

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 101 “Екологія”

Тема: Застосування технологій «зеленого будівництва» для розробки заходів із енергозбереження КУ ЗОШ №24 СМР (комплексний проект)

Завідувач кафедри

Пляцук Л.Д.

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи

Гурець Л.Л.

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

Васькін Р.А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

з економічної частини

Павленко О.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Виконавець

студент групи ТС.м-91/2 ОС

Потапова Є.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми 2020

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природоохоронних технологій  
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Потапової Євгенії Олександрівни

1. Тема проекту (роботи) Застосування технологій «зеленого будівництва» для розробки заходів із енергозбереження КУ ЗОШ №24 СМР (комплексний проект)
2. Затверджена наказом по університету від “23” жовтня 2020 р. № 1647-III
3. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 22 грудня 2020 р.
4. Вихідні дані до проекту (роботи) Літературні джерела, план будівлі школи № 24, дані по теплопостачанню будівлі школи
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):  
Літературний огляд  
Енергетичне обстеження будівлі Сумської загальноосвітньої школи I-III ст. № 24  
Підвищення енергоефективності будівлі за рахунок влаштування «зеленого даху»  
Економічна частина  
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
  1. План школи № 24
  2. Результати енергетичного обстеження будівлі школи
  3. Визначення втрат тепла за допомогою тепловізора
  4. Схема «зеленого» даху
  5. Вибір рослин для «зеленого» даху
  6. Визначення енергоефективності покрівлі
  7. Розрахунок окупності запропонованих заходів із енергозбереження

7. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Васькін Р.О.		
Економічна частина	Павленко О.О		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за темою дослідження	15 вересня 2020 року	
2	Розділ 1	10 вересня 2020 року	
3	Розділ 2, 3	5 жовтня 2020 року	
4	Розділ 4,5	20 листопада 2020 року	
5	Оформлення роботи згідно вимог	11 грудня 2020 року	

7. Дата видачі завдання 25 травня 2020 року.

Студент \_\_\_\_\_

Керівник проекту \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра.* Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 48 найменувань. Загальний обсяг магістрської роботи становить 81 сторінка, у тому числі 7 таблиць, 11 рисунків, додатки 5 сторінок список використаних джерел 6 сторінок.

*Мета роботи* – є розробка заходів з енергозбереження КУ ЗОШ №24 шляхом застосування принципів «зеленого» будівництва.

Для досягнення даної мети було поставлено ряд завдань:

1. Визначити концепцію та методи «зеленого» будівництва;
2. Провести аналіз енергоефективності будівлі школи.
3. Визначити можливий видовий склад рослин для озеленення даху будівлі з урахуванням еколого-кліматичних особливостей Сум;
4. Оцінити економічну та екологічну енергоефективність проекту;

*Об'єкт дослідження* – підвищення енергоефективності будівель при застосуванні технологій «зеленого» будівництва.

*Предмет дослідження* – «зелені» дахи як елемент енергоефективних технологій.

У кваліфікаційній роботі було проведено аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень останніх десятиліть, що стосуються впровадження технологій «зеленого будівництва» і їх застосування для покращення енергоефективності будівель. Також була запропонована можливість реалізації проекту, як варіанту утеплення будівель, з метою покращення теплотехнічних показників та збільшення їх енергоефективності; доведена доцільність методу «зеленої» покрівлі як органічного і актуального способу покращення стану будівель.

*Ключові слова:* ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО, ЗЕЛЕНИЙ ДАХ, ЕКСТЕНСИВНА ПОКРІВЛЯ, ОЗЕЛЕНЕННЯ ПОКРІВЛІ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТИП ПОКРИТТЯ, ОЦІНКА, ТЕПЛОВИТРАТ.

## ЗМІСТ

	<b>Стор.</b>
<b>Вступ</b>	5
<b>Розділ 1. Літературний огляд</b>	7
1.1 Поняття «зеленого» будівництва.	7
1.2 «Зелена покрівля» як елемент зеленого будівництва	12
1.2.1 Типи «зеленої» покрівлі.	13
1.3 Зарубіжний досвід встановлення «зелених» покрівель.	20
1.4 Висновки за розділом	30
<b>Розділ 2. Енергетичне обстеження будівлі Сумської загальноосвітньої школи І-ІІІ ст. № 24.</b>	31
2.1 Інформація про об'єкт дослідження	31
2.2 Техніко-економічний аналіз споживання тепла	33
2.3 Розрахунок тепловтрат	35
<b>Розділ 3. Підвищення енергоефективності будівлі за рахунок влаштування «зеленого даху»</b>	40
3.1 Методика розрахунку теплотехнічних характеристик покрівель	40
3.2 Результати експериментального дослідження	44
<b>Розділ 4. Економічна частина</b>	49
<b>Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</b>	62
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати при експлуатації будівлі школи.	62
5.2 Порядок проведення евакуації співробітників та учнів школи у разі виникнення надзвичайної ситуації.	65
<b>Висновки</b>	68
<b>Додатки</b>	71
<b>Перелік джерел посилань</b>	76

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 19510215

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		Літ.	Аркуш	Аокушів
		Розроб. Потапова			Застосування технологій "зеленого будівництва" для розробки заходів із енергозбереження КУ ЗОШ №24 СМР (комплексний проект)			
		Перев. Гурець Л.Л.					4	
		Н.Контр Васькін				СумДУ, ф-т ТеСЕТ		
		Затв. Пляцук				гр. ТС.м-91/2 ОС		

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** На сьогоднішній день в світі різко постало питання підвищення енергоефективності будівель. Велика кількість будівель в Україні, включаючи деякі новобудови та існуючий житловий фонд, не відповідають нормативним показникам опору теплопередачі, особливо з боку покриття. Це пояснюється тим, що в 2016 році в Україні були оновлені нормативи, які тепер наближені до європейських. Одним з варіантів вирішення проблеми підвищення енергоефективності будівель є впровадження принципів «зеленого будівництва». Зелене будівництво дозволяє не тільки збільшити енергоефективність будівель, але і вирішити екологічні та санітарно-гігієнічні проблеми сучасних міст. Основними проблемами сучасних урбоценозів є брак зелених зон і неможливість їх створення через ущільнення забудови; сильне зменшення біорізноманіття аж до повної втрати окремих видів рослин і тварин, що веде до екологічного дисбалансу. Виходом із ситуації є застосування альтернативних форм озеленення, які не потребують значного простору, але при цьому виконують необхідні санітарно-гігієнічні та еколого-біологічні функції. Озеленення дахів, як один з видів «зеленого будівництва», є вирішенням актуальних на даний момент проблем: компенсації рослинних насаджень, втрачених в результаті будівництва в містах; зменшення обсягів і швидкості стоку дощової води з дахів; зменшення втрат теплоти через покриття будівель. При цьому, у людей з'являються нові місця відпочинку, а будівля набуває більш привабливого зовнішнього вигляду.

«Зелені» покрівлі залишаються одним з найбільш перспективних напрямків будівництва в Україні, де починаючи з 1992 р. було облаштовано 150000 м<sup>2</sup> зелених покрівель.

**Метою роботи** є розробка заходів з енергозбереження КУ ЗОШ №24 шляхом застосування принципів «зеленого» будівництва.

Інв.№позид.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

5

**Задачі дослідження:**

1. Визначити концепцію та методи «зеленого» будівництва;
2. Провести аналіз енергоефективності будівлі школи.
3. Визначити можливий видовий склад рослин для озеленення даху будівлі з урахуванням еколого-кліматичних особливостей Сум;
4. Оцінити економічну та екологічну енергоефективність проекту;

**Об’єкт дослідження:** підвищення енергоефективності будівель при застосуванні технологій «зеленого» будівництва.

**Предмет дослідження:** «зелені» дахи як елемент енергоефективних технологій.

**Наукова новизна дослідження** полягає в пропозиції проекту як варіанту утеплення будівель, з метою покращення теплотехнічних показників та збільшення їх енергоефективності; доведенні доцільності методу «зеленої» покрівлі як органічного і актуального способу покращення стану будівель.

**Практична значимість роботи** полягає в обґрунтуванні доцільності використання «зеленої» покрівлі як засобу модернізації існуючого житлового фонду та нового будівництва.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати експериментального дослідження, що наведені у кваліфікаційній роботі магістра, одержані самостійно.

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

						<b>ТС 19510215</b>	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			6

## РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Поняття «зеленого» будівництва.

Протягом останніх трьох-чотирьох десятиліть у багатьох галузях, в яких активно беруть участь люди, поняття «лікування» почало трансформуватися у поняття «профілактика». Паралельно в будівельній галузі концепція зеленого будівництва еволюціонувала і існувала в тій чи іншій формі, і зараз вона швидко набирає популярності у всьому світі.

Концепція зеленого будівництва, в більш широкому плані, передбачає будівлю, яка проектується, будується, експлуатується, підтримується або використовується повторно з метою захисту здоров'я людей, підвищення продуктивності роботи працівників, доцільного використання природних ресурсів та зменшення впливу на навколишнє середовище. Іншими словами, процес зеленого будівництва враховує екологічні аспекти на кожному етапі будівництва. Цей процес фокусується на етапах проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування та враховує ефективність проектування та забудови ділянки, енерго- та водоефективність, ефективність використання ресурсів, якість навколишнього середовища в приміщенні, обслуговування власника будівлі та загальний вплив будівлі на навколишнє середовище.

Основні аспекти зеленої будівлі - проекти, спрямовані на збереження дерев, побудову на місці особливостей утримання/інфільтрації зливової води та орієнтацію будівлі на максимізацію приросту сонячної енергії. Надалі будуть розглянені фактори, які включає в себе концепція «зеленого» будівництва.

- Ефективність використання ресурсів: фактом є те, що зелене будівництво є найбільш успішним, коли концепції інтегруються та впроваджуються на етапі проектування - часу, коли відбувається вибір матеріалу/продукту/системи. Створення ресурсоефективних конструкцій та використання ресурсозберігаючих матеріалів може максимізувати

Підп. і лага	
Інв.Модубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№породи.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

7



функції при оптимізації використання природних ресурсів. Наприклад, сконструйовані вироби з деревини можуть допомогти оптимізувати ресурси, шляхом використання матеріалів, в яких понад 50% від колоди перетворюється на структурну деревину, а не використовується звичайна розмірна деревина. Але потрібно зважити користь від створення таких продуктів із кількістю енергії, що споживається під час процесу виготовлення, і відповідно зробити вибір.

- Однією з цілей ефективного зеленого будівництва є зменшення кількості відходів на робочих місцях. Незмінно залишаються залишки матеріалів від будівельного процесу. Дотримання плану поводження з будівельними відходами сприяє зменшенню кількості звалищного матеріалу. Цього можна досягти, скориставшись наявними переробними підприємствами та ринками вторинної сировини. Це допоможе зменшити будівельні відходи принаймні на дві третини, створить потенційну економію витрат для будівельників та зменшить навантаження на звалище.
- Енергоефективність значною мірою зауважена в більшості програм зеленого будівництва. Цілісний системний підхід з її урахуванням буде приносити не тільки користь, а й економити витрати на споживання енергії. Крім того, ретельний вибір вікон, герметизація повітряної оболонки будівлі, правильне розміщення повітряних та пароізоляційних бар'єрів, використання систем опалення/охолодження на сонячній енергії сприятимуть енергоефективній будівлі.
- Ефективність використання води: зелені будівлі часто зосереджуються на технологіях збереження води як у приміщенні, так і поза ним. Впровадження більш ефективної системи водопостачання у приміщенні та на місцевих озелених територіях на відкритому повітрі може допомогти у запобіганні зайвій витраті цінних водних ресурсів. Наприклад, використання важких та легких варіантів змиву у ванних кімнатах (реалізовано в готелі The Tea Factory, розташованому в Нувараелії на Шрі-

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Ланці), допоможе зберегти воду, що використовується у приміщенні. Сучасні дослідження та практика показали, що природні процеси можуть бути дуже вдалим методом фільтрації та видалення забруднень із зливових та стічних вод, які потім можуть бути успішно використані для зрошення тощо.

- Якість навколишнього середовища в приміщенні: збільшення захворювань дихальних шляхів та алергій на використання хімічних речовин, які можуть виділяти токсичні речовини, значно сприяли більш ощадливому ставленню до повітря, яким ми дихаємо всередині будівель. «Зелена» будівля як концепт, включає заходи, які можуть зменшити наслідки потенційного забруднення, включаючи контроль над джерелом викиду та захоплення забрудника за допомогою фільтрації.
- Експлуатація, технічне обслуговування та екологічна свідомість власників будівель: неправильне та неадекватне технічне обслуговування може зашкодити зусиллям проектувальників та підрядників щодо створення екологічно чистого будинку. Заохочення власників впровадувати альтернативні екологічно-чисті продукти/системи для використання в технічному обслуговуванні будинків та надаючи власникам ефективну та належну інструкцію з експлуатації та технічного обслуговування сприятиме розвитку екологічного будівництва.

*Чому ми повинні дбати про зелене будівництво?*

Протягом останніх 30-40 років ми відчували гіркий досвід глобального потепління, виснаження озону, виснаження ресурсів, дефіциту енергії, кислотних дощів тощо. Це змусило людство змінити спосіб життя на землі. Хоча ми не можемо уникнути впливу на навколишнє середовище, зелені будівлі будуть спрямовані і сприятимуть мінімізації впливу на довкілля. Слід також підкреслити, що зелені будівлі не лише сприяють сталому будівництву та навколишньому середовищу, але також приносять багато користі власникам будівель та користувачам, за рахунок зниження витрат на розробку, зниження

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

9

експлуатаційних витрат, підвищення комфорту, покращенню якості навколишнього середовища в приміщенні, підвищення довговічності будівель та зменшенню витрат на обслуговування.

*Невизначеність у застосуванні концепції зеленого будівництва.* Незважаючи на те, що розробляються настанови щодо впровадження концепцій зеленого будівництва, існує багато сірих зон та розгорнутих глав, які заважають успіху їх реалізації. Найважливішим фактом є те, що існує дуже мало загальнодоступних даних про виробничий процес, які документують споживання енергії, вплив на природні ресурси, викиди CO<sup>2</sup> для кожного будівельного матеріалу, процесу тощо. Тому, безперечно, певною мірою, процес прийняття рішень передбачає оцінку особистої та місцевої цінності. Дані, зібрані в оцінках вартості життєвого циклу, допоможуть подолати такі проблеми, але цей інструмент все ще перебуває на початковій стадії, і йому може знадобитися трохи більше часу, щоб надати точні та вичерпні дані про будівельні матеріали, виробу та системи. Порівняльні характеристики зеленого та традиційного будівництва наведені у таблиці 1.1 [2]

Таблиця 1.1 - Порівняльні характеристики традиційного та зеленого будівництва

Показники	Зелене будівництво	Традиційне будівництво
Споживання електроенергії	Низьке	Високе
Якість середовища в приміщенні	Дуже висока	Висока
Рівень викидів	Низький	Високий
Система управління відходами	Високоєфективна	Ефективна

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Продовження таблиці 1.2:

Будівельні матеріали	«Дружні» до оточуючого середовища	«Не дружні» до оточуючого середовища
Проектні практики	Складні	Нормальні
Здійсненність	>5% ніж порогова величина	Порогова величина

Хоча у багатьох країнах зелене будівництво все ще видається новинкою, насправді це технологія, відома століттями. Протягом останнього десятиліття міська політика та будівельні норми у багатьох країнах світу призвели до зростання популярності цієї техніки, головним чином через переконання, що зелене будівництво відіграє ключову роль у відновленні навколишнього середовища в районах, де зростання міста призводить до значного погіршення міського клімату та збільшення енергоспоживання будівель. До недавнього часу переваги такої технології мали більш якісний, ніж кількісний характер, і їх порівнювали з перевагами рослинних покривів.

Протягом останнього десятиліття велика кількість досліджень у багатьох різних наукових галузях дала важливі знання щодо фактичної ефективності цієї зеленої технології та зуміла кількісно оцінити її ефективність за допомогою математичного або експериментального підходу. Нещодавно було представлено низку комп'ютерних моделей, які, як очікується, більше сприятимуть впровадженню цієї технології.

