\,902 \approx 32,5 \text{ років}$$

Висновок за розділом 5

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння утеплення стін. Для двох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу Будівельні Технології. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат.

Утеплення за рахунок мінеральної вати з нанесенням кароїду на 1160 м² становить – 1418,3 тис. грн.

Утеплення за рахунок влаштування вентильованого фасаду на 1160 м² становить – 3825,869 тис. грн.

Мінеральна вата з короїдом окупається за ~15,5 років, що співвідноситься з її терміном служби (15–25 років).

Вентильований фасад окупається за ~32,5 років, що перевищує середній термін окупності для бюджетних об'єктів, проте відповідає довговічності системи (30–50 років).

Таким чином, у разі обмеженого бюджету або потреби в швидшій окупності доцільно обрати мінеральну вату. Якщо ж акцент робиться на довготривалу експлуатацію та сучасні технології — вентильований фасад, попри довший термін окупності, також є обґрунтованим.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз впливу заходів реконструкції на енергоефективність будівлі освітнього закладу. Робота складається з п'яти основних розділів, які включають теоретичне обґрунтування, аналіз сучасних технологій утеплення, розрахункові моделі енергоспоживання, техніко-економічне порівняння варіантів термомодернізації та оцінку ефективності запропонованих рішень.

Дослідження охоплює архітектурно-планувальну організацію будівлі, вплив конструктивних особливостей на її теплотехнічні показники та обґрунтування вибору матеріалів для утеплення. Було розглянуто два варіанти утеплення фасадів:

1. Мінеральна вата з декоративним штукатурним покриттям ("короїд"), що забезпечує скорочення тепловтрат на 28% та має термін окупності 15,5 років, при загальній кошторисній вартості 1 418 300 грн (1 222 грн/м²).

2. Вентильований фасад, який має вищі енергоощадні показники – скорочення витрат теплової енергії на 32% та термін окупності 32,5 років, однак його загальна кошторисна вартість значно більша – 3 825 869 грн (3 298 грн/м²).

Згідно з проведеним розрахунком, застосування технології утеплення мінеральною ватою з "короїдом" дозволяє щорічно економити 81 200 кВт·год або 69,8 Гкал теплової енергії, що еквівалентно 91 747 грн на рік за тарифом 1 314 грн/Гкал. Водночас вентильований фасад дає 104 400 кВт·год або 89,7 Гкал щорічної економії, тобто 117 902 грн на рік.

Проведений теплотехнічний розрахунок стін підтвердив відповідність конструкції нормативним вимогам:

- Приведений опір теплопередачі після утеплення $R_{пр} = 4,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що перевищує мінімальний нормативний показник $R_n = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.
- Використання теплоізоляційних плит товщиною 100 мм забезпечує стабільний тепловий режим приміщень при мінімальних витратах енергоресурсів.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що використання енергоефективних технологій дозволяє значно знизити витрати на опалення та покращити мікроклімат будівлі. Запропоновані заходи термомодернізації мають не лише економічну доцільність, а й позитивний екологічний ефект, зменшуючи споживання енергоресурсів у громадському секторі.

Результати дослідження можуть бути використані при модернізації освітніх установ та інших громадських будівель. Робота містить комплексні методологічні рекомендації щодо впровадження заходів термомодернізації, що дає можливість прийняття обґрунтованих рішень при проектуванні та реконструкції будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко А. В. Комплекс заходів з підвищення енергоефективності вінницької ЗОШ №10 у м. Вінниці [Електронний ресурс]/ А. В. Клименко, В. В. Швець, // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24419/20240>
2. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, «НЕК «Укренерго», Науково-технічний центр електроенергетики. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf
3. Указ президента України Про стратегію сталого розвитку «Україна – 2020». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>
4. ДИРЕКТИВА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ І РАДИ 2009/125/ЄС від 21 жовтня 2009 року про рамки для встановлення вимог до екодизайну для пов'язаних з енергоспоживанням продуктів (нова редакція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-09#Text
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80#Text>
6. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування. Енергоефективність в муніципальному секторі. URL: <https://enefcities.org.ua/upload/files/3energoefweb%281%29.pdf>
7. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України «НЕК «Укренерго» Науково-технічний центр електроенергетики. Законодавче

та нормативно-правове стимулювання підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у провідних зарубіжних країнах. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/1.Zakonodavche-stymulyuvannya-energoefektyvnosti.pdf>

8. Закон України Про енергозбереження. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 30, ст.283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>

9. МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ, БУДІВНИЦТВА ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ НАКАЗ від 11.07.2018 № 170 Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0823-18#Text>

10. Проект наказу Мінрегіону “Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель”. URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskistyuu/proekt-nakazu-minregionu-pro-zatverdzhennya-minimalnyh-vymog-do-energetychnoyi-efektyvnosti-budivel/>

11. Закон України Про енергетичну ефективність будівель. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>

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

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

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

15. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова території. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 183 с.
16. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будівель і споруд. Будівельні конструкції. Метод випробування бетонів і залізобетонів. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 54 с.
17. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Київ : Мінбуд України, 2006. 15 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
18. ДСТУ Б В.2.6-154:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування. [Чинний від 2011-06-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 20 с. (Конструкції будинків і споруд).
19. Дудар І.Н., Прилипко Т.В., Потапова Т.Е. Довідник нормативно-технічних даних для проектів виконання комплексу робіт по зведенню надземної частини будівель та споруд: учеб. видання. Вінниця : ВНТУ, 2006. 114 с.
20. ДБН Г.1-5-96. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. [Чинний від 1996-01-09]. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. - 161 с. – (Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментом і інвентарем).
21. ДСТУ Б Д.2.7-1:2012. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. Зміна №2. [Чинний від 2014-01-01]. - Київ : Мінрегіон України, 2013. 239 с.
22. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ : Міненергобуд України, 2012. 116 с. (Система стандартів безпеки праці).
23. Норми продуктивності та витрат палива на перевезення вантажів автомобільним транспортом в АПК-К., 2002.

24. ДБН Г.1-4-95. Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. 72 с. (Організаційно-методичні, економічні і технічні нормативи. Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві).

25. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції збірні (Збірник 7) [Чинний від 2023-02-22]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2023. 216 с.

26. ДБН Д.2.2-8-99. РЕКН на будівельні роботи. "Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Конструкції із цегли і блоків (Збірник 8) [Чинний від 2000-01-01]. - Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики, 2000. 101 с. (Державні стандарти України).

27. Порядок виконання підготовчих та будівельних робіт. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 р. № 466 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 серпня 2015 р. № 747) К: Держбуд України, 2015. 28 с. (Національні стандарти України).

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

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 10,67 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

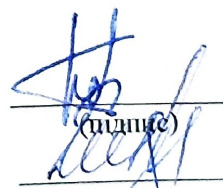
☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

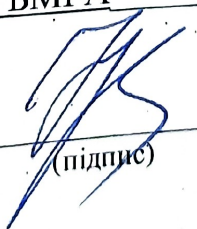
Експертна комісія:

Бікс Ю. С. доцент, гарант ОП
(прізвище, ініціали, посада)

Швець В. В. доцент, зав.каф. БМГА
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Блащук Н. В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник


(підпис)

Швець В.В., доц.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Клименко А.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б – Відомість графічної частини

Лист	Зміст листа
Лист №1	Актуальність теми, мета дослідження, завдання роботи
Лист №2	Предмет дослідження, об'єкт дослідження, новизна, особистий внесок магістранта
Лист №3	Значення енергоефективності в будівництві, витрати на енергоресурси в Україні, установи освіти к основні споживачі енергії
Лист №4	Оцінка впливу реконструкції на енергоефективність, аналіз архітектурно-планувальних рішень, оцінка економічної доцільності заходів, вибір ефективних утеплювальних матеріалів
Лист №5	Огляд сучасних методів термомодернізації, техніко-економічне порівняння варіантів утеплення, визначення об'єкта дослідження, аналіз теплотехнічних характеристик
Лист №6	Визначення предмета дослідження, заходи термомодернізації в навчальних закладх, результати економії енергоресурсів, перспективи подальшого розвитку енергоефективності
Лист №7	Фасад в осях А-Н, фасад в осях Н-В, фасад в осях К-Н
Лист №8	План 1-го поверху
Лист №9	План покрівлі, водовідвідна воронка
Лист №10	Технологічна карта на утеплення і опрядження фасадів

- **АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.** Протягом останніх десятиліть концепція енергоефективності в будівництві стала ключовим напрямом розвитку міської інфраструктури. Враховуючи зростаючі витрати на енергоресурси та необхідність зменшення техногенного впливу на довкілля, Україна активно впроваджує заходи з підвищення енергоефективності у житловому та громадському фонді. Освітні установи, зокрема школи та дитячі садки, є одними з найбільших споживачів теплової енергії в муніципальному секторі, що зумовлює актуальність дослідження заходів їхньої термомодернізації.

