

МАТВІЙКО ЄВГЕН РОМАНОВИЧ

ОЦІНКА ВПЛИВУ «ЗЕЛЕНИХ» ПОКРІВЕЛЬ НА ТЕПЛОВТРАТИ
ЧЕРЕЗ ПОКРИТТЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

192 Будівництво та цивільна інженерія
магістр

2018

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	7
1.1 Актуальність дослідження	7
1.2 Огляд літератури	8
1.3 Визначення поняття «зелена» покрівля	12
1.4 Історія «зеленої» покрівлі	12
1.5 Особливості створення зеленої покрівлі	14
1.6 Переваги та недоліки «зелених» покрівель	14
1.7 Типи «зеленої» покрівлі.	15
1.8 Мета та задачі дослідження	16
Висновки	17
РОЗДІЛ 2	18
2.1 Технологія і устрій «зеленої» покрівлі	18
2.2 Вхідні дані для розрахунку тепловтрат через покриття житлових будинків при використанні системи «зелена покрівля».....	19
2.3 Основні характеристики незмінних матеріалів конструкції.	21
2.4 Характеристики змінних матеріалів конструкції	23
2.5 Методика розрахунку теплотехнічних характеристик покрівель.....	26
2.6 Порівняльний аналіз результатів нормативного розрахунку та за допомогою програмного комплексу «SmartCalc».	27
Висновки	30
РОЗДІЛ 3	31
3.1 «Зелена» покрівля на базі утеплювача з екструзійного пінополістиролу..	31
3.2. «Зелена» покрівля на базі утеплювача з пінополіуретану.....	33

	3
3.3 «Зелена» покрівля на базі утеплювача з полістирол-бетону.....	35
3.4 Зона конденсації.....	38
3.5 Порівняння отриманих результатів розрахунків.....	39
Висновки.....	43
ВИСНОВКИ.....	45
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	46
ДОДАТОК А Розрахунки теплотехнічних характеристик покрівлі при використанні системи «зелена покрівля».....	50
ДОДАТОК Б Розрахунки теплотехнічних характеристик покрівлі без використанні системи «зелена» покрівля та при звичайному утепленні.....	51

ВСТУП

Актуальність дослідження ґрунтується на тому, що на сьогоднішній день велика кількість будинків, включаючи деякі новобудови та існуючий житловий фонд, не відповідають нормативним показникам опору теплопередачі, особливо з боку покриття. Це пояснюється тим, що в 2016 році були оновлені нормативи, які тепер наближені до європейських. Таким чином існуючі будинки потребують модернізації. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є впровадження екологічного будівництва, а саме використання систем «зелена» покрівля. Отже, дослідження, пов'язані з визначенням теплотехнічних параметрів конструкцій покрівель будівель на основі «зеленого» будівництва з метою обґрунтування раціональних параметрів багатошарових «зелених» покрівель, є актуальними та відповідають нагальним потребам економіки України.

Мета роботи – визначення впливу екстенсивної «зеленої» покрівлі на тепловтрати через покриття житлових будинків при різних типах утеплювачів в підстилаючих шарах даної конструкції та обґрунтування раціонального варіанту пошарової будови даних покрівель. Це дозволить більш доцільно спрямовувати кошти на покращення теплотехнічних характеристик житлового фонду, а також поліпшить екологічний стан місцевості.

Основна ідея роботи полягає в урахуванні теплотехнічних характеристик покрівель з використанням системи «зелена покрівля» під час обґрунтованого вибору її конструкції.

Об'єктом дослідження є багатошарова конструкція «зелених» покрівель житлових будинків, яка побудована на основі різних систем утеплення.

Предметом дослідження є теплотехнічні характеристики багатошарових «зелених» покрівель.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні

основні задачі дослідження:

- Визначити конструкційні особливості «зелених» покрівель житлових будинків в залежності від характеру експлуатації цих покрівель.
- Встановити теплотехнічні параметри матеріалів змінних та незмінних шарів, що входять до конструкції екстенсивних «зелених» покрівель.
- Обґрунтувати методику розрахунку теплотехнічних показників багатошарових «зелених» покрівель.
- Виконати розрахунки теплотехнічних показників покрівель з використанням системи «зелена покрівля» та без неї.
- Здійснити порівняльний аналіз теплозахисної ефективності різних конструкцій багатошарових «зелених» покрівель.
- Обґрунтувати найбільш раціональну конструкцію теплозахисного шару «зеленої» покрівлі.