Надалі у роботі як один з методів «зеленого» будівництва буде розглядатись зелена покрівля

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

## 1.2 «Зелена покрівля» як елемент зеленого будівництва

Зелені або посадкові дахи - це тип конструкції даху, який у найпростішому вигляді існує тисячі років у багатьох різних регіонах світу. Їх роль у покращенні внутрішніх умов комфорту була головною перевагою при влаштуванні такого типу даху в часи, коли природні матеріали були єдиним доступним видом будівельної тканини. У холодному кліматі вони сприяли теплоізоляції даху, тоді як у теплому кліматі вони захищали покрівлю від перегріву через збільшення сонячного впливу влітку

Хоча залежність від клімату, все ще є однією з причин встановлення зелених дахів, їх роль як міських екосистем була розширена, включивши інші важливі характеристики, які в багатьох випадках здаються більш цінними, ніж покращення теплового комфорту, наприклад, їх екологічні переваги. Донедавна численні переваги зелених дахів мали якісний, а не кількісний характер, оскільки наукові дослідження в цій галузі були дуже обмеженими. У більшості випадків існування рослин на вершині будівлі розглядалося як екологічно безпечне будівництво із загальним позитивним внеском у енергоефективність будівлі.

Для більшості вчених-будівельників додатковий шар ґрунту на верхній частині даху вважався просто додатковим шаром ізоляції, який в гіршому випадку не міг збільшити теплові втрати взимку і затінював традиційні будівельні шари влітку, забезпечуючи захист від перегріву завдяки сонячній радіації. Для екологів переваги такої конструкції розглядалися як подібні до всіх переваг, які може запропонувати рослинність. Протягом останніх кількох років було проведено та триває чимало досліджень зелених дахів. Література повідомляє про відносно велику кількість експериментів та комп'ютерних моделей, які мають на меті дослідити поведінку зелених дахів як інтегрованої будівлі чи екологічної системи. У той же період у багатьох містах світу було побудовано різноманітні типи зелених дахів, що дало можливість контролювати їх поведінку в реальних умовах та оцінювати їх поведінку в порівнянні зі

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

12

звичайними конструкціями даху. Нещодавно висновки таких досліджень почали набувати форми керівних принципів та політики у багатьох містах з метою найбільш ефективного сприяння експлуатації зелених дахів

Енергоефективні технології в будівництві мають комплексний характер і передбачають утеплення стін, енергоефективну покрівлю, фарби, склопакети, енергоощадні системи обігріву та охолодження приміщень [3]. Сьогодні енергоефективності покрівлі досягають не лише із застосуванням будівельних і оздоблювальних матеріалів, але і за допомогою озеленення. Одним з перспективних напрямків енергоефективності є улаштування зелених покрівель. [4]

### **1.2.1 Типи «зеленої» покрівлі.**

Хоча в наш час можна знайти цілі комерційні системи зелених дахів із специфічними властивостями конструкції та шарів ґрунту і рослинності, типова система зелених дахів далеко не є стандартним будівельним елементом щодо використовуваних матеріалів, характеристик шарів та вибору відповідної рослинності. Це є однією з причин відносно широкого діапазону ефективності (з точки зору як енергетичних, так і екологічних показників) зелених дахів, про які повідомляється в літературі, оскільки додаткові шари та рослинність, які покривають дах, у більшості випадків мають дуже мало подібності в кожній досліджуваній комп'ютерній моделі або експерименті.

Типовий зелений дах складається з легкої ґрунтосуміші та дренажного шару. Тканинний фільтр утримує ці шари розділеними, а спеціальний шар під дренажем захищає підстилаючу структуру від коренів рослинності (рис. 1.1). Щоб запобігти витоку води, потрібна якісна гідроізоляція. Висота кожного шару залежить від вимог обраної рослинності. Роль дренажного шару може полягати лише у контролі вологості ґрунту та забезпеченні належного дренажу, оскільки в багатьох випадках насичений ґрунт назавжди пошкодить коріння. У деяких типах зелених дахів дренажний шар призначений для утримання дощової або

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

13

зрошувальної води, щоб підтримувати ґрунтову суміш вологою, створюючи середовище, придатне для вимогливої до води рослинності.

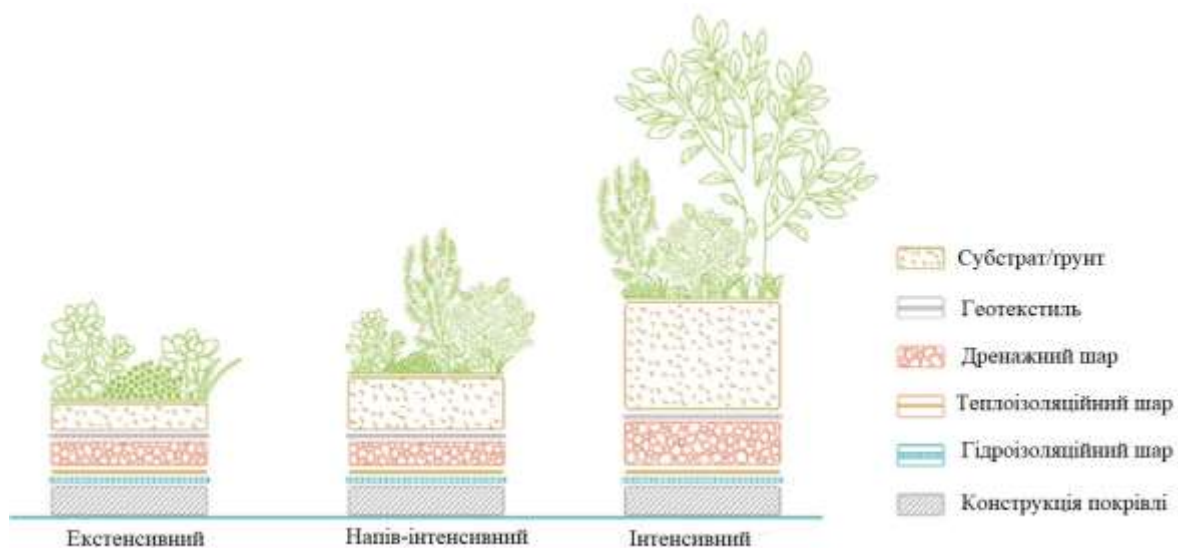


Рисунок 1.1 – Типи і шари конструкції «зеленої» покрівлі

Що стосується будівельних властивостей, висоти шарів та вимог до утримання садів на даху, в основному повідомляється про дві основні категорії: екстенсивні та інтенсивні зелені дахи (Dunnett and Kingsbury, 2004). Однак межі між цими категоріями не завжди чіткі. Німецьке товариство досліджень ландшафтного розвитку (FLL) виділяє додаткову категорію, тобто напів-інтенсивні зелені дахи (рис.1.1):

а) Екстенсивна «зелена» покрівля.

Екстенсивний зелений дах призначений для тимчасового використання і фактично не призначений для ходіння по ньому. Ходити по такій покрівлі можна тільки в певних відведених для цього місцях. Товщина шару ґрунту - не більше 0,07 - 0,15 м, що дозволяє висаджувати тільки невеликі рослини. На такий дах зазвичай висаджують газонні рослини і мохи в спеціальних ємностях або піддонах. Рослини повинні мати горизонтальну кореневу систему (мичкувату або цибулинну). Середня вартість екстенсивної зеленої покрівлі становить приблизно 29 - 35 €/м<sup>2</sup>.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510215	Арк
						14

Після зростання така зелена поверхня потребує найбільш простого догляду: їй необхідно тільки стригти і чистити від бур'янів. У числі переваг такої покрівлі: низька вартість, відносно невелика вага і простота висадки рослин.

Ґрунтова суміш складається з гравію, органічних речовин, керамзиту, торфу, піску і має товщину покрівлі від 5 до 15 см. З рослин застосовуються ґрунтопокривні, яким не страшні посухи і коливання температур. Рослини інших видів висаджують в окремі ємкості і розставляють в різних місцях такої покрівлі, якщо є таке бажання і якщо дах може витримати таке навантаження. Навантаження від екстенсивної зеленої покрівлі в водонасиченому стані становить 80 - 100 кг/м<sup>2</sup>.

б) Інтенсивна «зелена» покрівля.

Інтенсивна зелена покрівля (інверсійна) - це вид покрівлі, конструкція якої дозволяє облаштувати на покрівлі не тільки газон, але і цілий сад з деревами, кущами і навіть з басейном і фонтаном. Інтенсивний зелений дах повинен мати парапет висотою не менше 1,2 м, а шар ґрунту - 0,2 - 0,6 м.

Зазвичай інтенсивна зелена покрівля влаштовується на громадських будівлях, де розташовуються бізнес-центр, готель, ресторан, санаторії, лікарні і т.д. Значна товщина ґрунту і інших елементів інтенсивної зеленої покрівлі (басейни, фонтани, лавки, дерева і т.д.) істотно збільшує навантаження на несучі елементи покриття будівлі. Тому, конструкцію інтенсивної зеленої покрівлі передбачають на стадії проектування. В іншому випадку слід ретельно прорахувати допустиме навантаження від зеленої покрівлі, яку зможе витримати несуча конструкція будівлі.

Головна перевага - можливість створення унікального дизайну на даху, але є певні нюанси:

- даний проект повинен бути закладений в конструкцію будинку на етапі проекту з використанням професійних розрахунків;
- підтримання належного вигляду вимагає регулярного обслуговування.

Інв. № по оди.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

15



Сучасні матеріали дозволяють виконувати якісне та швидке озеленення дахів самостійно. В якості теплоізоляції може бути використано піноскло, пінополістирол, поліуретан, яка укладається на плиту перекриття з пароізоляцією. Для гідроізоляції застосовують спеціальні мембрани з захистом від проникнення коренів. Дренаж у вигляді гравію дозволяє відвести надлишки вологи, у вигляді фільтра між ґрунтом і нижніми шарами застосовуються геотекстильні матеріали.

в) Напів-інтенсивні зелені покрівлі.

Напів-інтенсивні зелені покрівлі не відносять до окремої категорії зелених покривель, але вони існують як окреме явище, оскільки потрапляють у проміжну категорію між екстенсивними та інтенсивними зеленими даховими системами. У випадку вибору такої покрівлі слід очікувати збільшення витрат на обслуговування, більших витрат на встановлення та більшої ваги конструкції у порівнянні з екстенсивною поверхнею. Але, більш глибокий рівень основи субстрату дає більше можливостей для дизайну; різні трави, трав'янисті багаторічні рослини та чагарники, такі як лаванда, можна висаджувати, а стосовно дерев – конструкцію потрібно прораховувати на початку проектування будівлі. Порівняльна характеристика видів зелених покривель наведена у табл. 1.2.

Інв.№позид.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									16
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Таблиця 1.2 – Порівняльні характеристики «зелених» поверхонь

Характеристики поверхні	Екстенсивна поверхня	Напів-інтенсивна поверхня	Інтенсивна поверхня
Глибина матеріалу	150 мм або менше	Може бути і вище і нижче 150 мм	Більше 150 мм
Пересування по поверхні	Не завжди доступно	Частково доступна	Зазвичай доступна
Кількість рослин для насадження	Низька	Середня	Найбільша
Видова різноманітність рослин	Мох, седум, газон, трава	Мох, седум, газон, трава, чагарники, невеликі дерева	Мох, седум, газон, трава, багаторічні рослини, чагарники, дерева
Призначення зеленої покрівлі	Екологічний, захиний шар покрівлі	Спроектований зелений дах	Використовується як сад, ділянка для відпочинку
Ціна на встановлення покрівлі	Низька	Середня	Найдорожча
Питома вага після встановлення	Низька: 70-170 кг/м <sup>2</sup>	Середня: 170-290 кг/м <sup>2</sup>	Найвища: 290-940 кг/м <sup>2</sup>

Є безліч переваг, притаманних «зеленим» покрівлям, кожна з яких буде розглянута далі більш детально, а саме [5] [6]:

- Зменшення зливових стоків;
- Адсорбція забруднюючих повітря речовин і пилу;

Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№подл.
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	

- Зниження міського ефекту теплового острова;
- Надання місця існування для біоти;
- Захист будівель від коливань освітленості і температури, і тому продовження терміну служби даху;
- Надання додаткової теплоізоляції і, отже, зменшення витрат на опалення та охолодження будівлі;
- Створення додаткового житлового простору в перенаселених міських районах. [5]

*Захист від сонячного випромінювання, включаючи УФ:* зелені дахи, використовуючи відбиваючі властивості рослинності і субстрату, захищають конструкцію покрівлі від шкідливого впливу сонячного випромінювання, в тому числі ультрафіолетових променів, температурних коливань і електромагнітного випромінювання, продовжуючи її життєвий цикл (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Схематичне зображення переваг «зеленої» покрівлі

*Залучення птахів і комах:* зелені насадження на даху привертають увагу метеликів, птахів та інших дрібних тварин, розширюючи їх біотоп і сприяючи

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв. № докл.	Інв. № докл.
Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №
Інв. № докл.	Інв. № докл.

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510215	Арк
						18

підтримці в міських кварталах достатнього біорізноманіття. Крім того вони дозволяють таким чином зберігати різноманіття природи навіть в мегаполісах.

*П'ятий фасад:* зелені дахи можна вважати п'ятим фасадом, оскільки своєю красою вони привертають більше уваги, ніж основні фасади будівель. Вони естетичні, привабливі, покращують зовнішній вигляд району та міста в цілому, а їх екологічний ефект не викликає сумнівів.

*Глобальне потепління:* в останні роки в біосфері спостерігається процес глобального потепління, пов'язаний зі збільшенням в атмосфері концентрації парникових газів. Основним парниковим газом є вуглекислий газ, що утворюється при згоранні палива і у величезних кількостях викидається в атмосферу. Крім нього парниковим ефектом володіють метан, за викиди якого несе головну відповідальність, сільське господарство, і окис азоту, так званий «звеселяючий газ». Зелені дахи можуть внести свій вклад у порятунок людства від глобального потепління і його наслідків, оскільки їх рослинність в процесі фотосинтезу знижує кількість вуглекислого газу, поглинаючи його з використанням сонячної енергії та виділяючи в атмосферу кисень, необхідний всьому живому. Крім цього рослини на даху очищають повітря і від інших забруднень, а також звожують його, покращуючи якість міської атмосфери, тому, чим більшою буде кількість таких дахів у місті, тим легше буде там жити. (рис. 1.2)

Звісно, говорячи про впровадження такого покриття, не слід забувати і про недоліки «зелених» дахів. До них відносяться:

- Висока вартість покрівлі.
- Складна конструкція покрівлі.
- Неякісна установка зеленої покрівлі може призвести до протікання і інтенсивного руйнування будівлі.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

19

### 1.3 Зарубіжний досвід встановлення «зелених» покрівель

Дефіцит вільних територій і погіршення екологічної обстановки у містах змушують по-новому поглянути на проблему озеленення будівель в цілому і «зеленого» будівництва взагалі, які крім додаткового більш органічного простору і естетичного вигляду будівель дають цілий ряд екологічних переваг.

В першу чергу, озеленення дахів покращує якість атмосферного повітря, суттєво знижуючи рівень загазованості, оскільки зелені рослини виділяють кисень і поглинають вуглекислий газ, а також адсорбують забруднюючі повітря речовини і пил.

На атмосферу міста впливають не тільки автомобілі, що викидають в повітря продукти згорання палива, які містять велику кількість токсичних речовин, але і дахи будівель, покриті бітумними матеріалами. У літню пору цей покрівельний матеріал крім тепла виділяє досить багато токсичних випарів, але озеленення допомагає знижувати такі негативні ефекти, в результаті чого не тільки повітря стає чистішим, а й температура в місті знижується. На стандартних дахах влітку достатньо спекотно, і температура там може піднятися вище 50 °С, але наявність рослин, які забезпечують утримання рівня вологи, дозволяє за рахунок цього знизити температуру повітря, приблизно, до 35 °С. Відповідно, знижується температура і в приміщеннях, розташованих безпосередньо під дахом, роблячи перебування там більш комфортним і забезпечуючи економію електроенергії за рахунок зниження потреби в кондиціонуванні повітря.

Знижуючи влітку неминучу спеку в приміщеннях верхніх поверхів, озеленений дах володіє також теплоізоляційними, що не дасть стелі промерзнути взимку, незважаючи на низькі температури. При цьому, озеленена стеля матиме ще й гарну звукоізоляцію, знижуючи рівень шуму в приміщеннях, приблизно, до 40 децибел.

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № по одд.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Під «зеленим хутром» температура на даху буде не дуже низькою - це, свого роду, ізоляція даху, яка продовжує термін її служби і, відповідно, знижує витрати електроенергії на опалення. [7]

В кінці 1980-х зливові скиди були визнані важливим джерелом забруднення. У 1992 в США міські стоки були визнані другим за значимістю джерелом погіршення якості води в озерах і естуаріях і третім за величиною джерелом погіршення якості води в струмках і річках. Основні джерела забруднення включали міський стік, зливову каналізацію та не точкові джерела, в тому числі атмосферні опади, забруднені донні відкладення і види землекористування, які генерують забруднений стік, наприклад, будівництво і сільське господарство.