- Типові будівлі навчальних закладів, які були зведені в середині ХХ століття, не відповідають сучасним стандартам енергоефективності. Основними недоліками таких споруд є високі тепловтрати через неналежну теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, морально застарілі системи опалення та недостатня регулююча здатність вентиляційних установок. Впровадження заходів реконструкції та термомодернізації дозволить суттєво підвищити комфортні умови навчання, зменшити витрати на опалення та покращити екологічні характеристики будівлі.

- **Мета дослідження.** Метою роботи є оцінка впливу заходів реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу шляхом аналізу архітектурно-планувальних рішень, вибору ефективних утеплювальних матеріалів та оцінки економічної доцільності їх застосування.

- **Завдання роботи:**

- Проаналізувати сучасні методи термомодернізації та їх вплив на енергоефективність будівель.
- Оцінити теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій до та після реконструкції.
- Виконати техніко-економічне порівняння варіантів утеплення фасадів.
- Розробити практичні рекомендації щодо вибору матеріалів та методів термомодернізації навчальних закладів.

- **Об’єкт дослідження:** будівля освітнього закладу, що підлягає реконструкції з метою підвищення її енергоефективності.
- **Предмет дослідження:** заходи термомодернізації, їх вплив на теплові характеристики будівлі та економічні аспекти впровадження.
- **Новизна** дослідження полягає у комплексному аналізі термомодернізаційних заходів із врахуванням специфіки освітніх установ та визначенні оптимальних методів утеплення фасадів, що забезпечують баланс між вартістю, енергоефективністю та довговічністю конструкцій.
- **Особистий внесок магістранта:** усі результати, наведені у магістерській дипломній роботі, отримані самостійно.

Значення енергоефективності в будівництві

Енергоефективність стає ключовим фактором потенційного зниження витрат на енергоресурси, що забезпечує підвищення стабільності енергетичної політики України. Впровадження енергоефективних заходів знижує техногенний вплив на довкілля, підвищуючи якість життя населення.



Установи освіти як основні споживачі енергії

Школи та дитячі садки споживають велику частину енергії в муніципальному секторі, що робить їх основними об'єктами для впровадження енергоефективності. Зменшення витрат на опалення в цих установах є критично важливим для бюджету.



Витрати на енергоресурси в Україні

Зростаючі витрати на енергоресурси стали серйозним викликом для економіки України. Неефективне використання енергії у житловому та комунальному секторі значно збільшує витрати на опалення та енергоносії, що підкреслює важливість термомодернізації.



Проблеми енергоефективності в будівлях середини XX століття

Будівлі, зведені в середині XX століття, не відповідають сучасним стандартам енергоефективності. Високі тепловтрати через неналежну теплоізоляцію та морально застарілі системи опалення викликають економічні збитки.



Оцінка впливу реконструкцій на енергоефективність

Реконструкція будівель навчальних закладів має суттєвий вплив на клас енергоефективності. З метою підвищення комфорту навчання необхідно проведення системної термомодернізації, що забезпечить зменшення тепловтрат.

Аналіз архітектурно-планувальних рішень

Архітектурно-планувальні рішення повинні відповідати сучасним вимогам енергоефективності. Важливо враховувати орієнтацію будівлі, структуру матеріалів і планування внутрішніх приміщень для оптимізації споживання енергії.



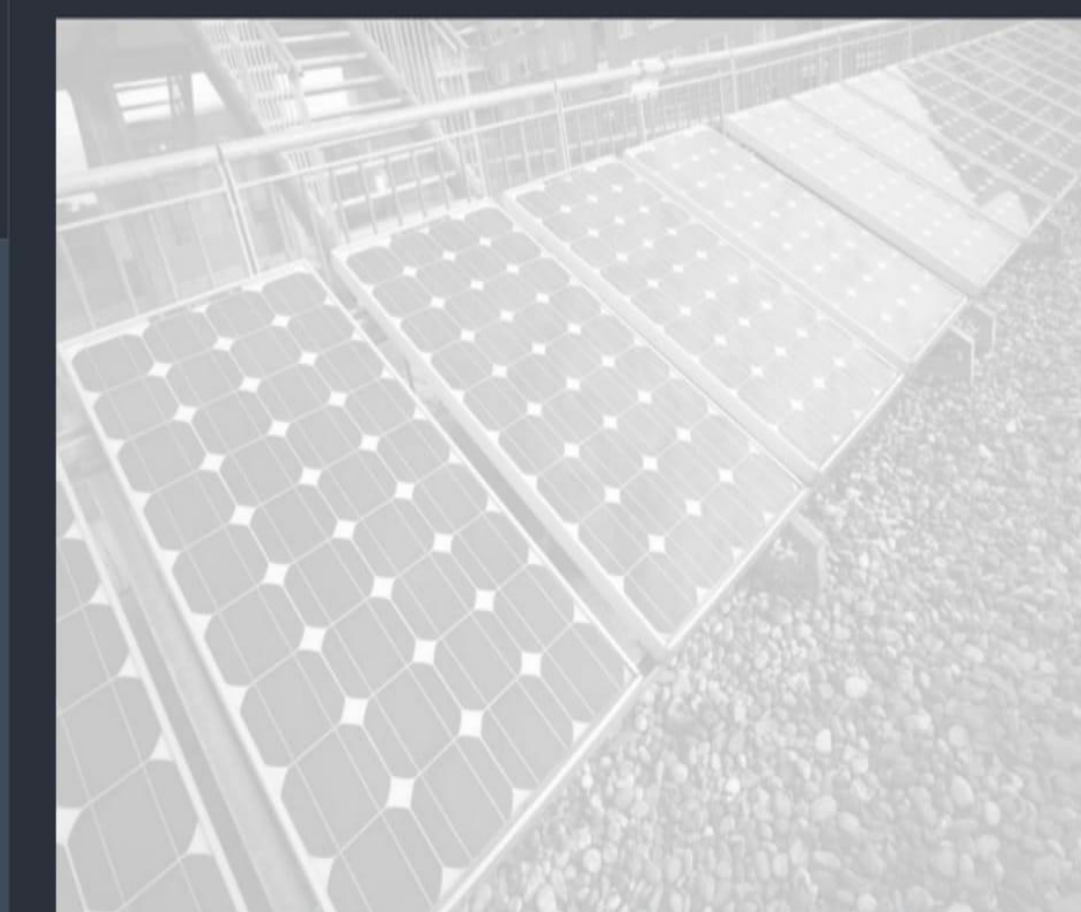
Оцінка економічної доцільності заходів

Економічна доцільність термомодернізації базується на аналізі витрат і вигод. Інвестиції в енергоефективність часто окупаються через зниження рахунків за енергоресурси, що підкреслює економічну вигоду таких заходів.