Методи дослідження. В даній роботі мета досягнена шляхом використання комплексного підходу, що включає узагальнення і аналіз інформації, діючої нормативної бази та досвіду з улаштування та експлуатації «зелених» покрівель, застосування апробованих методів будівельної механіки та фізико-математичних розрахунків для оцінки теплотехнічних показників досліджуваних конструкцій «зелених» покрівель.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше розглянуто систему «зелена покрівля» як варіант утеплення житлових будинків з метою покращення теплотехнічних показників;
- доведено закономірності залежності опору теплопередачі екстенсивних «зелених» покрівель від їх пошарової будови, а саме систем утеплення в підстилаючих шарах.
- обґрунтовано доцільність використання системи «зелена покрівля», як елементу утеплення будинку.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни теплозахисних властивостей багатошарових «зелених» покрівель в залежності від їх конструктивного виконання.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні раціональних конструкцій теплозахисного шару «зеленої» покрівлі під час модернізації існуючого житлового фонду та нового будівництва.

Публікації. За результатами попередньо проведеної роботи опублікована стаття на п'ятій всеукраїнській науково технічній конференції «Молодь: наука та інновації», що проходила 28-29 листопада 2017 року в Національному гірничому університеті.

Структура та об'єм роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаної літератури з 31 найменувань на 4 сторінках та двох додатків на 20 сторінках. Данна робота викладена на 48 сторінках машинописного тексту, включає 14 рисунків та 13 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок.

РОЗДІЛ 1

Актуальність дослідження та огляд літератури.

Мета та завдання дослідження

1.1 Актуальність дослідження

Актуальною проблемою при будівництві житлового будинку або утепленні покрівлі вже існуючого будинку є зменшення рівня тепловтрат: зростання цін на енергоресурси призвело не тільки до більш економного споживання тепла, а й пошуків ідеальних систем утеплення. Якщо підійти до питання комплексно, то добре утеплена покрівля здатна в кілька раз зменшити відтік теплового повітря і сформувати усередині будинку особливий, комфортний мікроклімат.

З метою модернізації існуючого житлового фонду 12 липня 2017 року Уряд виділив додаткові 300 млн грн. на фінансування програми «теплих» кредитів у 2017 році. Суть програми полягає в тому, що держава компенсує частину витрат на підвищення енергоефективності житлових будинків. На сьогодні найбільш популярними є заходи з утеплення стін будинків пінополістиролом, але при поверховості будівлі від 5 поверхів за втрату тепла до 30% відповідає покриття [1]

На сьогоднішній день досить велика кількість багатоквартирних будинків не відповідають нормативним показникам опору теплопередачі, особливо з боку покриття. Це пояснюється тим, що в 2016 році були оновлені нормативи, які тепер наближені до європейських. Таким чином, існуючі будинки потребують модернізації.

Вирішити цю проблему можна за допомогою цільового утеплення покриття. Одним з варіантів такого утеплення є влаштування «зеленої» покрівлі. Такий варіант даху не тільки зменшує тепловтрати, але й покращує екологію місцевості. Отже, дослідження, пов'язані з визначенням теплотехнічних параметрів конструкцій покрівель будівель на основі «зеленого» будівництва з метою обґрунтування раціональних параметрів

багатошарових «зелених» покрівель, є актуальними та відповідають нагальним потребам економіки України.

1.2 Огляд літератури

Незважаючи на те, що системи типу «зелена покрівля» не є новинкою в будівництві, проте в Україні цей напрямок ще недостатньо розвинений і тому основну літературу по ньому складають зарубіжні роботи та статті.

В роботі [2] авторами В.М. Шуваловим та М.М. Саадом актуальність використання «зелених» покрівель базується на тому, що великі міста стикаються з проблемами забруднення повітря та шумового впливу. А саме забруднення повітря автомобільним і вантажним транспортом, забруднення повітря смогом. Смог виникає через наявність в атмосфері високої концентрації оксидів азоту, вуглеводнів, інтенсивної сонячної радіації і затишності. Це одна з головних проблем незадовільного екологічного стану міста. Найчастіше смог виникає при спекотному літі, при тривалій ясній погоді. Цей фактор призводить, зокрема, до прискореного руйнування фасадів будівель.