Іншими причинами забруднення від не точкових джерел є атмосферні опади, місцеві забруднення і природні джерела. Забруднюючі речовини, знайдені в зливових стоках істотно відрізнялися за складом, починаючи від пестицидів і добрив і закінчуючи маслами і нафтопродуктами, будівельною хімією, солями і відкладеннями. Викликають питання дві пов'язаних з зливовим забрудненням обставини: високі рівні накопичення поживних речовин і високі пікові витрати. Збільшення площі непроникних поверхонь, що відбувається в результаті урбанізації, збільшує також обсяг і швидкість міських зливових стоків. Високі пікові витрати від інтенсивних дощів призводять до збільшення швидкості потоку, який може розмивати русла річок і збільшувати ерозію берегів.

Однією з причин забруднення, пов'язаних з зливовими опадами є переповнення комбінованих каналізаційних систем. У багатьох новозбудованих містах є роздільні санітарні та зливові каналізаційні лінії; проте в більш старих містах, таких як Нью Йорк, все ще є райони, які обслуговуються комбінованою загальнопов'язаною системою каналізації. [8] Комбіновані системи каналізації зазвичай не викликають екологічних проблем для місцевих водотоків, але під час інтенсивних злив витрата води в таких системах може перевищувати ємність

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

21

очисних споруд [9];[10], і в результаті їх переповнення необроблені відходи життєдіяльності людини потрапляють до водного середовища.

Збільшення пікових витрат є результатом збільшення зливого стоку внаслідок урбанізації. Седиментаційне навантаження і пікові потоки зменшуються при здійсненні заходів по обробці зливових стоків, що призводить до зниження вмісту зважених речовин в поверхневих водах. У той час як проникні тротуари можуть перетворити раніше непроникні міські площі в проникні зони, зелені дахи можуть також, по суті, зробити те ж саме для стель. За рахунок невеликого по глибині шару ґрунту або субстрату, як правило, менше 15 см, екстенсивні зелені дахи можуть утримувати значну частину дощових опадів, зменшуючи таким чином обсяг зливових стоків з раніше непроникною площею дахів. Екстенсивні зелені дахи також діють подібно проникному дорожньому покриттю тому, що ґрунт дуже пористий матеріал і після того, як він насичується опадами, вода що протікає крізь нього утворює стік з даху будівлі.

Багато держав і міські муніципалітети почали розробляти зливі програми, зосереджуючи увагу на конкретних аспектах, які потребують додаткової уваги. наприклад, якщо стік з дахів успішно відключити і направити на проникну поверхню, то площу дахів можна буде відняти з площі непроникної поверхні об'єкта, в результаті чого зменшиться обсягу стоку, який обліковується розробниками об'єкта.

Грант і співавтори описують різні способи відтворення природного середовища існування на вершині даху, включаючи природну колонізацію і використання дернових килимових покриттів. Такий проект може слугувати будинком для багатьох видів жуків, комах і птахів. [11];[5] У Швейцарії досліджували кількість павуків і жуків на зелених дахах. Ці дослідження показали, що зелені дахи, що відрізняються за видовим складом і за щільністю посадки рослин, містять велику різноманіття видів павуків, жуків і птахів.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№доубл.	Взаєм.інв.№
Підп. і дата	Інв.№пооди.

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

22

У своїх дослідженнях Бреннейсен [11] порівняв зелений дах, як штучно створену екосистему з природним середовищем існування видів, який було знайдено на рівні землі і який містить подібну до зеленого даху рослинність; він встановив, що присутні в кожному середовищі проживання види жуків і павуків помітно не відрізнялися. Це вказує на те, що зелені дахи можуть адекватно відтворювати природне середовище проживання. Дослідження, проведені в Швейцарії, показали також присутність на зелених дахах багатьох видів птахів, які перебували там в пошуках їжі. [11]

Переваги стосовно скорочення споживання енергії: шар ґрунту і рослини на даху забезпечують додатковий ізолюючий шар до вже наявної в конструкції покрівлі ізоляції. Цей додатковий шар ізоляції допомагає знизити рівні опалення і охолодження будівлі а, отже, забезпечує економію енергії. [8];[5]

Дослідники сподіваються представити докази цієї вигоди зелених дахів: скорочення використання енергії. Канадці Лю і Баскаран [12], провели польові дослідження в Оттаві, і встановили, що потреба в енергії, яка необхідна для кондиціонування приміщень, завдяки теплоізоляційному ефекту зеленого даху знизилася більш ніж на 75%. Дослідження, в ході яких порівнювалися екстенсивний і звичайний дах, показують рівні зниження енергії від 6,0-7,5 кВтг/день для звичайного даху і до менш ніж 1,5 кВтг/день для зеленого даху. [12];[9]. Обидва типи даху в експерименті були однакового розміру з площею поверхні 72 м<sup>2</sup>. [12]

*Теплові переваги:* у міських умовах життя, коли величезна кількість автомобілів «викидає» в повітря продукти використання палива, а, саме, вихлопні гази, коли з кожним днем зростає кількість кондиціонерів температура в місті стає, приблизно, на п'ять градусів вище температури навколишнього середовища. Якщо при цьому 20% дахів в місті - «зелені», то вони сприяють поліпшенню якості повітря і зниженню загального рівня тепла в місті, приблизно, на три градуси, що дозволяє знову ж таки скоротити витрати на охолодження приміщень.

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№доудбл.	Інв.№поодл.
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

23



У всьому світі міста продовжують розширюватися і міський ефект теплового острова чинить все більш значний вплив на життя міського населення. Міський ефект теплового острова являє собою явище, де температура навколишнього середовища в межах міських районів буде вищою, ніж в приміських районах. Це явище було досить добре вивчено; в містах температура вночі на 7 °С вища, а вдень на 3 °С вища, ніж в їх приміських районах. [8] Наприклад, теплові інфрачервоні фотографії НАСА показали, що температура в центрі міста Атланта, штат Джорджія, часто на 6 °С вища, ніж в оточуючих його районах. [13] Міський ефект теплового острова обумовлений наявністю більшої кількості поглинаючих тепло матеріалів, таких як асфальт, що покриває ґрунт практично в усіх районах міста. Такі матеріали поглинають тепло, а не відбивають, як це робить рослинний покрив. В результаті міські райони утримують тепло довше і температура навколишнього середовища там буде вищою, ніж в сільській місцевості. [8] Іншими негативними наслідками міського ефекту теплового острова є збільшення попиту на енергію в результаті підвищення температури, збільшення утворення озону, пов'язані з тепловим стресом захворювання і емісія вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин у зв'язку зі збільшенням виробництва енергії. [14];[13]

Прихильники зелених дахів сподіваються, що зелені покрівлі можуть зменшити міський ефект теплового острова в разі їх поширення в широких масштабах по всьому місту. Дослідження проведені в Оттаві, Канада, показали, що у той час як температура на звичайному даху досягла 55 °С, типовий екстенсивний зелений дах підтримував температуру близько 21 °С. [12];[9]

Лю і Баскаран [12] також зазначають, що зелений дах знижує коливання температури на даху протягом дня. У цьому канадському дослідженні повідомляється, що щоденні коливання температури на звичайному даху у весняні та літні місяці становили в середньому 45 °С, а на еквівалентному зеленому - всього 6 °С. [12] Зелений дах площею 2 044 м<sup>2</sup> на будівлі мерії в Чикаго було впроваджено, щоб порівняти температури на однакових за площею

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

24

ділянках даху мерії з твердою водонепроникною поверхнею, засаджених ділянках даху мерії, і асфальтового даху сусідньої адміністративної будівлі. Вимірювання, виконані 9 серпня 2001 р інфрачервоним термометром на даху, показали наступні температури: 52 – 54 °С для твердої водонепроникної поверхні, 33 – 48 °С для засадженої рослинами поверхні і 76 °С для асфальтового покриття. [15] У тому ж місяці температура навколишнього повітря над зеленим дахом мерії була приблизно 42 °С, а температура повітря над сусідньою адміністративною будівлею становила 46 °С. [15] Більш різких відмінностей в температурі повітря над цими дахами не спостерігалось, оскільки не вся поверхня зеленого даху мерії була в цей час покрита рослинністю. Цей інтенсивний зелений дах був прикрашений двома невеликими деревами і великою кількістю маленьких доріжок, що перетинали посадки рослин, тому рослинність не покривала всієї площі поверхні даху. Ці факти вказують на можливість зниження температури поверхні даху і температури навколишнього середовища, яке можна забезпечити шляхом впровадження на даху «зеленої» покрівлі, причому більш значне зниження температури може спостерігатися при більш щільній посадці рослинності.

У дослідженні, проведеному в Університеті штату Пенсільванія, порівнювалася температура трьох типових екстенсивних зелених дахів площею 4,5 м<sup>2</sup> та трьох звичайних дахів тієї ж площі. Денардо [16] повідомляє, що максимальні температури зеленого даху були значно нижчі за максимальні показники температур звичайних дахів протягом всіх місяців спостереження. Відмінності між цими двома типами даху становили 31 °С в червні і 4°С в грудні. Зниження температури в кліматі Пенсільванії було значно більше в літні місяці, ніж у зимовий період. Як і в канадському дослідженні, виконаному Лю і Баскараном [12], дослідники з ПГУ відзначили, що щоденні коливання температури в червні на зеленому даху були на 41°С менше ніж на звичайному даху. [16]

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

25

Затримка води і зливові переваги: однією з найбільш помітних переваг зелених дахів є збереження дощової води, яке забезпечує грунт і рослинність; це найбільш досліджена потенційна перевага впровадження зелених дахів на сьогоднішній день. Звичайний дах практично не зберігає дощову воду, проте на плоских дахах може зберігатися приблизно до 5 мм води. Оподи майже відразу ж стікають по даху, потрапляють в систему зливової каналізації і стік прямує до найближчого водоприймача. Ці швидко рухомі дощові стоки з дахів в міських районах збільшують шанси паводків під час інтенсивних дощів. У старих містах, де діють об'єднані системи каналізації, такі швидкі повені можуть призвести до переповнення каналізаційних систем і потрапляння необроблених комунально-побутових стічних вод в навколишні водотоки.

З огляду на цю небезпеку, існуючі програми управління зливовими стоками вимагають скорочення обсягів та інтенсивності зливових стоків, що надходять в міські каналізаційні системи. [10] Зелені дахи, у свою чергу, є потенційним вирішенням цієї проблеми. У той час як дослідження зелених дахів в Німеччині тривають з 1975 року, і за цей час було опубліковано понад 950 звітів про екстенсивні зелені дахи, лише деякі з них були перекладені на англійську мову. [17] Одним з лідерів у німецьких дослідженнях переваг зелених дахів є д-р Ханс-Йоахім Ліске (Dr. HansJoachim Liesecke). [17-19] Про загальну інтенсивності опадів для цих років не повідомлялося, і в кліматичних районах з більш високою інтенсивністю опадів має місце бути більший стік. Це німецьке дослідження надало німецьким компаніям свого роду загальні галузеві стандарти щорічного утримання води зеленими дахами. Наприклад, річна затримка води для зелених дахів з 2% ухилом і глибиною ґрунтового шару 20-40 мм становить 40-45%, при глибині ґрунтового шару 60-80 мм - 50-55%, а з глибиною ґрунту 100-120 мм складає 55-60%. [19]

Ліске також навів результати, що показують здатність зелених дахів зменшувати піковий зливовий стік з дахів. В іншому дослідженні, проведеному в Німеччині, стік зі звичайною даху, покритого гравієм, порівнювався зі стоком

Інв. № опод.	Підп. і дата
	Взаєм. інв. №
	Інв. № дубл.
	Підп. і дата

з екстенсивного зеленого даху при товщині ґрунту 40 мм. Через 15 хвилин після початку опадів стік зі звичайною даху склав 20 мм з 27 мм загальної кількості опадів і тільки 0,043 мм з зеленого даху. [19] У той час як зі звичайних дахів стікає 74% від загальної кількості опадів, з зелених дахів за той же час стікає тільки 16%; решта стоку з зеленого даху буде або збережена для використання рослинністю або повільно випарується. Це переконливо показує можливість зниження пікового стоку за допомогою зелених дахів.

Дослідження, проведені в Університеті штату Мічиган показали, що 66% опадів було утримано екстенсивним зеленим дахом з глибиною ґрунту 127 мм, дослідження на якому проводились протягом 24 злив. [20]; [21] Роу і ін. [21] також відзначили, що зелений дах зменшує піковий стік і затримує загальний стік з даху. Дослідження в Університеті штату Мічиган проводилися на зелених дахах, побудованих на 2% і 6,5% схилах; на кожному схилі були тераси з глибиною ґрунту в 25 мм, 40 мм і 60 мм. Ці дослідження показали, що, як і очікувалося, невеликі глибини субстрату і більш круті схили даху призводять до збільшення стоку з зелених дахів. [21] Наприклад, тераси на схилі 6,5% затримували 72% і 69% опадів при глибині ґрунту відповідно 60 мм і 40 мм. [21] Крім того, при постійній глибині 40 мм тераса з ухилом 6,5% утримувала 69% опадів, а з ухилом 2% утримувала 74%. [21]

Шейді [22] повідомив про проведені в Німеччині дослідження стоку з тонкошарових екстенсивних зелених дахів з різними ухилами, аж до 30°, в яких збільшення ухилу даху призводило до збільшення кількості стоків за менший час, ніж у більш плоских дахів, тобто до зростання швидкості стоку. Якщо в сезон дощів, опадів випадає достатня кількість, то можна зберегти цю воду для зрошення зелених насаджень і використовувати протягом усього літа.

Вартість зеленої покрівлі в порівнянні з вартістю звичайного даху буде, звичайно, вищою, але, завдяки її численним перевагам, додаткові витрати досить швидко окупляються в результаті зниження витрат на опалення та охолодження,

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № пооди.	

ТС 19510215

Арк

27

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

економії і накопичення води, а також зменшення витрат на експлуатацію самої покрівлі, так як служити вона буде значно довше.

Зараз зелені дахи є декоративними об'єктами, але їх можна зробити продуктивними в прямому сенсі цього слова і садити там харчові культури, придатні для їжі. В Японії, наприклад, завод з виробництва рисової горілки «саке» вже запропонував вирощувати на своєму даху рис, з якого він буде потім виробляти цей напій.

Теодор Осмундсон [8] провів масштабне дослідження будівництва зелених дахів в Північній Америці, Європі та Азії. Дослідження показало, що різке збільшення масштабів будівництва зелених дахів по всій Німеччині протягом останніх кількох років можна пояснити особливими фінансовими стимулами, які пропонують багато міст країни. Уже сорок три відсотки німецьких міст пропонують різні фінансові стимули для озеленення дахів, а такі міста, як Берлін, Карлсруе і Штутгарт надають фінансову підтримку для створення садів на даху, що становить від 25 до 100% вартості об'єкта. [8]

Наслідуючи приклад Німеччини, кілька міст в Сполучених Штатах почали пропонувати стимули для реалізації зелених дахів. Наприклад, в 1970р. у місті Портленд встановили плату за зливовий стік, що відводиться з водонепроникних поверхонь. Тепер, завдяки здатності зелених дахів утримувати опади, з'явилась можливість зниження зборів коштів за зливовий стік для будівель із зеленими дахами. При цьому місто пропонує за зелені дахи також інші бонуси на додаток до зниження зливових зборів.

Існуючі в Північній Кароліні правила вимагають обов'язкової участі місцевих органів влади в розробці та реалізації зливових програм з метою поліпшення якості води в басейнах річок. Відповідно до цих правил, міські та повітові управи несуть відповідальність за реалізацію програм щодо поліпшення якості міських зливових і сільськогосподарських стоків. Розвиток програм передбачає поряд зі спеціальними ставками-відстійниками, водно-болотними угіддями і біорегулюючими районами, створення проникних покриттів і зелених

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк  
28

дахів. У щільно забудованих міських районах і районах з високою вартістю землі будівництво зелених дахів є тією новою можливістю, яка дозволить раціонально використовувати тисячі квадратних метрів на дахах будинків, доступних в міських умовах. Численні переваги, пов’язані з впровадженням зелених дахів, включають відтворення середовищ існування диких тварин, створення в перенаселених міських районах більшого життєвого простору, зменшення міського ефекту теплового острова, економію енергії і ослаблення зливових стоків. Три головні переваги, які були відзначені в ряді досліджень ефективності таких дахів - це теплові та енергетичні вигоди «зеленої» покрівлі і збереження нею води. [7]

Через зниження температури навколишнього середовища над зеленими дахами можна знизити міський ефект теплового острова. Дослідження в Оттаві, Канада продемонстрували зниження температури на даху; коли температура навколишнього середовища досягла 35 °С, температура на контрольній ділянці даху досягла 70 °С, а на зеленому даху температура залишалася рівною 25 °С. [9]

Досить численні дослідження зелених дахів, виконані за кордоном, допомагають визначити приблизну здатність утримувати воду зеленими дахами при різній глибині ґрунту. Однак, ці дані через кліматичні відмінності не можуть бути безпосередньо застосовані на території Сум без додаткової перевірки. На жаль, подібних досліджень, проведених в нашому місті, немає до сих пір, так само як немає і конкретних рекомендацій з будівництва зелених дахів в Сумах і вибору оптимальних конструктивних параметрів на стадії проектування. Вибір рослин також є важливим фактором у проектуванні зелених дахів, але в даний час немає ніяких чітких правил, які б вказували на те, які саме види рослин могли б успішно проростати у кліматичних умовах м. Суми, і саме на розгляд і відповідь на це питання спрямована дана кваліфікаційна робота.