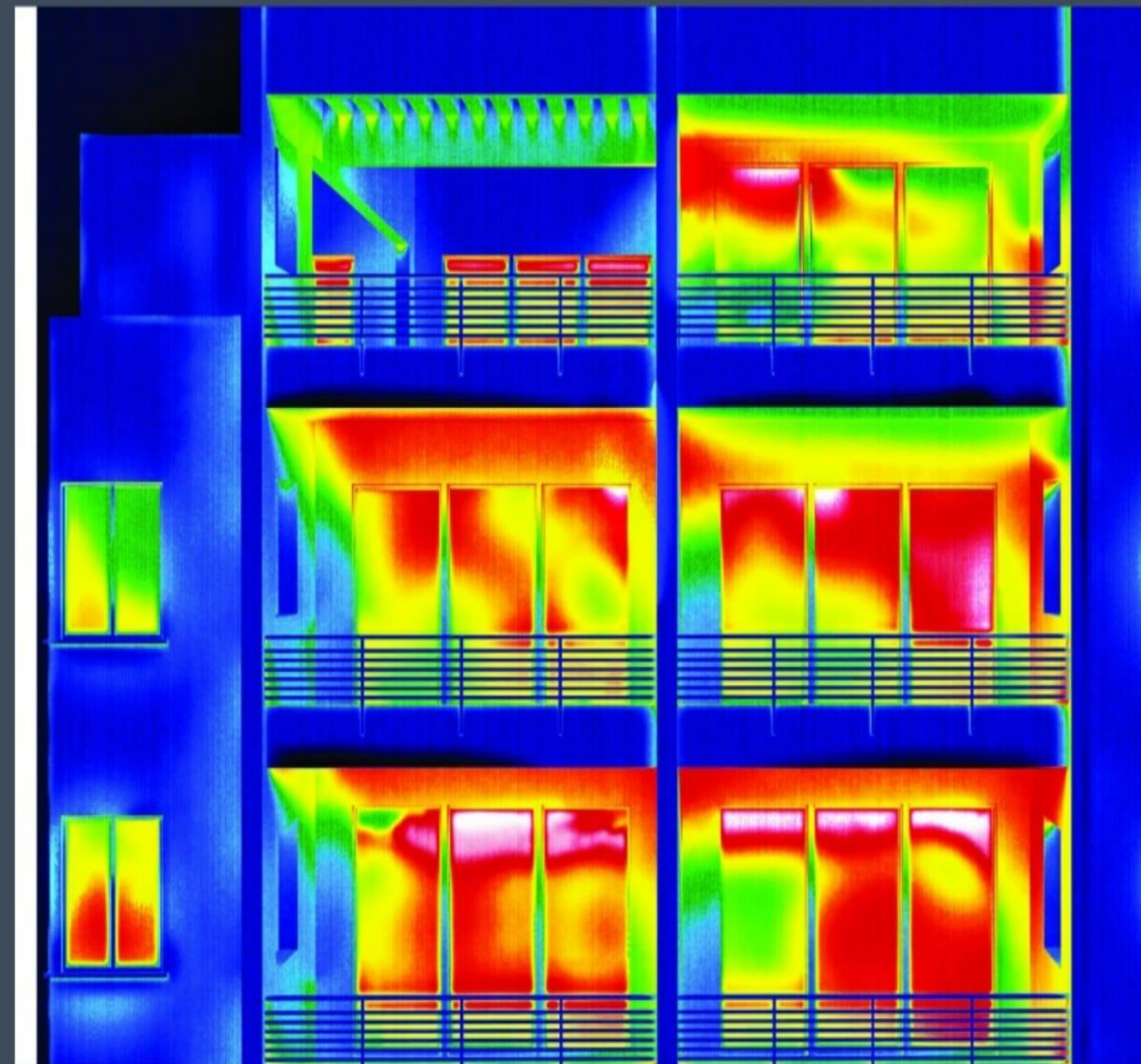
Вибір ефективних утеплювальних матеріалів

Вибір утеплювальних матеріалів є критично важливим для зменшення тепловтрат. Використання сучасних високоефективних матеріалів, таких як пінополістирол або мінеральна вата, може суттєво підвищити енергоефективність будівель.



3.1 Огляд сучасних методів термомодернізації

Сучасні методи термомодернізації передбачають використання новітніх утеплювальних матеріалів, що забезпечують високу теплоізоляцію. Основними є зовнішнє утеплення, заміна вікон на енергоефективні структури, та модернізація систем опалення, що дозволяє зменшити втрати енергії до 40%.



3.2 Аналіз теплотехнічних характеристик

Теплотехнічні характеристики будівлі визначаються через проведення енергоаудиту, що включає вимірювання фактичних тепловтрат через огорожувальні конструкції. За результатами аудиту можуть бути виявлені відхилення від нормативних значень, що вимагають термінових заходів.

3.3 Техніко-економічне порівняння варіантів утеплення

Техніко-економічне порівняння варіантів утеплення фасадів передбачає аналіз витрат на матеріали та їх ефективність у зменшенні енергоспоживання. Використання фінансових моделей дозволяє оцінити швидкість окупності інвестицій у модернізацію.



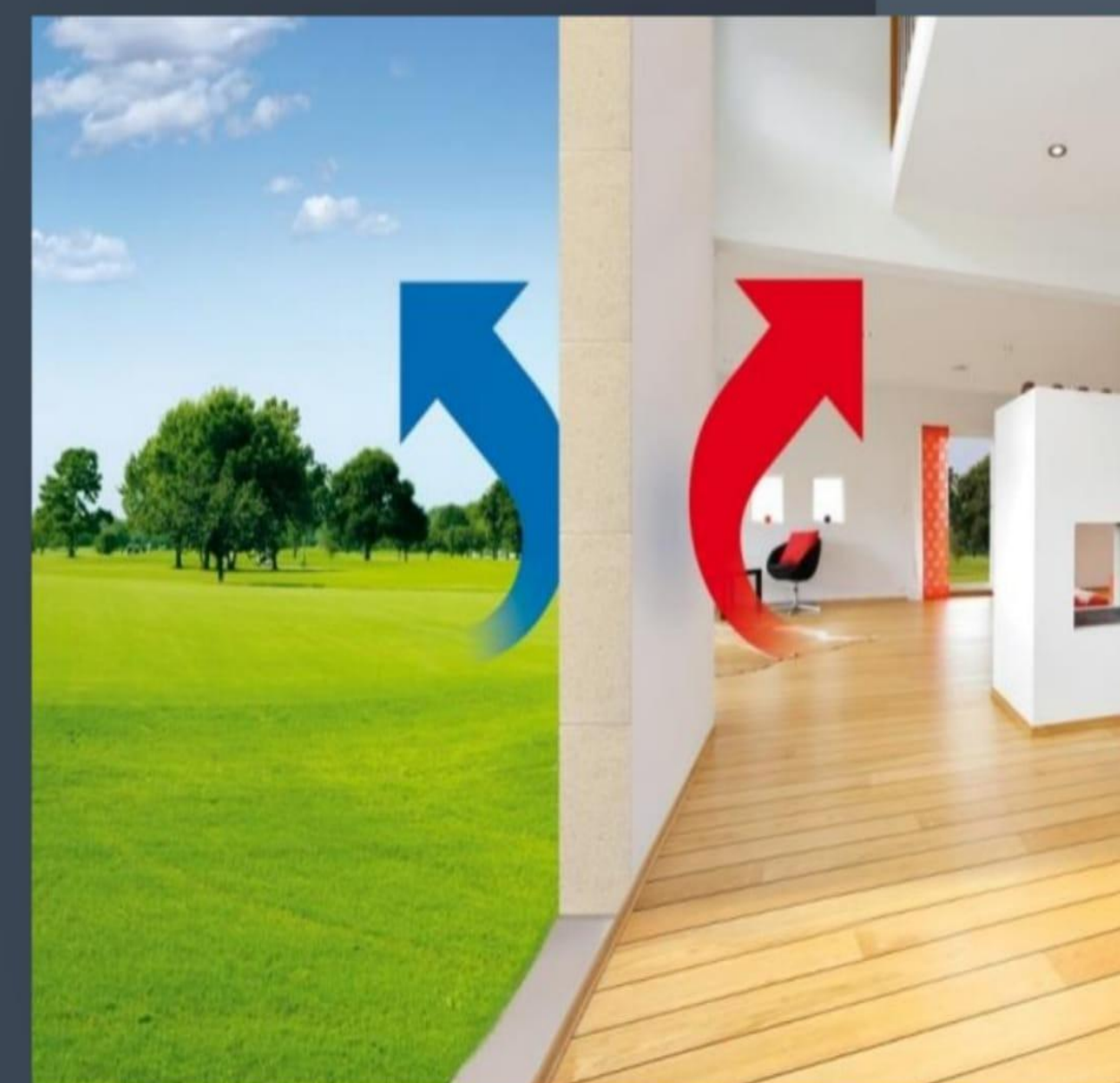
3.4 Визначення об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження є навчальні заклади, що підлягають термомодернізації, зокрема будівлі, зведені у середині XX століття. Ці будівлі мають серйозні недоліки, пов'язані з неефективною теплоізоляцією та старими системами опалення.