Також автори наголошують, що серйозною проблемою міст є шум. Вплив шуму на людину з часом може призвести до погіршення слуху. Скарги на шум починають з'являтися при перевищенні шуму в 35 дБА, число скарг різко зростає при рівні вуличного шуму вище 75 дБА. В роботі [2] пропонується боротьба з транспортним шумом такими способами:

- зонуванням території;
- поділом потоків вантажного і автомобільного транспорту;
- за рахунок широкого використання споруд, які екранують джерела шуму, а також висадки зелених насаджень, що захищають від шуму;
- за рахунок обмеження руху транспорту в центрі міста, перерозподілу на магістралі безперервного руху.

Проаналізувавши наведені екологічні проблеми, можна зробити висновок, що важливим фактором в покращення екології міст є устрій паркових зон в районах для захисту від шуму і пилу від автотранспорту.

Електронні ресурси [3; 4] наголошують, що на сьогоднішній день при задачі в експлуатацію нових житлових районів гостро стоїть проблема організації місць відпочинку громадян. Озеленення в місті, крім естетичної краси, захищає від впливу вихлопних газів, а також вбирає шкідливі гази, що містяться в повітрі.

Доведено, що при озелененні районів міста рекомендується висаджувати різні види дерев, чагарників, трав'янистих рослин. Крім вітрозахисних властивостей, дерева грають важливу роль в боротьбі з шумом. Вони поглинають до 24% звукової енергії, а її частину, відображають, розсіюючи її в усіх напрямках. Навіть в безлистому стані зелені насадження знижують рівень шуму на 2-6 дБА. Саме тому, на сьогоднішній день без благоустрою території не здається жоден архітектурний об'єкт.

В багатьох іноземних та вітчизняних роботах зазначають, що тема «зелене» будівництво є досить актуальною на сьогоднішній день, так як вплив усіх факторів став істотно позначатися на будівництві в цілому. Автори визначають «зелені» будівлі як системне продовженням розвитку енергоефективних будівель.

Авторами роботи [5] розглянуте питання «зеленого» будівництва з економічної точки зору. Зазначається що відповідність стандартам «зеленого» будівництва дозволяє значно підвищити інвестиційну привабливість проекту, інвестори можуть розраховувати на підвищення чистого операційного доходу на 5,9%. Автори В.М. Филипенко, Р.Г. Абакумов виділяють такі фактори підвищення інвестиційної привабливості об'єктів зеленого будівництва:

- збільшення орендної плати на 2-16%;
- зниження операційних витрат на 25 - 30% за рахунок скорочення споживання енергії;
- збільшення вартості при продажу на 5,8-35%;
- привабливість для платоспроможних і довгострокових орендарів.

Проте можна зробити висновок, що вартість будівництва приблизно на 8-10% більше середніх показників для звичайного будинку, а додаткові витрати окупаються протягом 7-10 років.

Автори роботи [6] Т.А. Федорова, Ф.Г. Столярова, П.С. Кордюков, М.С. Осинцева розглядають питання довговічності «зелених» покрівель, а саме види рослин, що найбільш підходять для висадження на даху. Рекомендується обирати рослини невибагливі, які не бояться посухи, сильних вітрів, перепадів температур, прямих сонячних променів та морозів. Основний принцип висадки рослин для зеленої даху - висадження рослин, які потребують мінімального догляду і цвітуть в різний час. Авторами сказано, що при оптимальному підборі видів можна отримати сад безперервного цвітіння. Для таких кліматичних умовах, як в нашому регіоні, добре підійдуть такі види рослин: молодило, шавлія, горлянка повзуча, ломикамінь, чебрець, купавка благородна, катула шорстка. Також підійдуть багато мілколукових квітів. Якщо будівля знаходиться в тіні, то на покрівлі можна висадити барвінок і вербейник, мох, а також лишайники.

В роботі [6] наведено такий висновок: «Озеленення дахів з кожним роком стає все більш актуальним, а в зв'язку з цим виникає потреба у вирішенні проблеми правильного технологічного підбору рослин для зелених покрівель».