Підп. і дата	
Інв.№подд.	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

## 1.4 Висновки за розділом

1. Облаштування зелених покрівель може вирішити актуальні в зв'язку з пандемією проблеми. Дахи будівель можуть стати новим напівприватним і безпечним простором для відпочинку, занять спортом і прогулянок на свіжому повітрі.
2. Озеленення покрівель сприяє вирішенню екологічних та інфраструктурних проблем міста. У комплексі з іншими заходами воно допомагає поліпшити якість повітря і води, забезпечити захист від підтоплень та мінімізувати негативні наслідки ефекту «теплового острова». Цей проект залишиться актуальним для міст і після завершення пандемії.
3. Зелені покрівлі можуть зробити місто більш стійким до криз і самодостатнім. При впровадженні такого проєкту з'явиться використовувати дахи для вирощування овочів, фруктів і трав в межах міста, що скорочує логістичні ланцюжки поставок продуктів і готує місто до різноманітних катаклізмів.
4. Зелені покрівлі відповідають сучасним трендам і пріоритетам розвитку суспільства і міст. У тому числі вони сприяють поліпшенню як фізичного, так і ментального здоров'я городян. [23]
5. Зелені покрівлі дозволяють економити як міські кошти, так і кошти користувачів, а також сприяють розвитку міської економіки.
6. При дотриманні правил облаштування і регулярного догляду зелена покрівля буде правильно функціонувати і переживе будь-які кліматичні умови.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

30

## РОЗДІЛ 2. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЛІ СУМСЬКОЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ І-ІІІ СТ. № 24

### 2.1 Інформація про об'єкт дослідження

Будівельна належність – комунальна установа.

Адреса будівлі: м. Суми, вул. Сергія Табали (Сєвера), 20.

Будинок складається із 5-ти корпусів (див. Додаток А). Головний фасад будівлі зорієнтовано на південно-західну сторону.

Технічні характеристики будинку:

- рік побудови 1990 р.;
- кількість поверхів: 1-3 корпуси в 4 поверхи, 4-5 корпуси в 3 поверхи;
- опалювальна площа 7188 м<sup>2</sup>;
- площа забудови 2397,04 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм будівлі 21382,34 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 24772,42 м<sup>3</sup>.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється централізовано від ТОВ «Сумитеплоенерго».

Подача холодної води до будівлі здійснюється КП «Міськводоканал».

Забезпечення електроенергією будівлі здійснюється ТОВ «ЕНЕРА СУМИ».

Об'єкт складається із 5-ти корпусів, 2 з яких 3-х поверхові, остача 4-х поверхові. Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 620 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином товщиною 15 мм та 15 мм відповідно та утеплювач, базальтова вата товщиною 100 мм.

Покриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити 220 мм, цементно-піщаний розчин 70 мм та покрита шаром руберойду 6 мм.

Підлога виконана у вигляді бетонної плити товщиною 220 мм, покритою цементно-піщаною стяжкою 40 мм.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

31



Світлопрозорі конструкції (вікна) навчального закладу мають металевопластиковий профіль. Вікна з ПВХ-профілем загальною площею 934,14 м<sup>2</sup>.

Двері навчального закладу металеві загальною площею 36,72 м<sup>2</sup>.

Будівля не має горища, технічного поверху. Має підвальне приміщення в якому розташований тепловий пункт та тир.

Навчальний заклад №24 має централізовану систему теплопостачання яке здійснюється на підставі договору з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1214 – Т618 від 18.02.2019 року, у якому теплоносієм являється гаряча вода. Система однотрубна з нижньою розводкою зі штучною циркуляцією теплоносія. Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів здійснене «зверху вниз». Тепло подається з ЦТП-25Х по трубопроводу до тепlopункту який знаходиться в корпусі 4. Опалювальні прилади - чавунні радіатори типу Аккорд, радіатори конвективного типу.

За договором відпуск теплоти до будівлі здійснюється за температурним графіком 60/50 °С. Температура в тепlopункті на подавальному трубопроводі – 56 °С, температура на зворотному трубопроводі – 48 °С.

У тепловому вузлі вводу будівлі встановлене наступне обладнання: запірні арматури – засувки діаметром 80 мм, лічильник теплової енергії на подавальному трубопроводі, теплообчислювач, сітчастий фільтр, фільтр-грязьовик, елеваторний вузол.

Інв. №поділ.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

## 2.2 Техніко-економічний аналіз споживання тепла

Для надання висновку про ефективність споживання теплової енергії на потреби опалення навчальним закладом, необхідно провести порівняння фактичних обсягів споживання тепла зі встановленими державними нормами.

Питома потреба ( $EP$ ) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [24];

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де  $Q_{оп}$  – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт · год;

$V_{буд}^{оп}$  – опалювальний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [25]:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (1.2)$$

де  $EP$  – питома річна енергопотреба будівлі, кВт · год/м<sup>3</sup>;

$EP_{max}$  – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт · год/м<sup>3</sup> [25].

Згідно наданих облікових даних по споживанню тепла навчальним закладом, фактичні питомі витрати тепла на опалення становлять:

- 2017 рік –  $Q_{оп} = 900275,20$  кВт · год;
- 2018 рік –  $Q_{оп} = 949564,20$  кВт · год;
- 2019 рік –  $Q_{оп} = 615027,79$  кВт · год.

Підп. і дата	
Інв. № доубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

33

Тоді значення питомих фактичних теплових втрат на опалення за опалювальний період:

- 2017 рік –  $EP = 42,10 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ ;
- 2018 рік –  $EP = 44,41 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ ;
- 2019 рік –  $EP = 28,76 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ .

Нормативна максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період,  $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ , що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку, для навчального закладу  $EP_{max} = 38 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$  [25].

Порівняння нормативної величини тепловитрат і дійсних тепловитрат показує, що будівля перевищувала нормативну вимогу, тепло споживалося у великій кількості. Завдяки заходам з енергозбереження, що були проведені в 2019 році навчальний заклад зменшив кількість споживаної теплової енергії та не перевищив допустиму норму. Тепловізійне обстеження навчального закладу та його енерготехнологічна схема знаходяться у Додатку Б і Додатку В відповідно.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									34
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

## 2.3 Розрахунок тепловтрат

Розрахунки проводяться за нормативними показниками температури всередині приміщення, зовнішнього повітря, кількості опалювальних днів та середнє значення температури за опалювальний період.

Значення температури всередині та зовнішньої температури повітря для навчальних закладів беремо згідно нормативних даних для м. Суми I температурної зони:

$$t_b = +21 \text{ }^\circ\text{C}, t_3 = -25 \text{ }^\circ\text{C} \quad [26].$$

Тепловтрати через стіни при їх дійсному стані за формулою (1.3), Вт:  
З урахуванням всіх світлопрозорих конструкцій та дверей площа стін

$$F_{\text{СТН}} = 2315,47 \text{ м}^2.$$

$$Q_{\text{СТН}} = \frac{F_{\text{СТН}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_b - t_3) \cdot n,$$

$$R_{\text{СТН}} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}, n = 1.$$

$$Q_{\text{СТН}} = \frac{2315,47}{3,65} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 29181,27 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через вікна при їх дійсному стані за формулою (1.3), Вт:

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{F_{\text{ВКН}}}{R_{\Sigma \text{ПР}}} \cdot (t_b - t_3) \cdot n,$$

$$F_{\text{ВКН}} = 874,79 \text{ м}^2, R_{\text{ВКН}} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

35

$$Q_{\text{вкн}} = \frac{934,14}{0,64} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 67141,31 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані за формулою (1.3):

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт,}$$

$$F_{\text{дв}} = 36,73 \text{ м}^2, R_{\text{дв}} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

$$Q_{\text{дв}} = \frac{36,73}{0,8} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 2111,97 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дах при їх дійсному стані за формулою (1.3):

$$Q_{\text{дах}} = \frac{F_{\text{дах}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт,}$$

$$F_{\text{дах}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{дах}} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

$$Q_{\text{дах}} = \frac{2397,04}{0,7} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 157519,80 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь підлогу при їх дійсному стані за формулою (1.3):

Оскільки підлога знаходиться над неопалювальним підвалом, беремо як температуру ґрунту  $t_{\text{пд}} = +6 \text{ °С}$ .

$$Q_{\text{дах}} = \frac{F_{\text{пдл}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт,}$$

$$F_{\text{пдл}} = 2397,04 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									36
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{2397,04}{0,35} \cdot (21 - 6) \cdot 1 = 102730,30 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинку за формулою (1.4):

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 29181,27 \cdot 0,13 = 3793,56 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 102730,3 = 5136,51 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою (1.5):

Для громадських будинків допустиме нормативне значення повітропроникності світлопрозорої огорожувальної конструкції

$$G_{\text{н.вкн}} = 6 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год.}$$

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 934,14 \cdot 1,005 \cdot (21 - (-25)) = 72551,30 \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (1.6):

За технічною документацією об'єм повітря, що механічно видаляється з приміщення  $V_{\text{м}} = 3000 \text{ м}^3/\text{год.}$

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 3000 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (21 - (-25)) = 50483,16 \text{ Вт.}$$

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									37
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

тепловтрати через кожен вид огороджувальної конструкції і наведемо їх у табл. 2.

Таблиця 2 – Структура теплових витрат будівельних конструкцій

Складова теплових витрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	29,18	5,95
Дах	157,52	32,10
Вікна	67,14	13,68
Двері	2,11	0,43
Інфільтрація	72,55	14,79
Підлога	102,73	20,94
Витяжна вентиляція	50,48	10,29
Інші додаткові витрати	8,93	1,82
Разом	490,65	100,00

Представимо теплові витрати у графічному вигляді на рис. 2



Рисунок 2 - Розподіл теплових витрат

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Інв. № пооди.				

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

З розрахованих даних видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через дах 32,1% та через підлогу 20,94%. Також, не завадить утеплити фасад приміщення. Темне забарвлення зовнішніх стін і дахів буде додатковим тепловим «джерелом», особливо у жаркому кліматі, внаслідок поглинання сонячного випромінювання. Це призводить до теплового забруднення міста протягом року. Для того щоб термореновація фасаду не зношувалася пропонується також озеленити і його, таким чином знизиться сонячний і механічний вплив на будівлю.

У ході виконання даної роботи було вирішено направити заходи озеленення безпосередньо на дах, як на найменш енергоефективну ділянку будівлі. Як шлях оптимізації теплових витрат пропонується впровадити на дах «зелену» покрівлю.

Інв.№позди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і лага
ТС 19510215				
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
				Арк
				39



### РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ЗА РАХУНОК ВЛАШТУВАННЯ «ЗЕЛЕНОГО ДАХУ»

#### 3.1 Методика розрахунку теплотехнічних характеристик покрівель

Основним фактором, який визначає втрати тепла в приміщеннях будівель, а відповідно до цього збільшує споживання енергії на їх опалення, є опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій – стін, покриттів, перекриттів, вікон, балконних і входних дверей. Опір теплопередачі огорожувальної конструкції – це величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, прямо пропорційно залежить від товщини будівельних матеріалів та обернено пропорційно залежить від теплопровідності будівельних матеріалів. Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначають за умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \text{ де:}$$

$R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції  $m^2 \cdot K / \text{Вт}$ .

Визначають згідно ДСТУ Б В.2.6 – 189 [27].

$R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції  $m^2 \cdot K / \text{Вт}$ . Згідно ДБН В.2.6 – 31 [28].

Опір теплопередачі термічно однорідної, непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} + \frac{1}{\alpha_{з}}, \text{ де}$$

$R_i$  – тепловий опір  $i$ -того шару конструкції в розрахункових умовах.

Інв. № по одд.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № оддубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									40
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

$\alpha_v$  та  $\alpha_z$  – розрахункові значення тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій. [27]

$\delta_i$  – товщина і-того шару конструкції в розрахункових умовах.

$\lambda_i$  – теплопровідність і-того шару конструкції в розрахункових умовах.

$n$  - кількість шарів огорожувальної конструкції.

### а) Розрахунок опору теплопередачі з використанням «зеленої» покрівлі.

Для зменшення навантаження на несучі елементи покрівлі, а також стіни було обрано легкий матеріал – базальтову вату щільністю 100 кг/м<sup>3</sup> з повітряним прошарком 60 мм (рекомендація виробника) та товщиною шару 100 мм.[29]

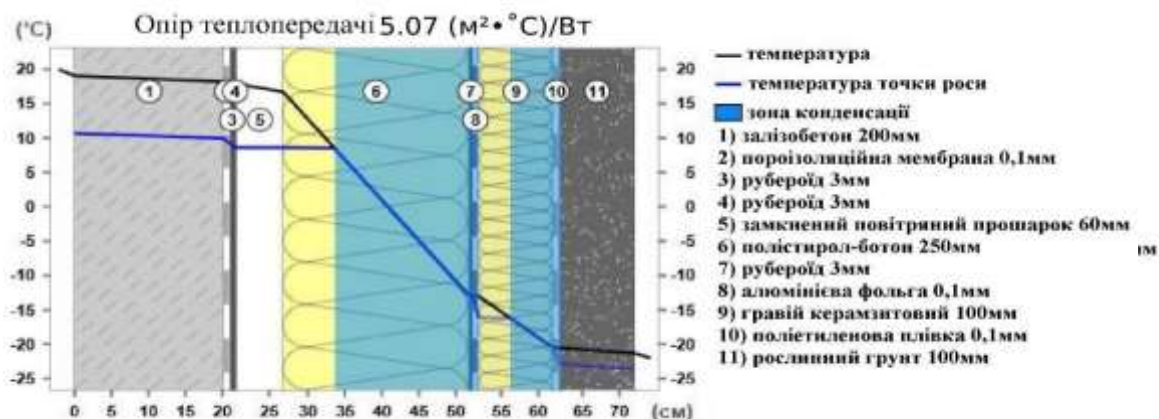


Рисунок 3.1 опір теплопередачі базальтової вати 100 мм з використанням зеленої покрівлі.

$R = 5.07 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , що задовольняє нормативним

вимогам:

$$R \geq R_{qmin} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 14,77 кВт·ч

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№пооди.