3.5 Визначення предмета дослідження

Предметом дослідження є заходи термомодернізації, які впливають на енергетичні характеристики будівель навчальних закладів. Дослідники оцінюють економічні аспекти впровадження цих заходів, зосереджуючи увагу на довговічності та витратах.



Заходи термомодернізації в навчальних закладах

Впровадження комплексних термомодернізаційних заходів включає утеплення стін, заміну вікон та модернізацію систем опалення. Такі заходи сприяють підвищенню теплозахисних властивостей будівель та зниженню тепловтрат до 50%.



Результати економії енергоресурсів

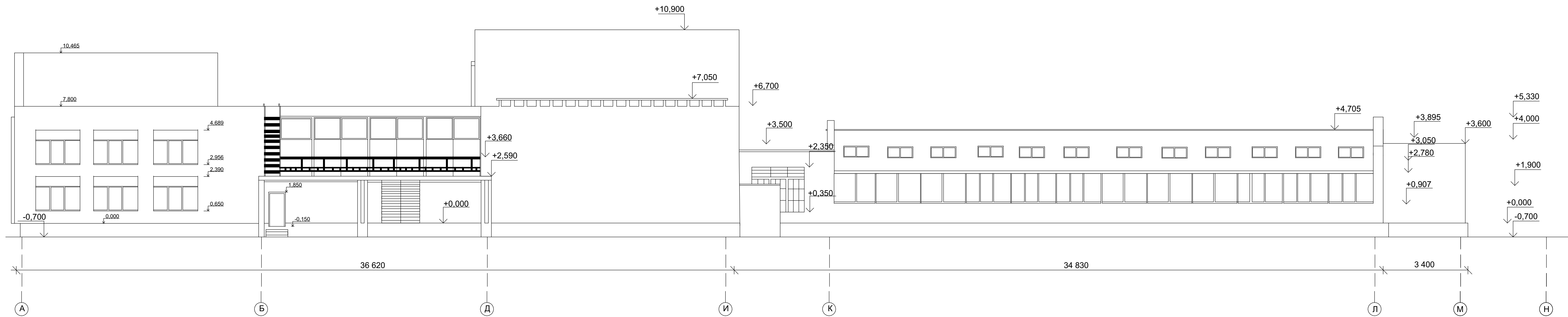
Впровадження термомодернізації у бюджетних установах призвело до економії до 200 млн куб.м газу на рік. Це зменшення витрат на енергоресурси дає можливість переорієнтувати бюджетні кошти на інші соціально важливі проекти.



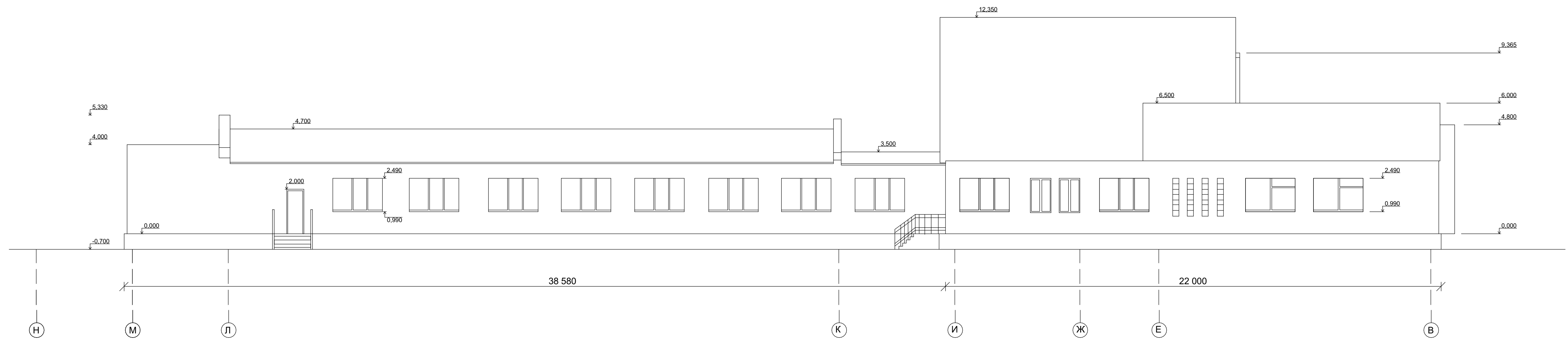
Перспективи подальшого розвитку енергоефективності

Подальший розвиток енергоефективності передбачає впровадження нових технологій і стандартів. Це стане основою для підвищення конкурентоспроможності України на енергетичному ринку та зменшення залежності від імпортованих енергоресурсів.