В багатьох роботах окремо виділяють рослини роду *Sédum*. Седум - найпопулярніший варіант для покрівельного озеленення, так як седумний килим вважається одним з найбільш простих і декоративних видів озеленення дахів. Данні рослини відрізняються великою різноманітністю відтінків, а також невибагливістю до складу ґрунту. За короткий термін вони здатні створювати красиві, яскраві, різноманітні за текстурою і кольором живі квітучі килими.

Даний вид озеленення практично універсальний: седуми можна застосовувати на плоских горизонтальних і похилих дахах, а також дахах з кутом ухилу до 25°, висаджувати зверненими на будь-яку сторону світла, а також використовувати для екстенсивного та інтенсивного способу озеленення дахів. Килим з седумів дуже невибагливий, вимагає мінімального догляду і

практично не потребує додаткового поливу. Тому цей елемент покрівельного декору відрізняється відносно маленькою висотою - приблизно 10-12 см.

В роботі [7] «зелений» дах розглянуто з точки зору унікального об'єкту для розведення флори. Зазначається, що у сучасному світі, при створенні об'єктів ландшафтної архітектури все більше уваги приділяється так званому «духу місцевості», який неможливо створити без використання місцевих видів рослин. Зроблено висновок - якщо зелений дах являє собою зразок місцевої флори, то він може нести освітню функцію і стати унікальним міським місцеперебуванням - біотопом, привабливим для аборигенної фауни.

В роботі [8] автором А.О. Іоффе говориться що визначення типу зеленого даху - це аналіз даних, зібраних на проектному етапі і що саме комплексний підхід дозволяє встановити той тип даху, який можливо створити на конкретному будинку. Як один з результатів роботи створена блок-схема вибору типу «зеленої» покрівлі, що наведена нижче.

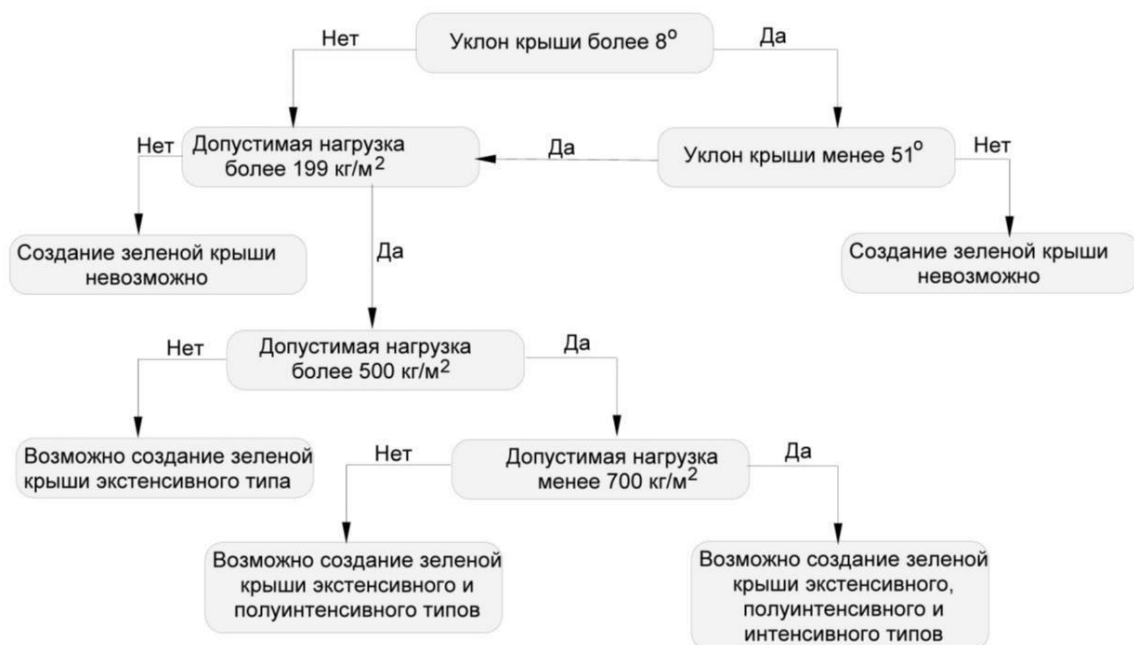


Рисунок 1.1 Схема визначення типу «зеленої» покрівлі [8]