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

41

**б) Розрахунок опору теплопередачі без використання «зеленої» покрівлі.**

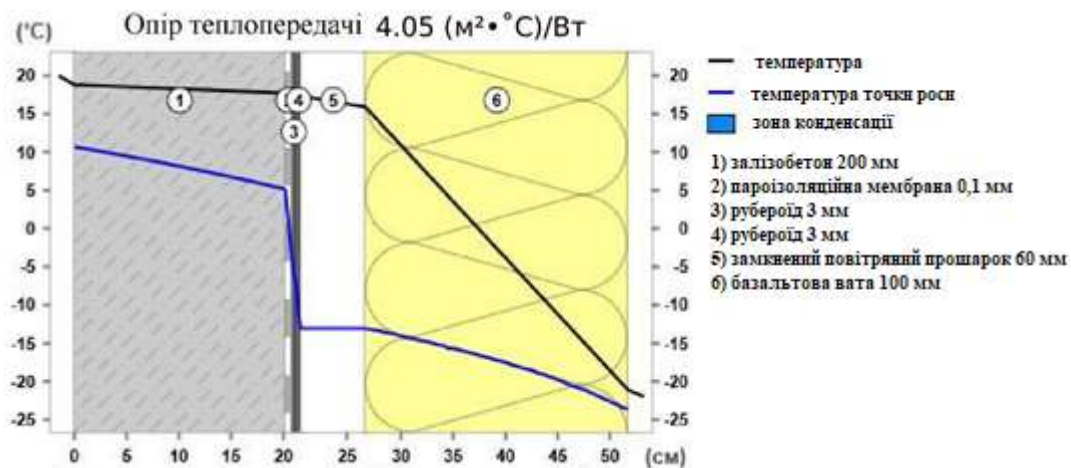


Рисунок 3.2 опір теплопередачі базальтової вати 100 мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 4.05 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , що не задовольняє нормативним вимогам: [30]

$$R \geq R_{qmin} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 19,00 кВт·ч

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв. №	
Інв. № доубл.	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

42

**в) Порівняння отриманих результатів розрахунків.**

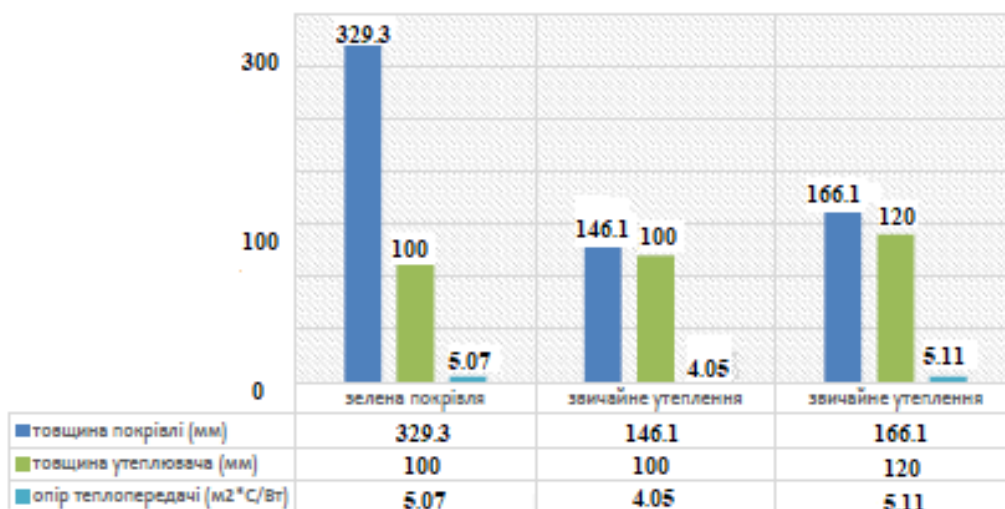


Рисунок 3.3 порівняння покрівель на утеплювачі з базальтової вати.

Дана діаграма покаже, що при приблизно однакових показниках опору теплопередачі, «зелена» покрівля на базі утеплювача з базальтової вати на 190 мм вища за покрівлі з іншими типами утеплювачів. Це значно ускладнює влаштування «зелених» покрівель на даному типі утеплювача. [31]

Показники втрат тепла при використанні «зелених» покрівель та при звичайному утепленні майже однакові, що дає змогу оцінити даний захід по встановленню зеленої покрівлі як доцільний.

Такий дах, у свою чергу, дасть можливість знизити тепловитрати, у порівнянні з встановленням звичайної покрівлі, і також певною мірою знизить показники атмосферного забруднення у місці встановлення.

Підп. і дата	
Інв.№подл.	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

43

### 3.2 Результати експериментального дослідження

Для побудови зеленої покрівлі, спочатку необхідно виділити вихідні матеріали, такі як безпосередній вид використовуваних рослин, який відповідає конкретним умовам даху, та може витримувати вплив від певних зовнішніх факторів, таких як вологість, температурний режим, вітровий режим тощо. З цією метою було проведене дослідження впливу цих факторів на обраний вид рослин, а саме висадка їх у максимально наближених умовах до середовища їх запланованого розміщення.

Оскільки «зелений» дах який планується впровадити – багатошарова конструкція, яка має питому вагу, то рослинність для перевірки обиралася з огляду на те, чи зможе дах витримати повну питому вагу покрівлі із усіма встановленими шарами, та безпосередньо зеленим покриттям. Також слід враховувати вагу снігового навантаження на м<sup>2</sup> у регіоні проведення. Для Сумської області цей показник становить 179 кг/м<sup>2</sup>.

За наведеними вище характеристиками, для озеленення даху школи підходять покриття з газону та різнотрав'я.

Для проведення експерименту було обрано газонну траву марки Ascot, а саме «Насіння газонної трави виробництва ASCOT Універсальні Universal»



Рисунок 3.4 – Насіння газону обране для експерименту

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

44

Експериментальне дослідження даної роботи полягало у аналізі факторів, які впливали на проростання газонного покриття, а також оцінці енергоефективності цього покриття, шляхом дослідження рівня розсіювання тепла газоном у світловий день. Експеримент проводився за наступними етапами:

- Вибір місця під газон і визначення його придатності;
- Підготовка ґрунту;
- Засів / посадка рослин / дерну;
- Формування трав'яного покриву газону.
- Збір інформації про температурні характеристики
- Аналіз результатів.

Умови у яких було висаджено покрівлю: добре освітлена теплиця, яка розташовувалася з північної та освітленої сторони будинку, не схильна до заливання, підстильний ґрунт не вапняний -  $pH > 7$ , родючий шар 20 см, температура у теплиці становила 25 °С, вологість повітря становила 55%, вологість ґрунту – 70%. Виміри характеристик було виконано електронним термометром.

Першим етапом посадки була підготовка та перевірка саджанців у кімнатних умовах (рис 3.5), де вологість повітря становила 50%, і температура становила 20 °С. Після успішного проростання саджанці було висаджено у тестові (тепличні) умови. Вид газонної трави що було обрано для посадки: мітлиця пагониста.

Рослина відрізняється наступними характеристиками:

- яскраво-насиченим зеленим забарвленням протягом усього вегетаційного періоду;
- ніжною, приємною на дотик м'якістю;
- низькорослістю, її висота сягає лише 9-11 см;

Підп. і лага	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №породи.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

45



Рисунок 3.5 – Саджанці які проросли у кімнатних умовах

Після висадки саджанців у ґрунт, умови догляду за ним були наступними:

- Щовечірній полив.
- Регулярна аерація.
- Підживлення – 50 г аміачної селітри 2 рази за літній період

У тепличних умовах газон змінив вигляд (рис. 3.6), щ обуло пов'язано із внесенням добрив.



Рисунок 3.6 – Покриття газону у теплиці

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

46

Після пересадки газону у тепличні умови, протягом двох тижнів досліджувався температурний режим покриття. Температурні показники знімалися кожної доби о 12 годині дня. Таким чином було отримано показники, наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Режим температурних спостережень

День виміру, №	t °С добова	t °С покриття газону
14 червня	27	21
15 червня	28	23
16 червня	29	24
17 червня	29	24
18 червня	30	25
19 червня	31	25
20 червня	29	22
21 червня	29	24
22 червня	32	25
23 червня	29	24
24 червня	29	24
25 червня	24	19
26 червня	25	21
27 червня	29	22

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і лага

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

47



Як видно із наведеної вище таблиці, температура поверхні газону завжди на 5 – 8 °С нижче температури навколишнього середовища. Газон ніколи не вбере ту кількість тепла, яку здатна поглинути тротуарна плитка або асфальтне покриття. А ось при зниженні температури на вулиці, газон, який має більшу в порівнянні з повітрям теплоємність, навпаки, буде віддавати своє тепло.

Традиційні покриття міст (асфальт, бетон) поведуться рівно протилежним чином - охолоджуються разом з навколишнім середовищем, стаючи або холодніше у порівнянні з температурою навколишнього середовища, або сильно нагріваються у спеку.

На отримані показники також вплинув режим освітлення, оскільки не зважаючи на сталі для літа високі температури, стояла пасмурна і інколи грозова погода (14 і 20 червня).

Отримані данні спостережень також підтверджуються показниками тепловізора (рис.3.7)

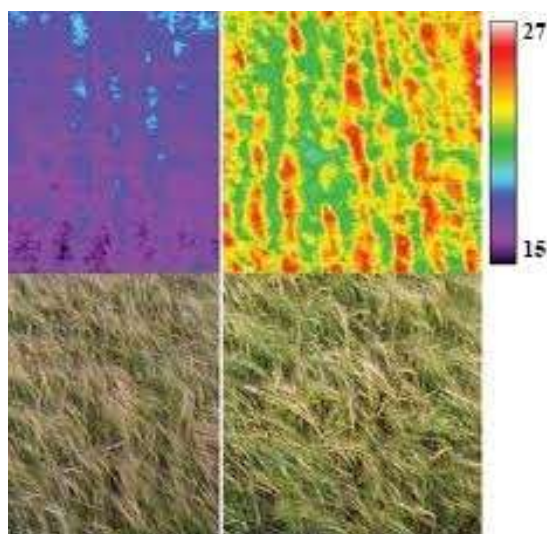


Рисунок 3.7 – Показники тепловтрат тепловізора

З наведеної термограми видно, що втрати тепла газоном не досить значні, покриття підтримує сталу температуру і його цілком доцільно використовувати для зеленого будівництва вцілому, і як для покриття даху школи.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подд.	Взаєм.інв.№
Ви	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	Дата

ТС 19510215

Арк

48

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виходячи з розрахунків тепловтрат даної будівлі, рекомендовано створити екстенсивний тип «зеленої» покрівлі з неглибоким шаром субстрату (рис. 4):

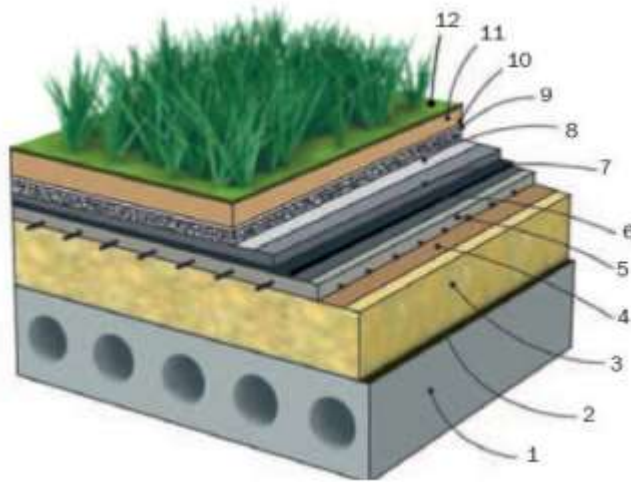


Рисунок 4 — Схема конструкції зеленого даху: 1) несуча конструкція; 2) пароізоляція; 3) теплоізоляція; 4) водоізоляційний шар; 5) вирівняна стяжка; 6) гідроізоляція; 7) мембрана; 8) геотекстиль; 9) гравій; 10) геотекстиль; 11) рослинний ґрунт; 12) зелена покрівля.

Екстенсивне озеленення покрівлі – озеленення експлуатованої ділянки поверхні, яке не вимагає великого навантаження на дах (від 165 кг/м<sup>2</sup> до 180 кг/м<sup>2</sup>). Для посадки використовуються невибагливі рослини, такі як: седуми, сухостійкі рослини, лікарські рослини і лугові трави. Фактично, на такому даху створюється природний ландшафт, з рослинністю що практично повністю покриває поверхню ґрунту (чагарники, трави) висотою до 1,5 м. Для екстенсивного озеленення ухил покрівлі може становити до 35°. Система екстенсивного озеленення покрівлі практично не вимагає догляду і є більш економічною та естетичною у обслуговуванні. У таблиці 3.1 представлені

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		49

мінімальні розміри основних елементів покриття при використанні різних груп рослин:

Таблиця 4.1 - Мінімальні розміри основних елементів покриття при використанні різних груп рослин:

Найменування груп рослин	мінімальні товщини			
	Ґрунтовий субстрат в см	Фільтруючий шар в мм	Дренаж в см	Кореневозахисний шар в см
Ґрунтопокривні трави (очиток, молодило)	10	4-8	5	3 - 4
Декоративні трави (газон)	15 - 20	- "-	5 - 10	3 - 4
Рулонний газон	5 - 6	- "-	10 - 15	3 - 4
Квіти однорічні	20	- "-	10	- "-
Квіти багаторічні	20 - 25	- "-	10	- "-

#### Поточний стан:

Аналіз балансу втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції показує, що більша частина тепловтрат, а саме 51,4% припадає на втрати через дах.

Наступна методика розрахунку, що викладається в даному підрозділі отримана з літературного джерела з питань теплової ізоляції [27].

#### Опис можливостей з енергозбереження:

Одним із варіантів термореновації даху є влаштування «Зеленої покрівлі» що призведе не тільки до мінімізації витрат на опалення, а ще й захистить від негативного впливу кліматичних умов та опадів та призведе до зниженню парникового ефекту.

Для навчального закладу будемо використовувати екстенсивну

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

						ТС 19510215	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			50

технологію «Зеленої покрівлі». Спочатку необхідно накласти теплоізоляцію зовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня даху, включаючи вузли прилягання перекриттів. Далі йде пошарова побудова системи «Зелена покрівля» і має наступний вигляд за рисунком 1. [32].

Для утеплення даху будівлі пропонується базальтова вата. Теплопровідність якого складає  $\lambda = 0,037$  Вт/(м · К) [33].

Визначимо необхідну товщину теплоізоляційного шару для конструкції «зеленого даху» розраховується за формулою (2.1). Для обстежуваної будівлі товщина теплоізоляції буде становити, см:

$$\delta_{ут} = (R_{qmin} - R_{зах}) \cdot \lambda_{ут}, \quad (2.1)$$

$$\delta_{ут} = (6,0 - 0,7) \cdot 0,037 = 0,19 \text{ м} = 19 \text{ см.}$$

Найближче більше значення товщини матеріалу, що на даний момент є в продажу – 0,2 м або 200 мм. Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 2397,04 м<sup>2</sup>. Втрати теплової енергії через дах до впровадження заходу складала  $Q_{дах} = 157519,80$  Вт.

Втрати теплової енергії через дах після впровадження заходу розрахуємо за формулою (2.2), Вт:

$$Q_{зах}^{із} = \frac{F_{огр.к}}{R_{qmin}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \quad (2.2)$$

$$Q_{дах}^{із} = \frac{2397,04}{6,0} \cdot (21 - (-25)) \cdot 1 = 18377,31 \text{ Вт.}$$

Економія витрат після утеплення даху розрахуємо за формулою (2.3), кВт:

$$\Delta Q_{зах} = Q_{зах} - Q_{зах}^{із}, \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{дах} = 157,52 - 18,38 = 139,14 \text{ кВт.}$$

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № пооди.	

					<b>ТС 19510215</b>	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		51

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу розраховуємо за формулою (1.4), кВт · год/рік:

$$Q_{\text{зах}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{зах}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}}, \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{дах}}^{\text{Ек.рік}} = 139,14 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

$$304090,40 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 261,52 \text{ Гкал/рік.}$$

Для визначення більш точного результату економії від впровадження енергозберігаючого заходу необхідно провести корегування розрахункових результатів енергозберігаючих заходів щодо базового рівня енергоспоживання.

Для початку порівнюємо розрахункові та дійсні дані по теплоспоживанню за останній опалювальний рік.

Максимальна розрахункова тепла потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається за формулою (1.5):

$$Q_{\phi} = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.5)$$

де  $V_{\phi}$  – зовнішній об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{в}}$  – температура по приміщеннях будівлі, °С [27];

$t_{\text{з.р}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [34];

$a$  – поправковий коефіцієнт, який визначається за формулою (2.6) [35]:

$$a = 0,54 + \frac{t_{\text{в}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}})}, \quad (2.6)$$

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215					Арк
										52
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

$$a = 0,54 + \frac{21}{(21 - (-25))} = 1,01.$$

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій визначається за формулою (1.7), Вт/м<sup>3</sup> · °С:

$$q_{\text{пит}}^{\text{ф}} = \frac{P_6}{F_6} \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{стн}}} + g_0 \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{вкн}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{стн}}} \right) \right) + \frac{1}{H_6} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{стл}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пдлг}}} \right), \quad (2.7)$$

де  $P_6$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_6$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_6$  – висота будівлі з урахуванням усіх опалювальних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{стн}}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 4.2);

$R_{\Sigma\text{стл}}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 4.2);

$R_{\Sigma\text{пдлг}}$  – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 4.2);

$R_{\Sigma\text{вкн}}$  – опір теплопередачі вікон, м<sup>2</sup>·К/В т (див. таблиця 4.2).

Для зручності представлення розрахунків будівля школи розбивається на умовні блоки за висотою будівлі:

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі за формулою (2.7):

Підп. і дата	
Інв. № доубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № пооди.	