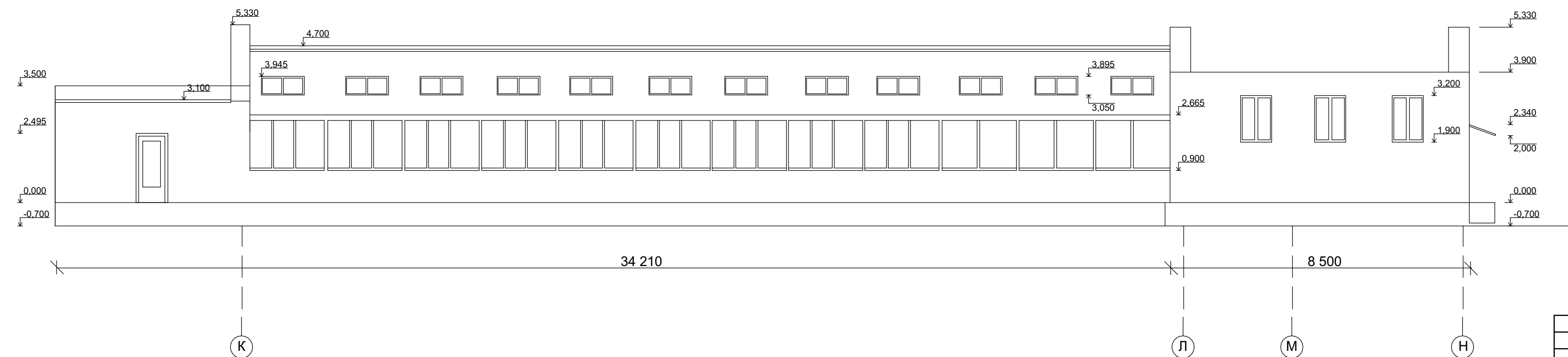
Фасад в осях А-Н М1:100



Фасад в осях Н-В М1:100

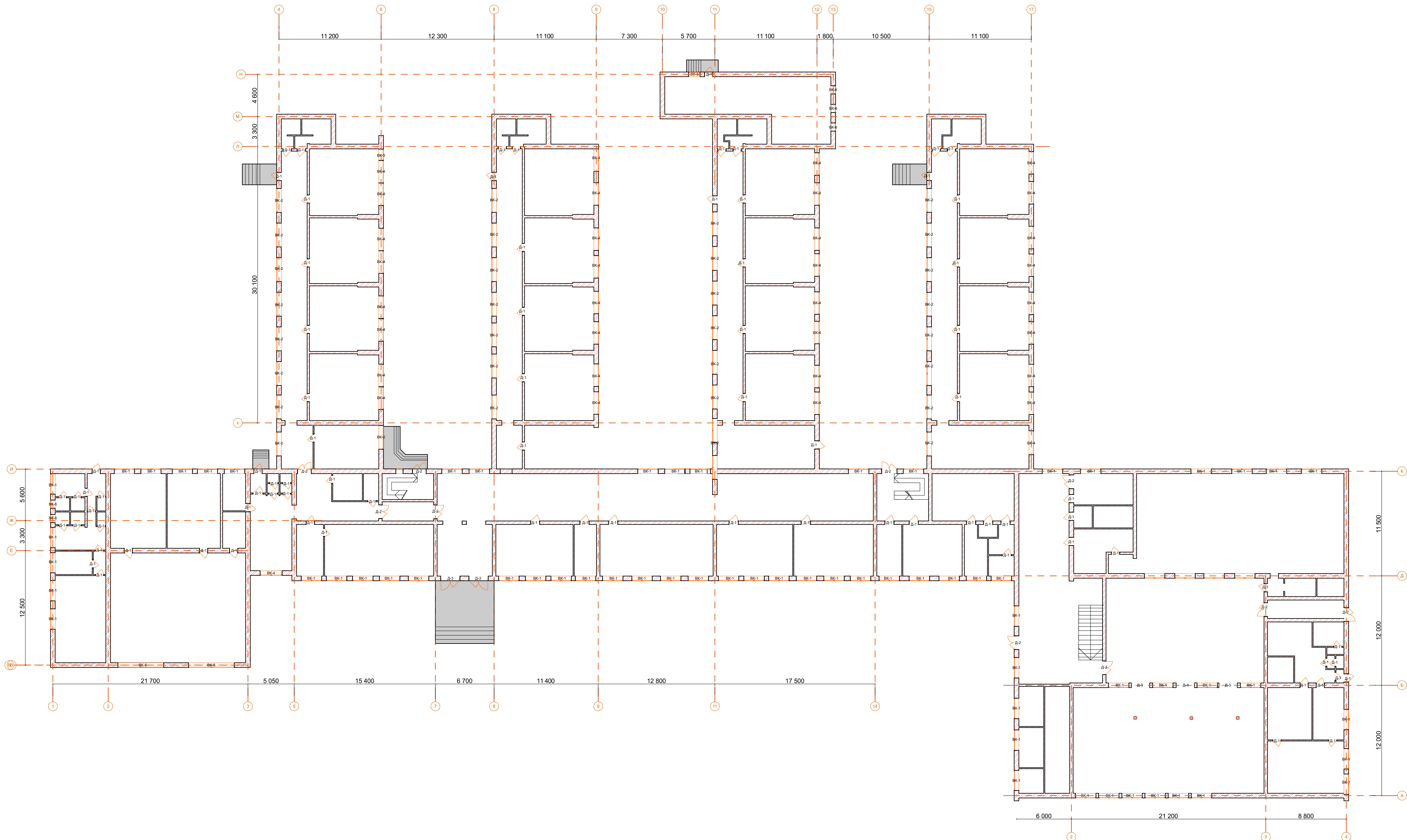


Фасад в осях К-Н М1:100 Блок 3



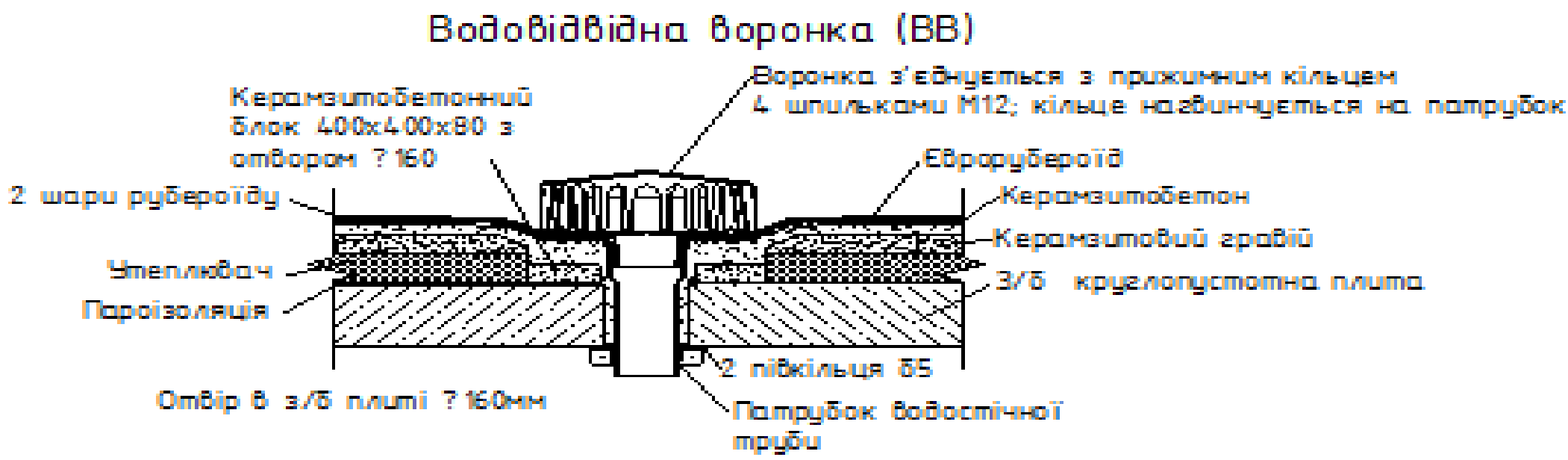
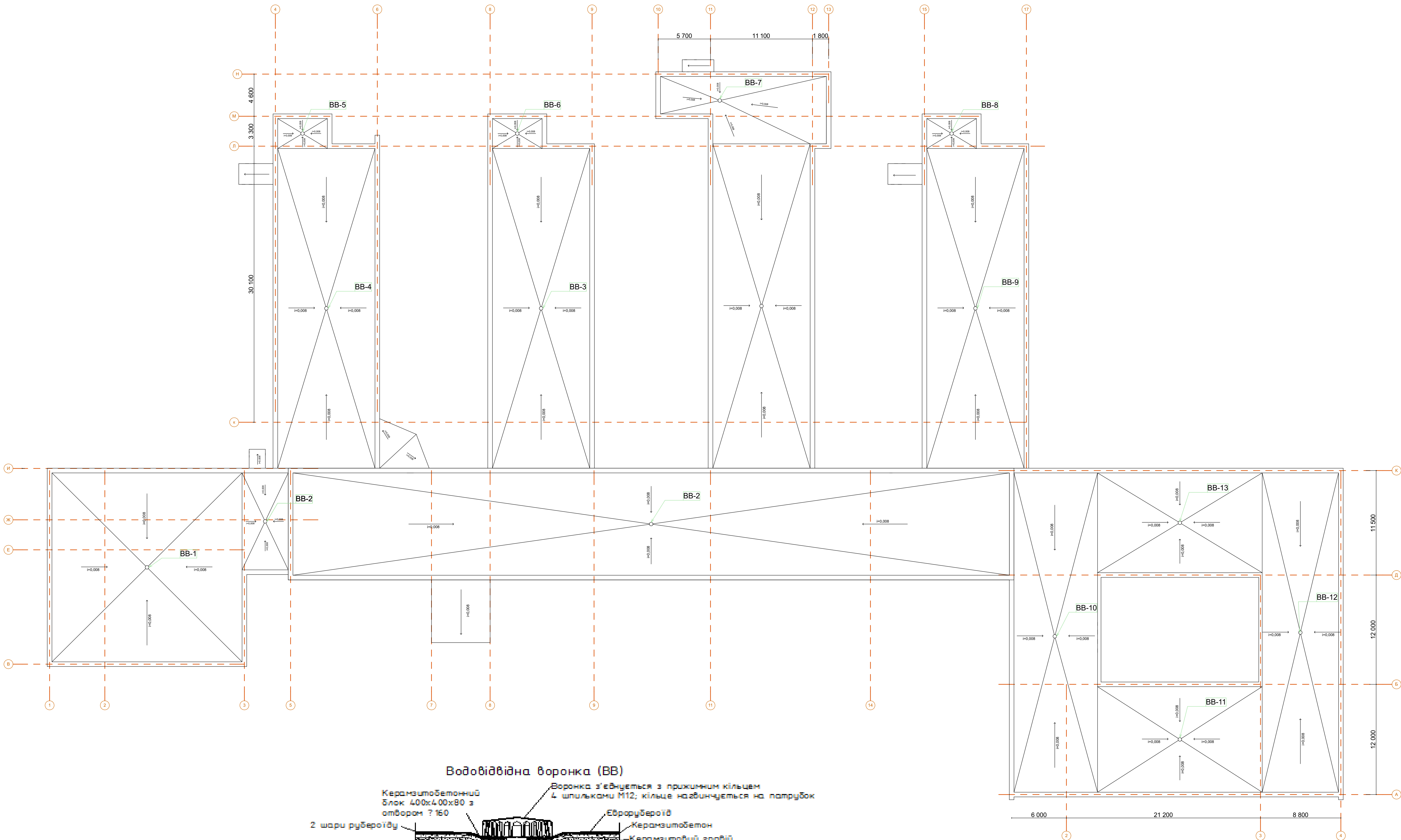
						08-08.МКР.018-АБ						
						м. Вінниця						