В роботі [9] розглянута взаємодія «зеленого» будівництва та навчального процесу на прикладі зарубіжних шкіл, де вже впроваджені системи типу «зелена покрівля». Автор зазначає, що урбанізоване міське середовище, в

якому знаходяться «зелені» школи – це свого роду антипод природного середовища, де контакт з природою значно обмежений. Створення «зелених шкіл» – надзвичайно перспективний процес, направлений не тільки на формування додаткових екологічних просторів, але і на екологію людини. Якісне архітектурне середовище і дизайн подібних шкіл позитивно впливають на стан здоров'я, психофізичний комфорт, розвиток творчих здібностей та розвиток інтелектуального потенціалу учнів.

Як висновок за проведеним оглядом, можна сказати, що в основному всі автори розглядають «зелену» покрівлю з точки зору екологічних переваг та компенсації зелених насаджень в великих містах. Також деякі роботи присвячені економічному обґрунтуванню використання зелених насаджень на даху, як інструменту отримання додаткового прибутку. Проте мало розглянуто питання використання системи «зелена» покрівля, як додатковий інструмент захисту будинків від втрат тепла та підвищення його енергоефективності.

1.3 Визначення поняття «зелена» покрівля

«Зелена» покрівля - це складний багатошаровий килим, на верхньому шарі якого присутні зелені насадження. Таким чином, конструкція виконує не тільки захисні функції, але і дозволяє додатково ефективно використовувати відкриті площі, а саме - створювати на них парки, пікнікові зони, газони та інші мальовничі ландшафти.

«Зелені» дахи є вирішенням актуальних на даний момент проблем: компенсації рослинних насаджень, втрачених в результаті будівництва; зменшення обсягів і швидкості стоку дощової води з дахів; зменшення температури їх нагріву. При цьому, у людей з'являються нові місця відпочинку, а будівля набуває більш привабливого зовнішнього вигляду.

1.4 Історія «зеленої» покрівлі

Історія «зеленої» покрівлі йде глибоко в старовину. Досить згадати відоме «чудо світу» - «висячі сади Семіраміди», що датуються 600-м роком до нашої ери, які, по суті, поклали початок актуальним сьогодні зеленим насадженням. Уже пізніше, в північно-європейських країнах, люди

використовували мох і дерен для утеплення своїх будинків. А в країнах Західної Європи в 17 столітті виник цілий рух по облаштуванню терас на дахах будівель з метою вирішення соціально-естетичних задач.

Родоначальником сучасних садів на даху є німецький будівельник Карл Рабітц, який викликав сенсацію на Всесвітній виставці в Парижі в 1867 р, звівши на даху свого будинку справжній зелений сад. Після цього озеленення покрівель стало неймовірно популярно у всьому світі. [6]

Сьогодні такий вид покриттів особливо актуальний в містах Європи, в основному через те, що кам'яна забудова займає близько 80% міської площі. У таких містах «зелені» покрівлі - необхідні через недостатню кількість вільного місця для зелених насаджень

Як буде виглядати сучасний дах - залежить від бажань замовника і архітектора. «Зелені» покрівлі залишаються одним з найбільш перспективних напрямків будівництва в Україні, де починаючи з 1992 р. було облаштовано 150000 м² зелених покрівель. [10]

При їх облаштуванні потрібно передбачити безліч нюансів, проконсультуватися з цілим рядом фахівців - інженерами і проектувальниками, архітекторами і дендрологами.

1.4.1 Зелена покрівля в місті Дніпро.