					<b>ТС 19510215</b>	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Блок I:

$$q_{\text{пит1}}^{\phi} = \frac{183,72}{1146,25} \cdot \left( \frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{11,9} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ = 0,36 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С.}$$

Блок II:

$$q_{\text{пит2}}^{\phi} = \frac{114,2}{1250,79} \cdot \left( \frac{1}{3,65} + 0,3 \cdot \left( \frac{1}{0,64} - \frac{1}{3,65} \right) \right) + \frac{1}{8,9} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{0,7} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,35} \right) \\ = 0,40 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С.}$$

Максимальна теплова потужність будівлі за формулою (2.8):

Блок I:

$$Q_{61} = 1,01 \cdot 0,36 \cdot 13640,41 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 228,14 \text{ кВт.} \quad (2.8)$$

Блок II:

$$Q_{61} = 1,01 \cdot 0,4 \cdot 11132,01 \cdot (21 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 206,87 \text{ кВт.} \quad (2.8)$$

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі:

$$Q_6 = 228,14 + 206,87 = 435,01 \text{ кВт.} \quad (2.8)$$

Розрахункова величина теплової енергії за опалювальний період за формулою (2.9), Гкал/рік:

$$Q_{p,оп} = Q_6 \cdot \frac{(t_B^{cp} - t_{cp,n})}{(t_B^{cp} - t_{3,p})} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}, \quad (2.9)$$

Інв.№породи.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									54
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

де  $t_{в}$  – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{ср.п}$  – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період,

де розташована будівля, °С [34];

$t_{з.р}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря [34], °С;

$n_{оп}$  – кількість діб за відповідний період опалення [34].

$$Q_{р.оп} = 435,01 \cdot \frac{(21 - (-1,4))}{(21 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 817,60 \text{ Гкал/рік.}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за 2019 рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення навчального закладу становлять  $Q_{ф.оп} = 528,7596$  Гкал/рік. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 54,63%

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання. Це може бути пов'язано з занадто жорсткою економією у споживанні теплової енергії, недогріванні теплоносія, який подається у систему опалення, температура якого не відповідає температурному графіку та магістральними втратами.

Далі визначимо процентне співвідношення розрахункової величини економії теплоти від впровадження заходу до розрахункового споживання теплоти за рік за формулою (2.10),%:

$$\delta Q_{зах}^{Ек.рік} = \frac{Q_{зах}^{Ек.рік} \cdot 100}{Q_{р.оп}}, \quad (2.10)$$

де  $Q_{зах}^{Ек.рік}$  – розрахункова величина економії теплової енергії за опалювальний рік від енергозбережного заходу, кВт · год/рік або Гкал/рік;

Підп. і лага
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дага
Інв. № подл.

					ТС 19510215	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		55



$Q_{p,оп}$  – розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за останній опалювальний період, кВт·год/рік або Гкал/рік.

Для даху:

$$\delta Q_{дах}^{Ек.рік} = \frac{261,52 \cdot 100}{817,6} = 32,00\%.$$

Визначене процентне співвідношення переноситься на дійсну (фактичну) величину споживання теплової енергії за останній опалювальний період  $Q_{д,оп}$  кВт·год/рік, або Гкал/рік, який є базовим рівнем теплоспоживання. Таким чином, скорегована економія тепла від базового рівня споживання, кВт·год/рік або Гкал/рік, визначається за формулою (2.11):

$$Q_{зах.б}^{Ек.рік} = \frac{\delta Q_{зах}^{Ек.рік} \cdot Q_{д,оп}}{100}, \quad (2.11)$$

$$Q_{дах.б}^{Ек.рік} = \frac{32,00 \cdot 528,7596}{100} = 169,20 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Річна економія витрат на експлуатацію системи тепlopостачання після впровадження енергозбережного заходу знаходиться за формулою (2.12), тис. грн/рік.:

$$\Delta E = Q_{зах.б}^{Ек.рік} \cdot \frac{S_{п}}{1000}, \quad (2.12)$$

де  $S_{п}$  – вартість теплової енергії за одиницю продукції, грн/Гкал.

$$\Delta E = 169,20 \cdot \frac{1858,6}{1000} = 314,47 \text{ тис. грн/рік.}$$

Визначимо простий термін окупності за формулою (2.13), рік:

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв. №	
Інв. № добул.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № добул.	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

56

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (2.13)$$

де К – вартість впровадження заходу, грн.

$$T_{ок} = \frac{1245,42}{314,47} = 4 \text{ роки.}$$

Вартість впровадження заходу залежить від складності проекту та витрат на матеріали, що детально визначається на етапі планування проекту.

Орієнтовна вартість заходу наведена в таблиці 4.2 [36-40].

Таблиця 4.2 – Кошторис по утепленню даху

Найменування робіт	Габарити матеріалу	Кількість	Ціна, грн. за м <sup>2</sup> ; шт.	Ціна, грн.
Роботи з утеплення ватою		Вся покрівля	25,00	59926
Базальтова вата Перший шар Марка «ROCKWOOL» Multirock Roll 150 мм	6,25 x 1 м	384 упаковок	129,44	310272,86
Базальтова вата Другий шар Марка «ROCKWOOL» серія «ROCKMIN» 50мм	10,8 м в 1 упаковці	222 упаковок	63,7	152691,40
ПВХ мембрана «Soprema Flagon»	20 x 2,1 м	252 рулони	250,00	599260

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
									57
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Продовження таблиці 4.2:

Пароізоляційна сітка «JUTA» Н110	1,5 x 50 м	72 рулони	13,14	31497,11
Дюбель 200 мм	5 шт на 1м <sup>2</sup>	480 шт.	4,95	2376
Газонна трава Liliput	800 гр/30м <sup>2</sup>	80 упаковок	230	18400
Ґрунт для газону	мішок	800 мішків	50	40000
Геотекстиль	Рулон/75 м <sup>2</sup>	31	1000	31000
Всього, грн	1245423,37			

Оскільки простий термін окупності становить більше 2 років він не враховує цінність майбутніх надходжень стосовно поточного часу. Для визначення доцільності проекту проведемо аналіз його ефективності.

Для аналізу ефективності проекту проведемо розрахунок рентабельності проекту та визначимо чистий дисконтований дохід.

Визначаємо рентабельність з прибутку  $R_p$  за формулою (2.14) [41-42]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t), \quad (2.14)$$

де  $\Pi$  – прибуток, грн;

$B$  – поточні витрати, тис. грн;

$K$  – капітальні витрати, тис. грн;

$T$  – останній рік розрахункового періоду, рік;

$t$  – поточний рік у розрахунковий період, рік.

$$R_p = 314,47/1245,42 = 0,25.$$

Термін окупності проекту визначимо згідно формули (2.15) [41-42]:

$$T_{д.ок} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (2.15)$$

Інв.№породи.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

де  $E$  – ставка дисконтування, частка од.;

$D$  – дохід, тис. грн

Ставку дисконтування беремо 25% за даними банків по м. Суми.

Зі ставкою дисконтування термін окупності проекту становить:

$$T_{д.ок} = 1245,42 \cdot (1 + 0,25) / 314,47 = 4,95 \text{ роки.}$$

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (2.16) [41-42]:

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{\Delta E}{(1+E)^n}, \quad (2.16)$$

де  $C_0$  – величина інвестицій, грош. од.;

$\Delta E$  – грошовий потік, грош. од.;

$E$  – ставка дисконтування, %;

$n$  – кількість років.

Якщо  $NPV > 0$ , то проект є вигідним, якщо  $NPV < 0$ , то – невигідним.

Термін служби матеріалу 30 років. Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 4.3.

Інв. № по од.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510215				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Таблиця 4.3 - Значення показника чистої приведеної вартості для утеплення даху базальтовою ватою.

Рік	Витрата, тис.грн	Грошовий потік, ΔE, тис.грн	Чистий дисконтований потік, тис.грн
0	1245,42	-	-
1		314,47	1497,00
2		314,47	201,26
3		314,47	161,01
4		314,47	128,81
5		314,47	103,05
6		314,47	82,44
7		314,47	65,95
8		314,47	52,76
9		314,47	42,21
10		314,47	33,77
11		314,47	27,01
12		314,47	21,61
13		314,47	17,29
14		314,47	13,83
15		314,47	11,06
16		314,47	8,85
17		314,47	7,08
18		314,47	5,66
19		314,47	4,53

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Продовження таблиці 4.3:

20		314,47	3,63
21		314,47	2,90
22		314,47	2,32
23		314,47	1,86
24		314,47	1,49
25		314,47	1,19
26		314,47	0,95
27		314,47	0,76
28		314,47	0,61
29		314,47	0,49
30		314,47	0,39
Ставка дисконтування			25%
NPV			2501,74

З отриманої таблиці бачимо, що ставка дисконтування становить 25%, а NPV - 2501,74. Оскільки рентабельність проекту більша за реальну процентну ставку, а дисконтований дохід виконує умову  $NPV > 0$ , то проект є вигідним

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

61

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати при експлуатації будівлі школи.

Для загальноосвітнього закладу характерні наступні небезпечні і шкідливі фактори:

- підвищений рівень шуму і пилу (в шкільних майстернях);
- рухомі механізми (у шкільних майстернях, у двірника при роботі з газонокосаркою, у працівника з обслуговування будівель при роботі з електродрилем, на точильному верстаті тощо);
- підвищена температура повітря робочої зони (в їдальні);
- підвищена вологість (в їдальні при митті посуду, при вологому прибиранні приміщень тощо);
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі (в шкільних майстернях, при роботі ТСО);
- хімічні препарати в кабінеті хімії;
- робота з дезінфікуючими засобами прибиральників службових приміщень;
- електромагнітне випромінювання (при роботі з комп'ютером);
- стресові ситуації при роботі з учнями.

За роботу зі шкідливими і небезпечними умовами праці передбачені наступні компенсації та пільги:

- доплати прибиральникам службових приміщень за прибирання туалетів;
- доплати працівникам школи за роботу з дітьми, що мають обмежені можливості здоров'я.

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № по оди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

62

Основні небезпечні фактори визначаються комісією з охорони праці, яка проводить перевірку створення здорових та безпечних умов праці, здійснює контроль за безпекою обладнання, приладів, що використовуються під час навчально-виховного процесу відповідно до чинних типових переліків і норм, перевіряє готовність закладу до нового навчального року.

З метою профілактики виробничого травматизму і профзахворювань адміністрацією закладу проводяться такі заходи:

- інструктаж з охорони праці працівників установи;
- періодичні медичні огляди;
- забезпечення працівників установи спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту;
- робота по поліпшенню умов і охорони праці (модернізація обладнання, придбання сучасного обладнання тощо);
- установка обладнання для оповіщення про виникнення надзвичайних ситуацій і встановлення знаків безпеки;
- навчання працівників безпечним прийомам роботи;
- проведення навчання новоприйнятих працівників.

Працівники установи зобов'язані дотримуватися вимог інструкції з охорони праці та виконувати роботи, що передбачені посадовою інструкцією, знати методи попередження нещасних випадків. У разі необхідності виконання роботи, яка не входить в посадові обов'язки роботодавець зобов'язаний провести цільовий інструктаж працівника з охорони праці по даному виду робіт. [43]

### **Основні вимоги щодо попередження електротравматизму**

Перелік посад неелектротехнічного персоналу (І група):

- директор
- заступники директора з навчально-виховної та виховної роботи;
- педагогічні працівники крім вчителів фізики, хімії, інформатики, технології;

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Інв. № покл.				

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

**ТС 19510215**

Арк

63



- сторожа, двірники;
- секретар, діловод
- бібліотекар
- прибиральники службових приміщень
- робітник з обслуговування будівель і приміщень;
- лікар, медична сестра;
- медична сестра;
- бухгалтер.

До робіт по експлуатації електроустановок до 1000 В (настановних, освітлювальних, нагрівальних приладів, технічних засобів навчання та електричних машин) допускаються особи, які пройшли медичний огляд і інструктаж з охорони праці. Неелектротехнічному персоналу, що експлуатує електроустановки до 1000 В, який пройшов інструктаж і перевірку знань з електробезпеки, присвоюється I кваліфікаційна група допуску з оформленням в журналі встановленої форми з обов'язковим підписом перевіряючого.

Перелік посад електротехнічного персоналу:

- вчителі фізики, хімії, технології (швейна) (II група);
- вчителі технології (навчальні майстерні) (III група);
- заступник директора (IV група);

Електротехнічний персонал проходить навчання і перевірку знань з електробезпеки в організаціях, що мають ліцензію на даний вид діяльності.

. При експлуатації електроустановок до 1000 В можливий вплив на працюючих наступних небезпечних виробничих факторів:

- ураження електричним струмом при дотику до струмоведучих частин;
- ураження електричним струмом при несправності ізоляції або заземлення.

При експлуатації електроустановок до 1000 В повинні використовуватися такі засоби індивідуального захисту: діелектричні рукавички, діелектричний килимок, покажчик напруги, інструмент з ізольованими ручками.

Підп. і дата	_____
Інв. № добул.	_____
Взаєм. інв. №	_____
Підп. і дата	_____
Інв. № по оди.	_____

_____	_____	_____	_____	_____
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

64

## 5.2 Порядок проведення евакуації співробітників та учнів школи у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Евакуація людей з приміщень відбувається за наявності таких основних факторів:

- температура повітряного середовища сягає 60-70 градусів;
- різко знижується концентрація кисню у приміщенні;
- виникає задимленість приміщення.

У сучасних будівлях, згідно з правилами пожежної безпеки передбачені запасні входи та виходи, коридори, сходи, фойє, проходи тощо. Вони можуть займати значну площу — до 30 % від загальної площі. Якщо пожежа виникла у навчальному кабінеті, необхідно, у першу чергу, відключити електромережу. Зазвичай, кабінети фізики, інформатики обладнані окремим вимикачем, який розташований у легкодоступному місці (біля дверей), щоб кожний, хто знаходиться в приміщенні мав можливість його відключити.

У разі виникнення пожежі передбачений вимушений рух людей за напрямками, які зазначені в плані евакуації. Проводиться евакуація під керівництвом людей, котрі навчені діям у разі виникнення пожежі. При цьому рух їх здійснюється практично одночасно і має чітку спрямованість — усі прямують до виходів з приміщення. Психологія індивідуальної поведінки людини при рятуванні від пожежі викликана в основному страхом за своє життя.

Прагнення людини якнайшвидше вийти з небезпечної зони зрозуміле — рятування життя. При таких випадках можливе навіювання небезпеки. Воно можливе через перебільшення, небезпеки, сприймання її без відповідного аналізу та схильність до наслідування дій інших. Це може викликати паніку. Паніка може проявлятися або у вигляді ступору (завмирання, нерухомості, нездатності до дій), або у вигляді фуґи (хаотичні кидання, нецілеспрямований біг), прийняття рішень будь-яку ціну врятувати своє життя. Така поведінка може

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

65

передаватися іншим людям, і тоді виникає загальна паніка. Усі, хто працює та навчається у навчальному закладі, живе у багатоповерховому сучасному будинку, повинні знати шляхи евакуації та особливості евакуаційних виходів.

Евакуаційними виходами називаються виходи, які безпосередньо ведуть із приміщень через коридор, сходи, сусіднє приміщення. Коридори і сходи — це основні шляхи евакуації. Основні та запасні виходи з приміщень позначають квадратом зеленого кольору з білою обвідкою за контуром з написом "Вихід". Також може бути символічне зображення людини чорного кольору, що біжить.

План евакуації складається з двох частин: графічної (малюнка) і текстової (пояснення до плану). Якщо будівля багатоповерхова, план евакуації складається для кожного поверху. Приміщення нумеруються і в першу чергу позначаються стрілками шляхи евакуації людей, двері показують відчиненими. Маршрути руху зображають суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, а маршрути до запасних виходів пунктирними зеленого кольору. На евакуаційному плані позначають місця приладів пожежегасіння. За цим планом проводяться навчання учнів, учителів та всіх працюючих у школі.

Кожен працівник зобов'язаний суворо дотримуватися правил пожежної безпеки:

- не захарашувати обладнанням, іншими предметами евакуаційні проходи;
- запасні виходи під час перебування в будівлі людей закривати на легковідкривані запори;
- знати порядок евакуації людей з будівель школи;
- знати правила користування вогнегасником, місця їх розташування;
- не експлуатувати несправні електромережі та електрообладнання;
- не використовувати в роботі саморобне електрообладнання;
- не залишати без нагляду ввімкнене електрообладнання.