План 1-го поверху



						08-08.МПК.018-А5
						м. Вінниця
Зм.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата	
Розроб	Клименко А. В.					Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності дубльованого закладу
Перевір	Шевць В. В.					
Керівник	Шевць В. В.					
Норм. контроль	Масельсько І. В.					План 1-го поверху
Опонуєнт	Слободян Н. М.					
Заверб	Шевць В. В.					
						ВНТУ, гр. Б-23мз

План покрівлі



						08-08.МКР.018-АБ					
						М. Вінниця					
Зм.	Кільк.	Лист	ХР. Док.	Підпис	Дата	Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу					
Розробив	Каленко А. В.										
Перевірив	Швець В. В.										
Керівник	Швець В. В.										
Нач. контролю	Махотська І. В.										
Опаний	Слободан Н. М.					План покрівлі, водовідвідна воронка					
Затвердив	Швець В. В.					ВНТУ, гр. Б-23мз					

1. Підготовка основи



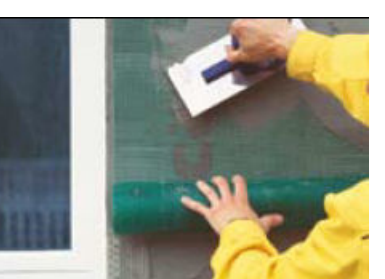
Грунтування вологопоглинаючих основ



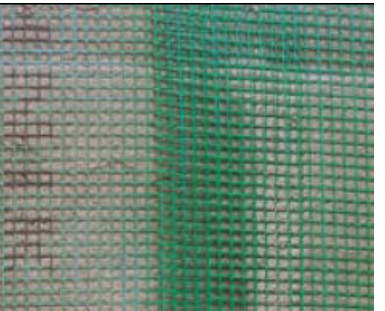
Закріплення цокольних профілів



3. Влаштування армованого гідрозахисного шару



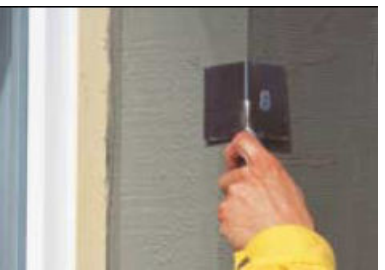
Укладання армуючої склосітки



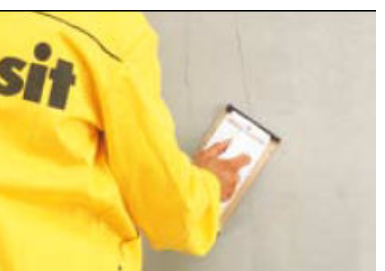
Нанесення другого шару по армуючій сітці



Формування кутів



Усушення мілких нерівностей



2. Закріплення теплоізоляційних плит

Приготування розчинової суміші



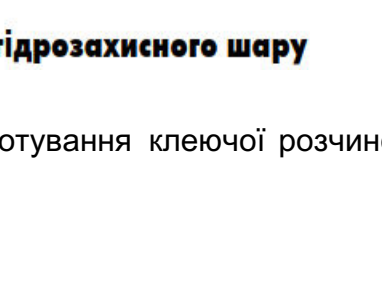
Нанесення розчинової суміші на ізоляційні плити



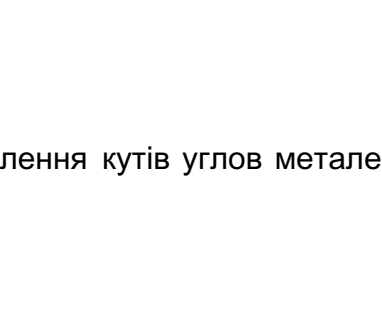
Додаткове механічне кріплення плит утеплювача



Приготування клеючої розчинової суміші



Додаткове укріплення захисного шару в умовах віконних і дверних прорізів



Додаткове укріплення захисного шару на стінах першого поверху



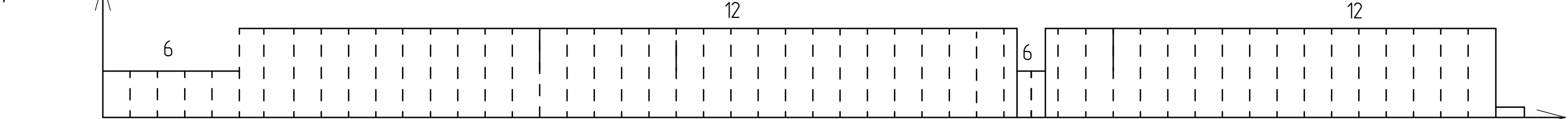
Влаштування основного захисного шару

Назва робіт	РЕКН	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Трудомісткість	Пріоритетність	Пріоритетність виконання	Кількість змін	Пріоритетність виконання робіт
Очищення гладкої поверхні фасадів	P11-51-3	100 м²	11,6	145 маш.-зм	12 маш.-зм	6	2	4,0
Грунтування основи	E12-21-2	100 м²	11,6	105 маш.-зм	12 маш.-зм	6	2	1,0
Нанесення клеючої суміші	E15-51-1	100 м²	11,6	145,5 маш.-зм	14,4 маш.-зм	12	2	6,0
Теплоізоляція стін із мінераловатних плит	E8-43-6	100 м²	11,6	326,5 маш.-зм	32,4 маш.-зм	12	2	13,5
Утеплення покриттів плиточами з пінопласту полістирольного	E12-18-1	100 м²	11,6	68,75 маш.-зм	24,0 маш.-зм	12	2	3,0
Нанесення клеючої суміші	E15-51-1	100 м²	11,6	145,5 маш.-зм	14,4 маш.-зм	12	2	6,0
Монтаж сітки зі склосіткою	E3-37-1	100 м²	11,6	6,5 маш.-зм	6 маш.-зм	6	2	0,5
Грунтування основи	E12-21-2	100 м²	11,6	105 маш.-зм	12 маш.-зм	6	2	1,0
Високоефективне штукатурення декоративним розчином по керамо стіні гладких	P11-45-1	100 м²	11,6	391,75 маш.-зм	38,4 маш.-зм	12	2	16,0
Вибивання сітки	C311-3-M	м	6,3	105 маш.-зм	10,5 маш.-зм	2	1	0,5