На даний час в місті Дніпро вже втілені декілька проектів з влаштування зеленої покрівлі, що стали відомими не тільки в Україні, а й за кордоном:

- 1) «Вілла Олімпія», дах якої виконаний за технологією екстенсивної зеленої покрівлі у вигляді двох терас. Загальна площа становить 474,4 м².
- 2) Комплекс «Каскад Плаза», дах якого виконаний за технологію інтенсивної покрівлі. Загальна площа становить 300 м².
- 3) Приватний будинок по вулиці Чернишевського, дах якого виконаний за технологією інтенсивної покрівлі. Загальна площа становить 170 м². [11]

1.5 Особливості створення зеленої покрівлі

Щоб рослини на даху могли повноцінно рости і при цьому не страждала сама будівля і її внутрішні приміщення, повинні бути створені спеціальні умови і враховані всі особливості:

- 1) розробка проекту «зеленої» покрівлі повинна відбуватися на стадії розробки проекту всього будинку, щоб було враховане додаткове навантаження на несучі конструкції будівлі і фундамент;
- 2) «зелена» покрівля найбільше підходить для дахів з малим кутом нахилу - до 12 градусів, більш складними є проекти з дахами, кут нахилу яких досягає 30 градусів;
- 3) дах будівлі повинен отримувати достатню кількість сонячного світла, щоб рослини «відчували себе комфортно»;
- 4) пошаровий «пиріг» покрівлі повинен бути виконаний за всіма правилами і з застосуванням якісних матеріалів, щоб уникнути протікання і дати корінням рослин нормально розвиватися.

1.6 Переваги та недоліки «зелених» покрівель

Як і будь-який проект, зелена покрівля має, як гідності, так і певні недоліки:

а) екологічні переваги «зеленої» покрівлі:

- покращена якість повітря (фільтрація міського повітря і абсорбція пилу і бруду з розрахунку 0,2 грм / кв.м. / добу);
- покращена якість води (фільтрація через субстрат дощової води);
- охолодження міського повітря на 1-2 ° С;
- збалансування вологості міського середовища;
- додатковий процес фотосинтезу;
- акумуляція 30-90% дощової води в субстраті;
- поступове повернення частини вологи накопиченої в субстраті з різницею в часі в атмосферу («зелена» покрівля повертає близько 60%);
- зменшення «піку» навантаження на систему водовідведення будинку і систему міської каналізації;

- гасіння звукових коливань від транспорту до 8дБ і відображення до 3дБ;
- відображення рослинами електромагнітного «смогу».

б) економічні переваги «зеленої» покрівлі:

- захист гідроізоляції від сонячної радіації – УФ;
- захист гідроізоляції від перепаду температур (додатковий термічний захист влітку і взимку);
- зменшення витрат на підігрів і охолодження верхніх поверхів будівлі;
- термін експлуатації покрівлі до 50-ти років.

в) комерційні переваги «зеленої» покрівлі:

- створення різного роду пейзажів і ландшафтів на покрівлі;
- додатковий простір для відпочинку людей (спортивний майданчик, кафе, бюро);
- збільшення вартості верхніх поверхів, а також всього спорудження до 30%.

г) недоліки:

- додаткова досить велика вага, в зв'язку з чим в конструкцію будинку повинен бути закладений великий запас міцності;
- трудомісткі ремонтні роботи в разі виникнення протікання.

1.7 Типи «зеленої» покрівлі.

Сьогодні розрізняють два типи зелених покрівель.

а) екстенсивна «зелена» покрівля

В цьому випадку переважно росте трава на даху будинку, а доступ людей обмежений. Траву розподіляють по тонкому шару ґрунту і після зростання зелена поверхня відрізняється найбільш простим доглядом: її необхідно тільки стригти і чистити від бур'янів. У числі переваг такої покрівлі:

- низька вартість;
- відносно невелика вага;
- простота висадки рослин.

Ґрунтова суміш складається з гравію, органічних речовин, керамзиту, торфу, піску і має товщину на покрівлі від 5 до 15 см. З рослин застосовуються

грунтопокривні, яким не страшні посухи і коливання температур. Рослини інших видів висаджують в окремі ємкості і розставляють в різних місцях такої покрівлі.

б) інтенсивна «зелена» покрівля

У цьому випадку на даху можуть бути висаджені найрізноманітніші рослини: від квітів до чагарників і невеликих дерев. Підсумком стає більш складна екосистема, яка вимагає повноцінного догляду і поливу. Тут вже товщина ґрунтового шару становить близько 60 см, що значно ускладнює конструкцію. Головне достоїнство - 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.