Кожен працівник загальноосвітнього закладу, який виявив пожежу і її ознаки (задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури і т.п.) зобов'язаний:

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

66

- при короткому замиканні і загорянні електроустаткування, електроприладу знеструмити його в розподільному щитку або відключити від розетки шнур живлення, тримаючись за вилку, відключити вентиляцію;
- вивести людей з приміщення в безпечну зону;
- при невеликому спалаху згасити його за допомогою первинних засобів пожежогасіння; в іншому випадку прикрити за собою двері з метою подальшого нерозповсюдження вогню, повідомити про пожежу голосом, задіяти вручну АПС, повідомити про пожежу в пожежну службу за телефоном 101, директору школи (при відсутності - іншою службовою особою).
- вжити можливих заходів до ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і лага

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

67

## ВИСНОВКИ

Внесок зелених дахів у енергоспоживання будівель має позитивний ефект для верхнього поверху будівель. Цей ефект полягає головним чином у впливі теплового потоку через елемент покрівлі. Дослідники сходяться на думці, що хоча біологічні та фізичні «механізми», що утворюють тепловий вплив на зелену покрівлю, однакові протягом року, загальна теплова поведінка зеленої покрівлі значно варіюється між холодним та теплим сезонами року. Це пов'язано з тим, що інтенсивність потоків енергії змінюється залежно від пануючих кліматичних умов.[44]

З іншого боку, те, наскільки позитивний ефект зеленого даху може забезпечити помітну економію енергії в будівлі, все ще не є абсолютно зрозумілим серед дослідників, не через різні наукові підходи, а головним чином з таких причин:

- У літературі досліджуються різні конструкції зелених дахів щодо використовуваних матеріалів, наявності дренажного шару та товщини зелених шарів даху
- Різноманітність рослинного типу, навіть у рамках одного експерименту, може суттєво змінити температуру поверхні ґрунту, впливаючи на теплову поведінку;
- Кожне експериментальне або математичне дослідження обмежується місцевими кліматичними умовами, такими як відносна вологість повітря, до якої, як повідомляє література, теплова поведінка дуже чутлива, особливо в літній період.[45]
- Вирішальним фактором для теплової поведінки зеленого даху є вологість ґрунту та наявність води в дренажному шарі. Інформація щодо цих факторів не завжди є чіткою або подібною в дослідженнях, що призводить до значних відмінностей теплової поведінки. Це найважливіший критерій у випадку використання зеленого даху для збереження енергії

Інв.№позоди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

**ТС 19510215**

Арк

68

охолодження, оскільки випаровування біля поверхні ґрунту та шар верхнього покриву сильно залежать від наявності води в ґрунтовому шарі протягом годин теплового стресу. Сухі умови влітку, які зазвичай трапляються на екопокрівлях, обмежують кількість води, яка може випаровуватися, щоб забезпечити охолоджуючий ефект. На відміну від цього, регулярне зрошення може забезпечити необхідну кількість води для сприяння цьому процесу і, отже, призвести до більш інтенсивного пасивного ефекту охолодження.

- Внутрішня температура повітря під час експериментального дослідження або під час моделювання в кондиціонованих будівлях є ще одним фактором, який не є сталим, незважаючи на те, що це важливий фактор у кожній пасивній техніці охолодження. Це головним чином стосується висновків щодо здатності зеленого даху забезпечувати пасивне охолодження (тепловий потік, спрямований вгору через дах), або просто виступати в ролі додаткового ізоляційного елемента, обмежуючи спрямований всередину тепловий потік). Механічне охолодження при відносно низьких температурах повітря, таких як 20–22 °С, може «дезактивувати» багато пасивних методів охолодження в теплі години дня, коли температура навколишнього середовища може бути на 10 °С теплішою за внутрішню.[46]

З вищесказаного можна легко зробити висновок, що теплова поведінка зеленого даху є змінною, залежно від відносно великої кількості факторів. Ці фактори не завжди можливо контролювати, як густоту та інші характеристики рослинності. Інші змінні можуть бути розроблені під час проектування, такі як характеристики ґрунтової суміші, рослинність рослин, програма зрошення та схема будівництва. У всіх випадках у теплий період року при виборі специфікацій зеленої покрівлі для забезпечення енергозбереження слід враховувати кліматичні умови, особливо відносну вологість, оскільки додаткові теплові потоки, які можна виявити на зеленому даху в порівнянні з голим дахом

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк

69

сильно залежать від вологості навколишнього повітря, як і всі інші пасивні техніки охолодження, які засновані на випаровуванні води.

З іншого боку, незважаючи на те, що зелені дахи позитивно впливають на обмеження теплових втрат взимку, вони не можуть замінити звичайну теплоізоляцію. Незначне збільшення товщини шару ізоляції може мати той самий ефект при значно нижчих витратах. Нещодавні дослідження, що стосуються теплоізоляційних можливостей додаткових зелених шарів даху, погоджуються з тим, що спрощення збільшення U-величини для врахування зайвих шарів ґрунту та рослинності є суттєво неточним через зміну теплофізичних властивостей відповідно до вмісту вологи. Багато експериментальних досліджень та моделювання нестационарного стану виявили, що внесок у зменшення теплових втрат є незначним.

Що стосується всіх переваг, які надають зелені дахи як в масштабі окремих будівель, так і в міських масштабах, наукова література погоджується з усіма позитивними ефектами. Кількісний характер цих переваг здебільшого пов'язаний із ґрунтовою сумішшю та вмістом вологи, вибором рослин та кліматичними умовами, з акцентом на відносну вологість, яка безпосередньо пов'язана з випаровуванням. У випадках, коли потрібно оптимізувати пасивний потенціал охолодження зелених дахів, важливим є регулярне зрошення та дренажний шар, що виконує роль водойми. У сухих умовах, роль зеленого даху схожа на посилену теплоізоляцію. [47]

На даний момент, зелені дахи розглядаються як екологічна технологія, яка може спровокувати конфлікт між споживанням води та економією енергії. Незважаючи на старість цієї технології, наукові дослідження зелених дахів є відносно новою галуззю, і очікується, що більше досліджень підтримає та збагатить знання, отримані на сьогодні.

Інв.№породи.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

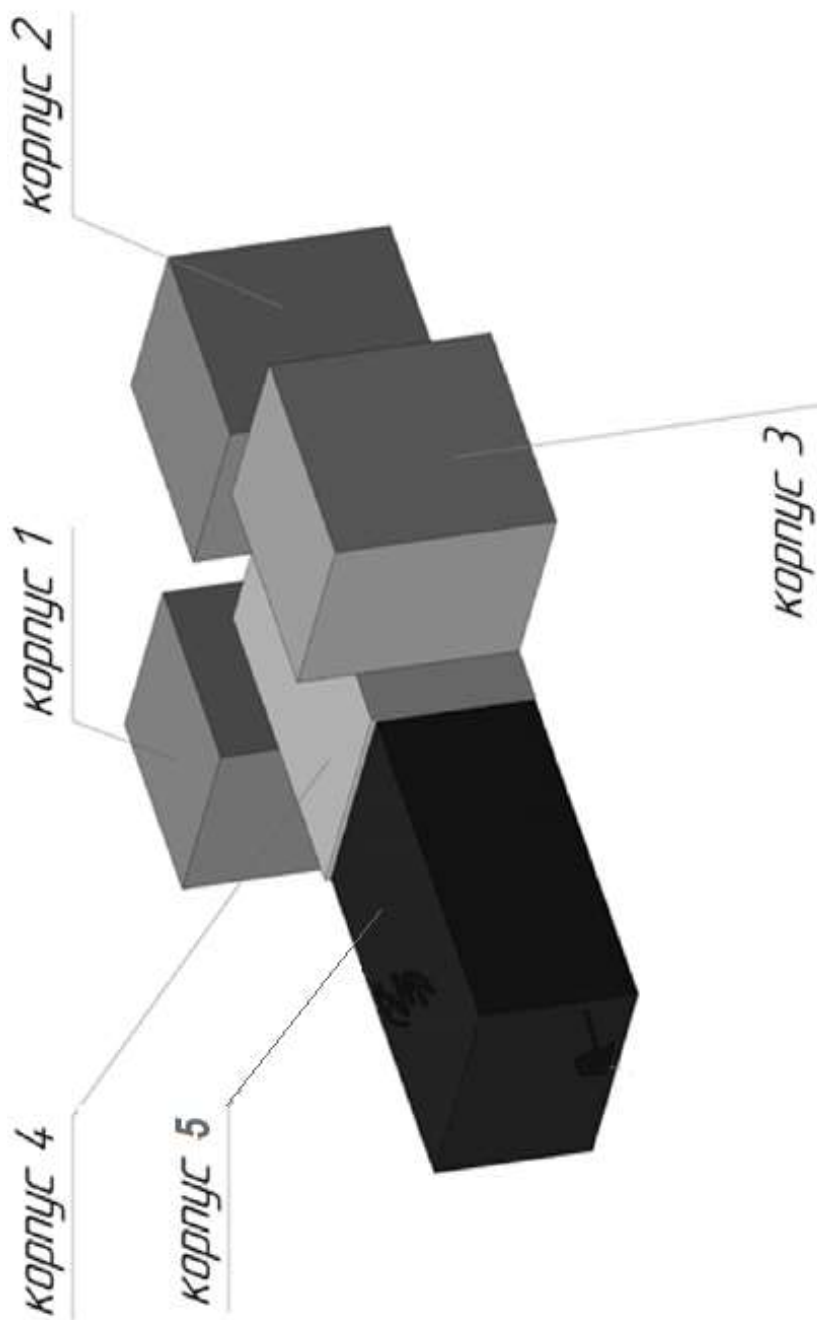
ТС 19510215

Арк

70

Додаток А

Корпуси навчально закладу



Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і лага

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

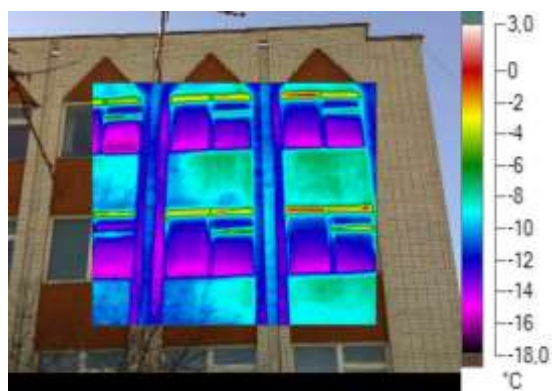
ТС 19510215



## Додаток Б

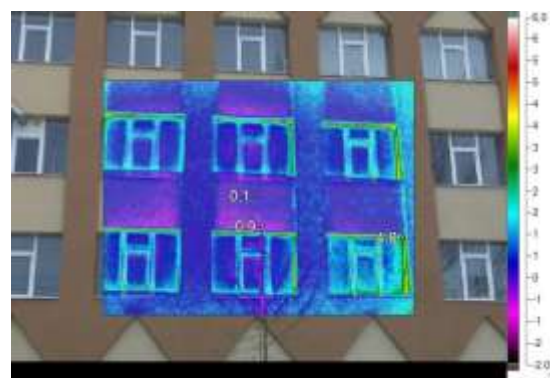
### Тепловізійне обстеження навчально закладу № 24

#### Зовнішні стіни навчального закладу



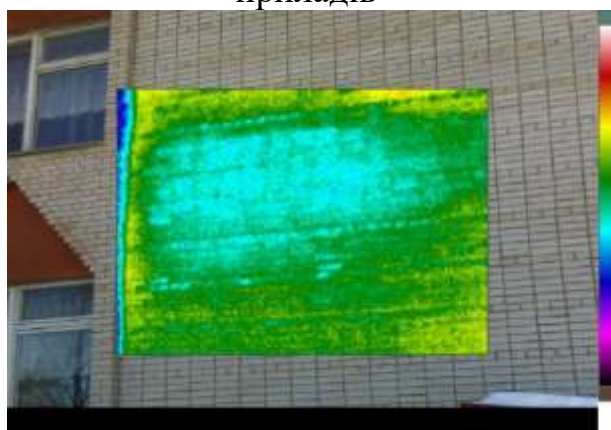
2015 рік

Значні втрати через місця стику віконної рами зі стіною. Найвні втрати теплоти крізь стіни у місцях розташування опалювальних приладів



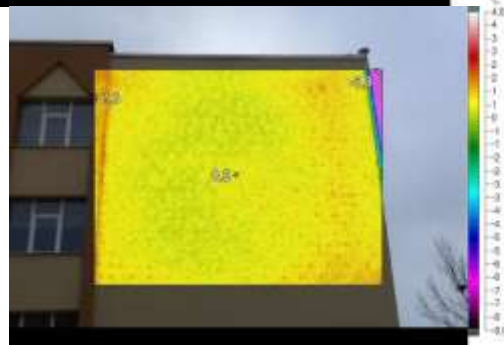
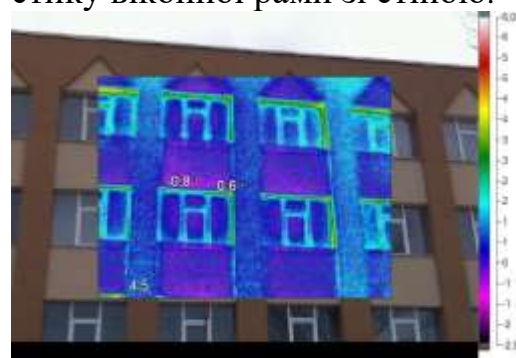
2019 рік

Після утеплення фасаду тепловтрати крізь стіни істотно зменшилися. Втрати через опалювальні прилади не виявлено. Через не правильну заміну застарілої конструкції вікна залишились втрати тепла через місця стику віконної рами зі стіною.



Нерівномірність температурного поля на поверхні зовнішньої стіни свідчить про її незадовільний стан з опору теплопередачі

Зовнішня стіна після утеплення. Нагріта поверхня з зовнішньої сторони.



Підп. і дата	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Інв. № поодл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