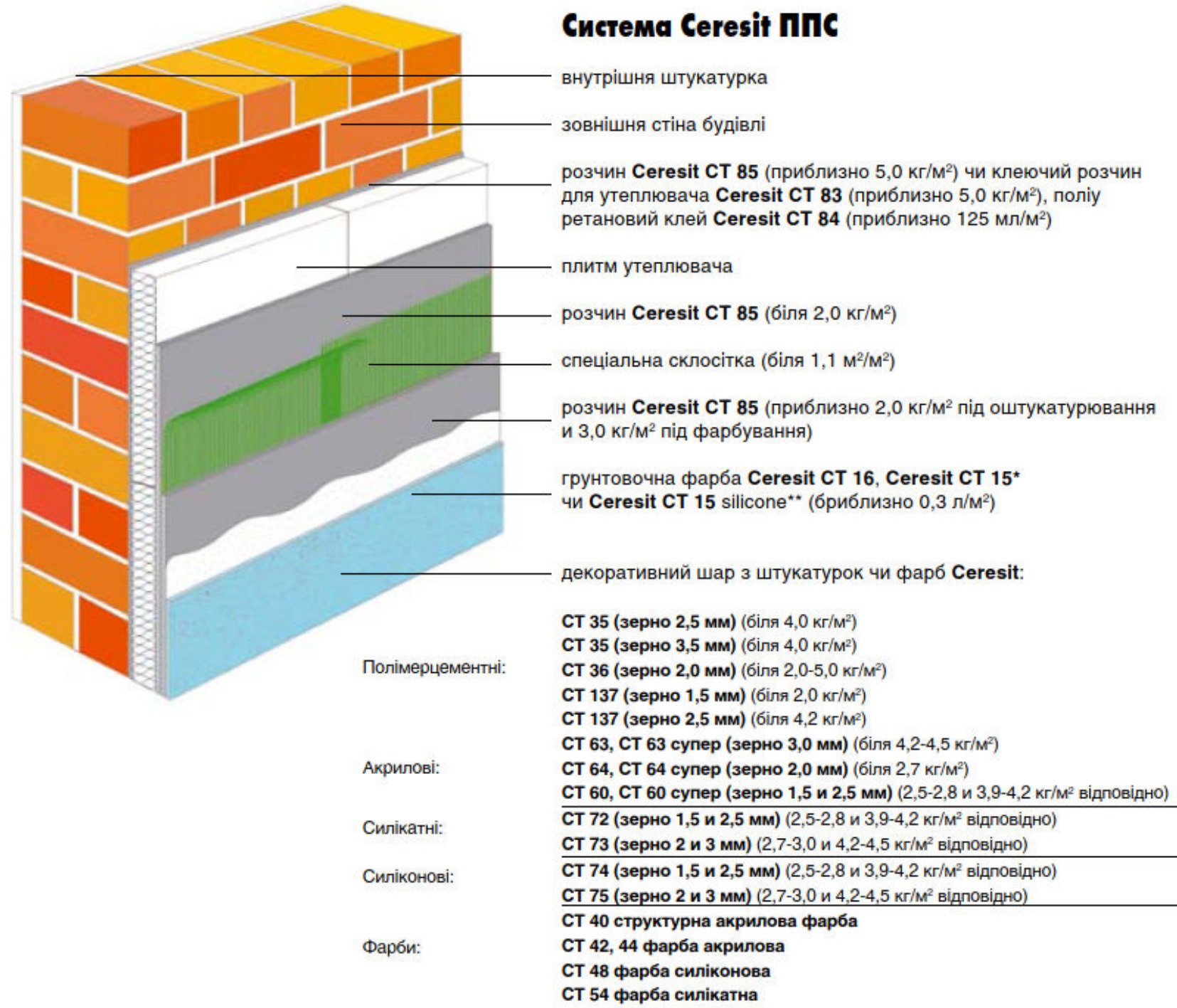
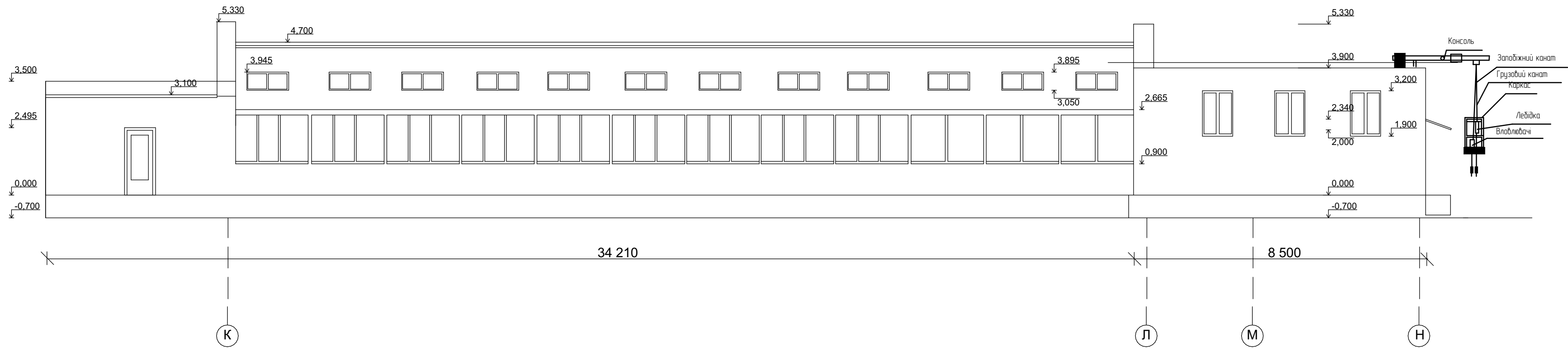
Показники калькуляції трудових витрат

Назва показника	Значення	Одиниці виміру
Кашторисна заробітна плата	221,073	тис. грн.
Кашторисна вартість	549,486	тис. грн.
Кашторисна трудомісткість	1109	маш.-зм.
Середній розряд робіт	113	розряд
Прямі витрати будівельних робіт	4,33 392	грн.
Загальнобудівничі витрати	116 094	грн.

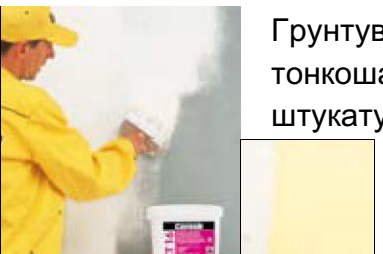
Кількість робітників



Фасад в осях К-Н М1:100 Блок 3



4. Нанесення декоративних штукатурних складів



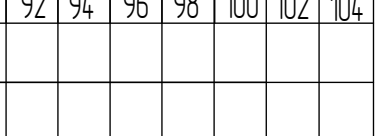
Грунтування під тонкошарові штукатурки



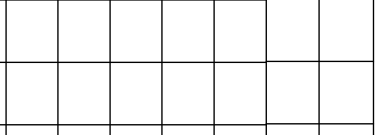
Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



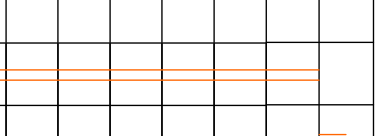
Приготування полімерцементних штукатурок



Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



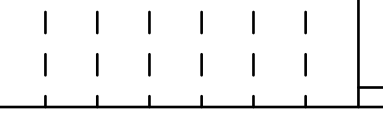
Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



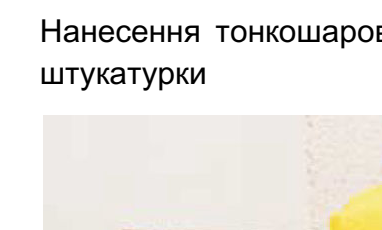
Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



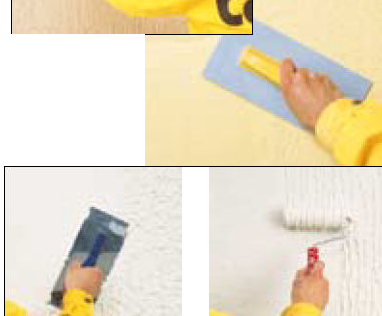
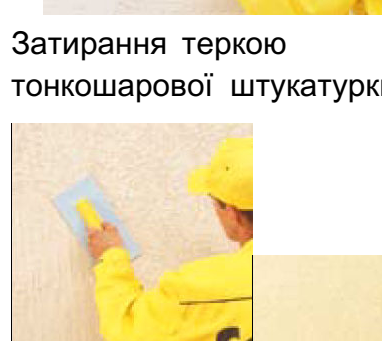
Приготування акрилових, силікатних і силіконових штукатурок



З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



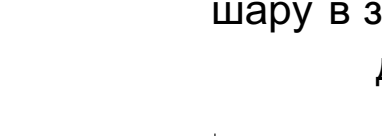
Нанесення тонкошарової штукатурки



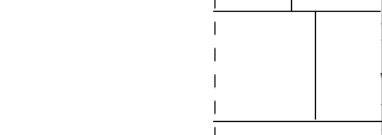
Затирання теркою тонкошарової штукатурки



Затирання теркою тонкошарової штукатурки



Затирання теркою тонкошарової штукатурки



Затирання теркою тонкошарової штукатурки



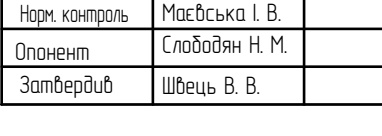
Затирання теркою тонкошарової штукатурки



Затирання теркою тонкошарової штукатурки



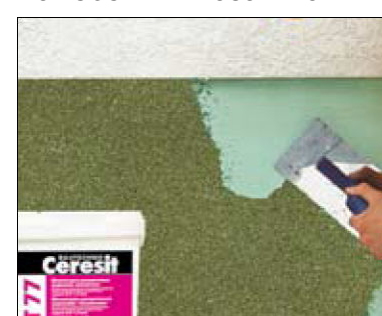
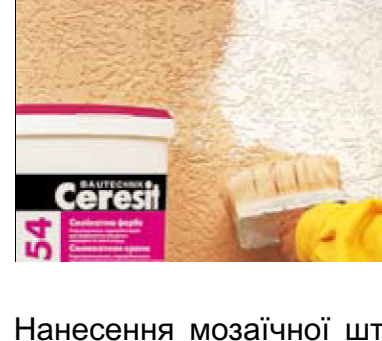
Затирання теркою тонкошарової штукатурки



З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



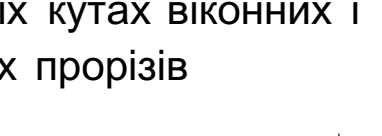
З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



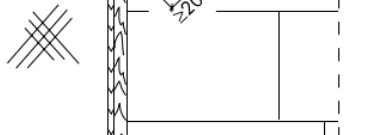
З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



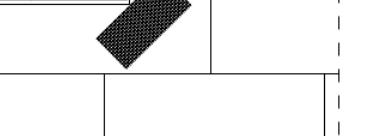
З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



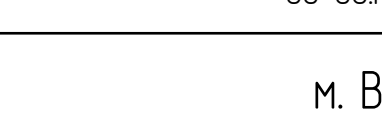
З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



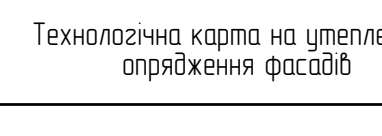
З'єднання шарів штукатурок різних кольорів



З'єднання шарів штукатурок різних кольорів

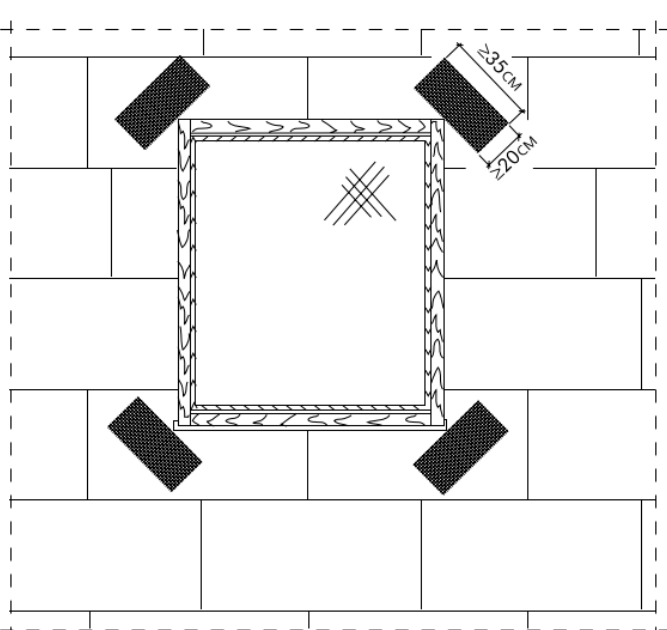


З'єднання шарів штукатурок різних кольорів

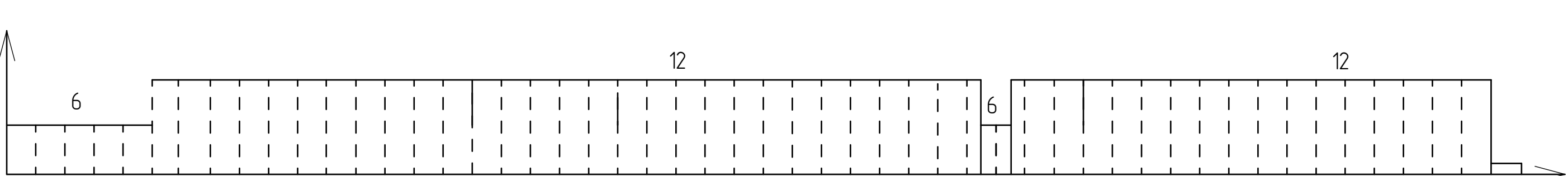


З'єднання шарів штукатурок різних кольорів

Додаткове армування захисного шару в зовнішніх кутах віконних і дверних прорізів



Графік руху робочих кадрів



						08-08.МКР.018-ПВР		
						М. Вінниця		
Зм.	Кільк.	Лист	ХР	Вак	Підпис	Дата	Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу	Сторінка
Розробив	Каленко А. В.							Аркш
Перевірив	Шевць В. В.							10
Керівник	Шевць В. В.							10
Нач. контролю	Модельська І. В.							
Опанимент	Слободан Н. М.						Технологічна карта на утеплення і опрацювання фасадів	ВНТУ, гр. Б-23мз
Затвердив	Шевць В. В.							

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи
Клименка Андрія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено актуальне питання впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу. Освітні установи, зокрема школи та дитячі садки, є одними з найбільших споживачів теплової енергії в муніципальному секторі.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи відповідає виданому завданню. Здобувач Клименко А. В. самостійно виконував поставлені завдання наукового дослідження, вміло систематизував дані з інформаційних джерел, фахової літератури, знання нормативної бази.

У ході роботи магістрант успішно застосовував програмні комплекси для обробки графіко-аналітичного матеріалу. У підготовці роботи проявив старанність та наполегливість. Усі проектні рішення достатньо обґрунтовані, креслення оформлені згідно норм та стандартів.

Здобувач Клименко А. В. дотримувався графіка виконання роботи та вчасно представив роботу на попередньому захисті. Дана робота може бути реалізована в будівельній практиці.

Результати досліджень апробовані на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії 24-27 березня 2025 року. Магістерська кваліфікаційна робота виконується на основі завдання на проектування відповідно до діючих норм та стандартів.

До основних недоліків роботи слід віднести:

- варто було більше уваги приділити організаційно-технологічним особливостям реконструкції пошкоджених в ході бойових дій будівель, а не лише їхньому підсиленню;
- в роботі бажано було б навести таблицю залежності класу енергоефективності будівлі від виду застосованих конструкцій утеплення;
- не на всі нормативні джерела є посилання по тексту пояснювальної записки.

Висновки: якість підготовки здобувача Клименка Андрія Володимировича відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», галузі знань «Архітектура та будівництво» і магістрант заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «А» 91 бал.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
к.т.н., доцент



Швець В. В.

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу
здобувача Клименка Андрія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: **Оцінка впливу заходів з реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу**

Магістерська кваліфікаційна робота Клименка Андрія Володимировича присвячена оцінці впливу заходів реконструкції на клас енергоефективності будівлі освітнього закладу шляхом аналізу архітектурно-планувальних рішень, вибору ефективних утеплювальних матеріалів та оцінки економічної доцільності їх застосування. Робота має актуальність, відповідає поставленій меті. Вміст роботи складається з п'яти основних розділів пояснювальної записки та десяти аркушів графічної частини.

У першому розділі роботи автор наводить особливості оцінювання та засоби підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери, наводить вимоги нормативної бази з питань енергетичної ефективності будівель. Другий розділ роботи присвячений аналізу заходів з підвищення енергетичної ефективності та напрямків енергозбереження в будівлях комунальної сфери. Методи оцінювання енергоефективності, особливості її визначення та доцільність впровадження термомодернізаційних заходів для будівель комунальної сфери представлені у третьому розділі МКР.

В технічній частині роботи запропоновані архітектурно-будівельні, об'ємно-планувальні, конструктивні рішення, здійснено теплотехнічний розрахунок стіни. В економічній частині розрахована кошторисна вартість будівництва.

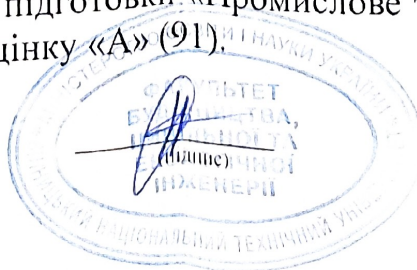
Виявлені такі основні недоліки роботи:

- у першому розділі наведено мало посилань на інформаційні та літературні джерела;
- бажано було б навести порівняння витрат енергетичних ресурсів до та після реконструкції.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів магістерська кваліфікаційна робота Клименка Андрія Володимировича є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «А» (91).

Опонент

Доц. каф. ІСБ, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Н. М. Слободян
(ініціали, прізвище)

М.П.

Печатка установи, організації опонента