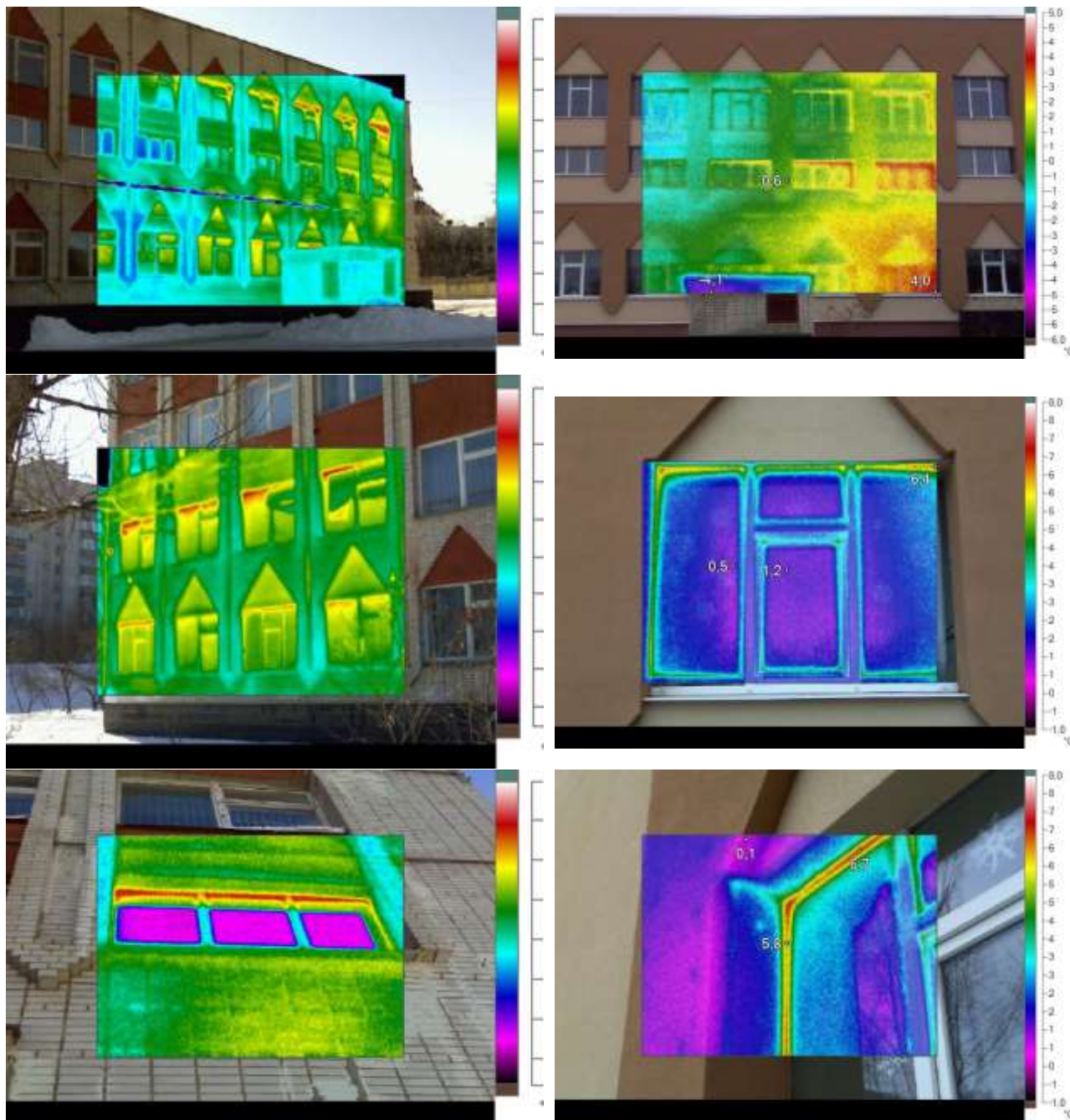
ТС 19510215

Арк

72

Продовження додатку Б

Вікна навчального закладу



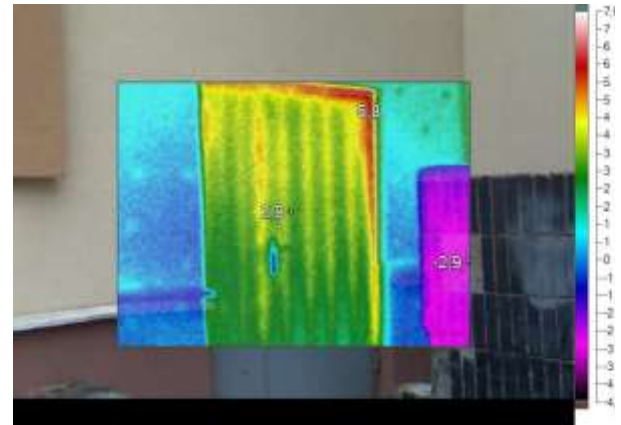
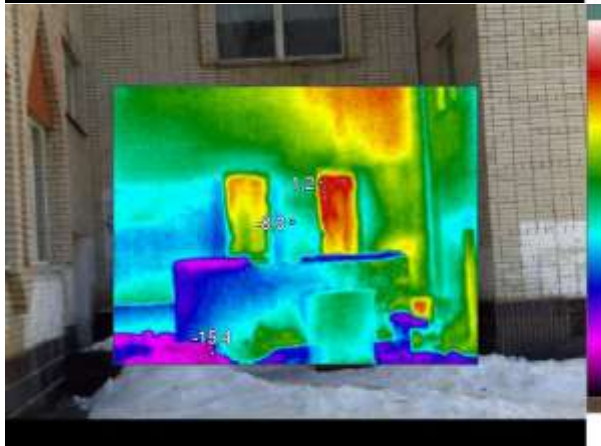
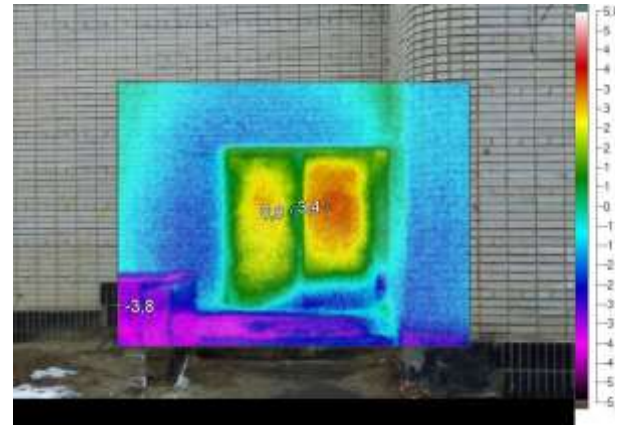
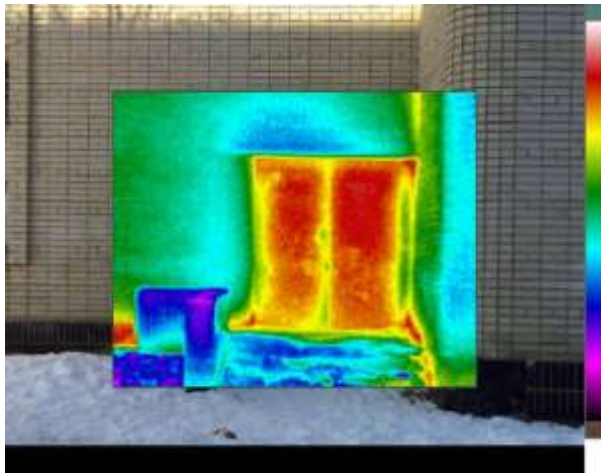
Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Продовження додатку Б

Двері навчального закладу



Гарячі ділянки на термограмах показують, що є значні втрати через місця стику віконної рами зі стіною. Втрати теплової енергії в будівлі, пов'язані з інфільтрацією повітря через віконні отвори..

Після заміни вікон втрати тепла значно зменшились, однак через неякісний монтаж наявні втрати пов'язані з інфільтрацією через віконні отвори. В харчоблоці стіни та вікна постійно нагріті та збільшені втрати через віконні отвори.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

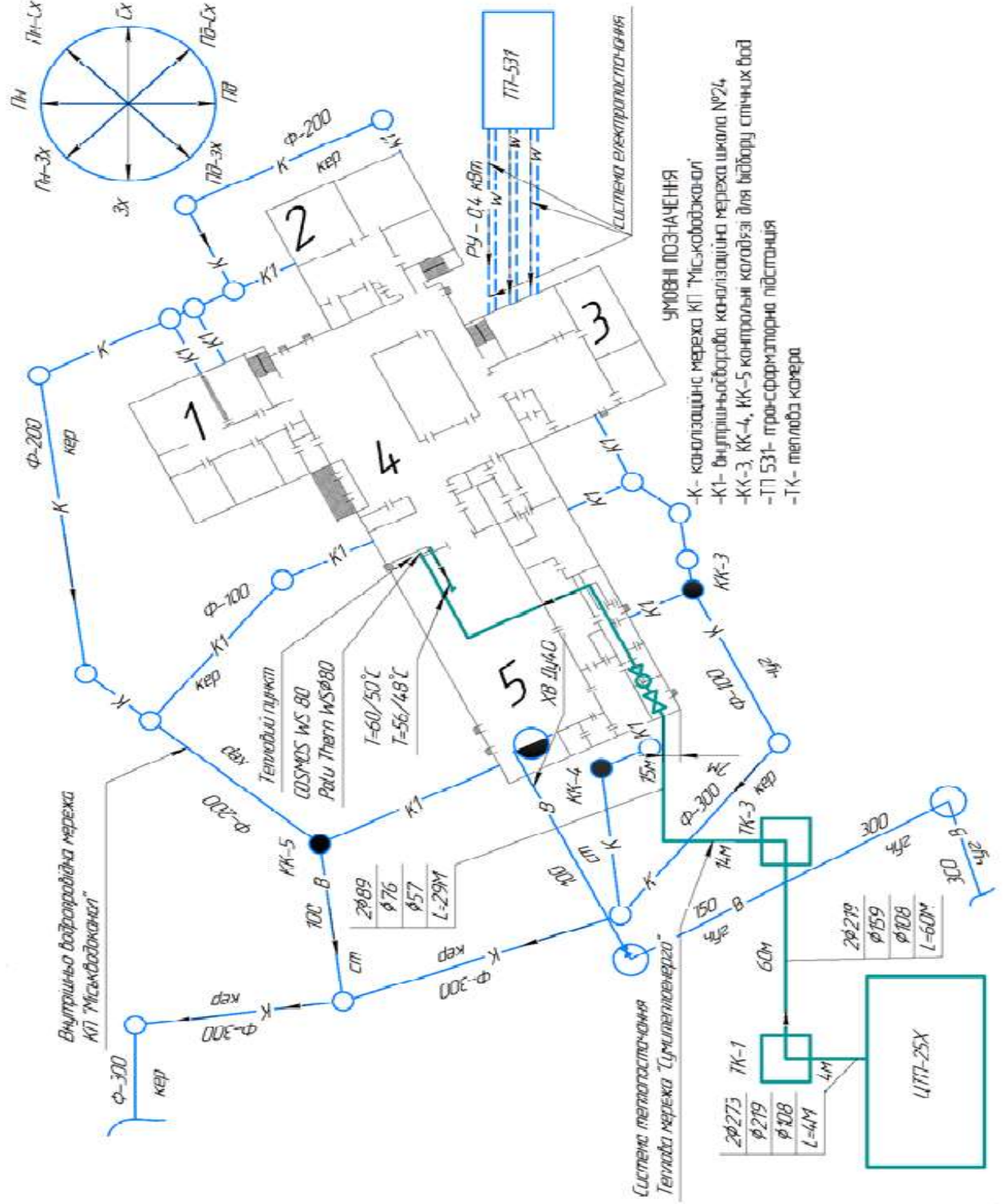
ТС 19510215

Арк

74

# Додаток В

## Енерготехнологічна схема навчально закладу



Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і лага
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Benefits of Green Building Електр. ресурс] – Режим доступу: [http://www.wieland/service/download?download\\_catduct\\_category=All&industry=All &title=&page=12](http://www.wieland/service/download?download_catduct_category=All&industry=All &title=&page=12)
2. Hui, S. C. M. and Law, A. Y. M., 2002. Green Design and Construcion of Site Offices, Research Report, Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong, Hong Kong. (Режим доступу: [http://web.hku.hk/~cmhui/reportgreen\\_site\\_offices.pdf](http://web.hku.hk/~cmhui/reportgreen_site_offices.pdf))
3. Карп И. Н. Энергосбережение в Украине: проблемы и пути решения // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 4. – С. 3–13.
4. САДИ НА ДАХАХ ТА ЇХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ МІННЯЙЛО М. А. 1 , магістрант ФІЛОНЕНКО О. І. 2 , к.т.н.
5. Grant, G., L. Engleback, B. Nicholson, D. Gedge, M. Frith, and P. Harvey. 2003
6. ZinCo GmbH. 2000. “Planning Guide—The Green Roof.” 6th Edition. Unterensingen, Germany: ZinCo GmbH.
7. Титова Н. Сады на крыше.
8. Osmundson, T. 1999. Roof Gardens: History, Design, and Construction. New York, New York: W.W. Norton & Company Ltd.
9. Bass, B. and B. Baskaran. 2003. Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. Institute for Research and Construction, Ottawa, Canada: National Research Council.
10. Slone, D.K. and D.E. Evans. 2003. Integrating Green Roofs and Low Impact Design into Municipal Storm Water Regulations. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
11. Brenneisen, S. 2003. The Benefits of Biodiversity from Green Roofs Key Design Consequences. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ТС 19510215

Арк

76

12. Liu, K. and B. Baskaran. 2003. Thermal Performance of Green Roofs Through Field Evaluation. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
13. Taube, B. 2003. City of Atlanta Greenroof Demonstration Project. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
14. Cheney, C. and C. Rosenzweig. 2003. Green Roofs and Environmental Restoration Towards an Ecological Infrastructure for New York City. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
15. Laberge, K. 2003. Urban Oasis: Chicago's City Hall Green Roof. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
16. DeNardo, J. C., A.R. Jarrett, H.B. Manbeck, D.J. Beattie, and R.D. Berhage. 2003. Green Roof Mitigation of Stormwater and Energy Usage. ASAE Meeting Paper No. 032305. St. Joseph, Michigan.
17. Herman, R. 2003. Green Roofs in Germany: Yesterday, Today and Tomorrow. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
18. Liesecke, H-J. 1999. Extensive Begrünung bei 50 Dachneigung. Stadt Und Grun, 48 (5): 337-346. (In German)
19. Liesecke, H-J. 1998. Das Retentionsvermögen von Dachbegrünungen. Stadt Und Grun, 47 (1): 46-53. (In German)
20. Hutchinson, D., P. Abrams, R. Retzlaff, and T. Liptan. 2003. Stormwater Monitoring Two Ecoroofs in Portland, Oregon, USA. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003: May 29-30, 2003; Chicago, Illinois.
21. Rowe, D.B., C.L. Rugh, N. VanWoert, M.A. Monterusso, and D.K. Russell. 2003. Green Roof Slope, Substrate Depth, and Vegetation Influence Runoff. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.

Підп. і дата	
Інв.№доудл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№породи.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

TC 19510215

Арк

77

22. Schade, C. 2000. Wasserrückhaltung und Abflussbeiwerte bei dunnschichtigen Extensivbegrünungen. Stadt Und Grun, 49 (2): 95-100. (In German)
23. Торчик В. Сады на крышах. Минск, 1989.
24. Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу ДСанПіН 5.5.2.008-01 № 63. - Чинний від 14.08.2001, з 14 серпня 2001 року.
25. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - Чинний від 2007-04-01, з 1 квітня 2017 р. вступає в дію ДБН В.2.6-31:2016. На заміну ДБН В.2.6-31:2006 (СНиП II-3-79), – 2016.-30 с.
26. Рішення міськвиконкому про «Норми водоспоживання» по м. Суми від «20. 04.1999р.» № 172.
27. ДБН В.2.6.-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.- Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну (СНиП II-3-79). Введ. 09.09.2006 р.- К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України,2006. – 72
28. Норми витрат електричної і теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України. - Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. - Київ, 1999.
29. Гуляева Е.А. "ОБУСТРОЙСТВО ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ" / Гуляева Елизавета Александровна. – Санкт-Петербург, 2014. – 94 с. – (Магистерская работа).
30. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых и общественных зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений : [Методические рекомендации]. – М: Москомархитектура, АОА «Моспроект», 2001. – 46 с.
31. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей: ДБН В.2.6-22-2001.– [чинний від 01.01.2002]. – К. : Державний

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подл.	Взаєм.інв.№
Вид	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	Дата

ТС 19510215

Арк

78

комітет будівництва, архітектури і житлової політики України 2001. – (Державні будівельні норми).

32. Устройство плоских кровель различных видов [Електронний інтернет-ресурс]: - Режим доступу до ресурсу: <https://srbu.ru/krysha/156-ustrojstvo-ploskoj-krovli.html>

33. Теплофизические характеристики, таблица [Електронний інтернет-ресурс]: «Коэффициенты теплопроводности различных материалов» - Режим доступу до ресурсу: <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>

34. Д-Н.Б В .1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.-123 с.

35. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.

36. Nasha-stroyka [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на базальтову (минеральну) вату» - Режим доступу до ресурсу: <https://nasha-stroyka.com.ua/mineralnaya-vata/filter/tolshchinamm-is-50-or-150/apply/>

37. Mizol [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на ПВХ Мембрану» - Режим доступу до ресурсу: <https://mizol.prom.ua>

38. Мегабуд Плюс [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на пароізоляцію» - Режим доступу до ресурсу: <https://megabudplus.com.ua>

39. Теплоизол [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціна на дюбель фасадний» - Режим доступу до ресурсу: <https://teploizol.in.ua>

40. Монтаж утепловача даху [Електронний інтернет-ресурс]: «Ціни покрівля та водостоки» - Режим доступу до ресурсу: <https://www.rabotniki.ua>

41. Основы энергетического менеджмента: конспект лекцій / укладач С. В. Сапожніков. –Суми: Сумський державний університет,2015. –163с.

42. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№породи.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510215

Арк  
79



43. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори в роботі навчального закладу, їхня загальна характеристика, засоби захисту. – Електронний ресурс/Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5251441/page:10/>
44. Тан, Пенсільванія та Сіа, А. (2005) "Пілотний дослідницький проект із зеленого даху в Сінгапурі", Праці 3-ї північноамериканської Зеленої даху Конференція: Екологізація дахів для стійких громад, Вашингтон, округ Колумбія, The Cardinal Group, Торонто, 4–6 травня, с. 99–415
45. Ментенс, Дж., Рейс, Д. та Гермі, М. (2006) 'Зелені дахи як інструмент вирішення проблеми стоку дощової води в урбанізованих 21 століття?', Ландшафтне та містобудування, т. 77, № 3, с. 217–226
46. Паломо, EDB (1998) 'Аналіз потенціалу охолодження зелених дахів у будинках', Енергетика та будівлі, т. 27, № 2, с. 179–193. Porsche, U. and Köhler, M. (2003) "Витрати на життєвий цикл зелених дахів: порівняння Німеччини, США та Бразилії" Праці Всесвітньої кліматичної та енергетичної події, Ріо-де-Жанейро, Бразилія, 1–5 грудня, с. 461–467
47. Сейлор, ді-джей, Хатчінсон, Д. та Боковой, Л. (2008) 'Вимірювання теплових властивостей ґрунтів екопокриття, поширених у західна частина США ', Енергетика та будівлі, т. 40, № 7, с. 1246–1251 Сантамуріс, М. (2007) «Дослідження теплових островів у Європі: стан техніки», Досягнення в галузі досліджень енергетики будівель, том 1, с. 123
48. ТЕХНІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ КУ ЗОШ № 24 СМР КВ. Р. магістрант ГРИГОРЕНКО Д. кер. СОТНИК М.І. К.Т.Н.

Інв.№подоки.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 19510215					Арк
										80
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	