1.8 Мета та задачі дослідження

Актуальною проблемою при будівництві житлового будинку або утепленні покрівлі вже існуючого будинку є зменшення рівня тепловтрат: зростання цін на енергоресурси призвело не тільки до більш економного споживання тепла, а й пошуків ідеальних систем утеплення. Вирішити цю проблему можна за допомогою цільового утеплення покриття. Одним з варіантів такого утеплення є влаштування «зеленої» покрівлі. Такий варіант даху не тільки зменшує тепловтрати, але й покращує екологію місцевості. Отже, дослідження, пов'язані з визначенням теплотехнічних параметрів конструкцій покрівель будівель на основі «зеленого» будівництва з метою обґрунтування раціональних параметрів багат шарових «зелених» покрівель, є актуальними та відповідають нагальним потребам економіки України.

Метою роботи є визначення впливу екстенсивної «зеленої» покрівлі на тепловтрати через покриття житлових будинків при різних типах утеплювачів в підстиляючих шарах даної конструкції та обґрунтування раціонального варіанту пошарової будови даних покрівель. Це дозволить більш доцільно

спрямовувати кошти на покращення теплотехнічних характеристик житлового фонду, а також поліпшити екологічний стан місцевості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Визначити конструкційні особливості «зелених» покрівель житлових будинків в залежності від характеру експлуатації цих покрівель.
2. Встановити теплотехнічні параметри матеріалів змінних та незмінних шарів, що входять до конструкції екстенсивних «зелених» покрівель.
3. Обґрунтувати методику розрахунку теплотехнічних показників багатошарових «зелених» покрівель.
4. Виконати розрахунки теплотехнічних показників покрівель з використанням системи «зелена покрівля» та без неї.
5. Виконати порівняльний аналіз теплозахисної ефективності різних конструкцій багатошарових «зелених» покрівель.
6. Обґрунтувати найбільш раціональну конструкцію теплозахисного шару «зеленої» покрівлі.

Висновки

1. Встановлена актуальність дослідження та описана існуюча проблема.
2. Проведений огляд літератури та виявленні недостатньо розглянуті питання.
3. Встановлено визначення поняття «зелена» покрівля.
4. Розглянута коротка історія «зелених» покрівель.
5. Приведені особливості створення «зелених» покрівель та їх переваги і недоліки.
6. Наведені два основні типи системи «зелена покрівля».
7. Сформульована мета дослідження та поставлені основні задачі.

РОЗДІЛ 2

Технологічні та конструктивні аспекти зелених покрівель. Методика розрахунку теплотехнічних показників екстенсивних зелених покрівель.

2.1 Технологія і устрій «зеленої» покрівлі

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 застосовується геотекстильні матеріали.

Слід розуміти, що рослинам для росту потрібно ґрунт і волога, відповідно технологія влаштування «зеленої» покрівлі передбачає створення особливої конструкції у вигляді пирога, в якому кожен шар виконує свої певні функції. Пошарова будова системи «зелена покрівля» має вигляд:

- Гідроізоляційний шар. В якості гідроізоляції застосовується спеціальна мембрана, яка не пропускає воду і огорожує будівлю від проникнення всередину вологи. Оптимальний варіант - полімерна гідроізоляційна мембрана м'якої структури з захистом від коріння.
- Теплоізоляційний шар. Теплоізоляційний матеріал, у якості якого може виступати, як піноскло, так і звичайні пінополістирол та поліуретан, укладається на бетонну основу з пароізоляцією або на дерев'яну обрешітку. Це дозволяє утримувати в будинку тепло і не пропускати всередину холод, навіть у разі накопичення холодної води всередині «зеленої» покрівлі, а також у випадку раптових заморозків.
- Дренажний шар. Дренаж необхідний для того, щоб відвозити від коріння рослин залишки вологи з метою запобігання гниттю. Для дренажу прекрасно підходить щебінь або гравій. Хороший відвід води буде здійснюватися, якщо покрівля має допустимий уклін.

- Фільтруючий шар. Цей шар служить для запобігання попадання в дренажний шар частинок ґрунту. Для цього майданчик застигають геотекстилем, який прекрасно пропускає і воду, і повітря.
- Ґрунтовий шар. Склад ґрунтового субстрату підбирають, виходячи з рослин, які будуть використовуватися у висадці. Якщо «зелена» покрівля екстенсивна, тобто передбачає виростання тільки газонної трави, то досить шару ґрунту 100 мм. У разі монтажу інтенсивної покрівлі шар ґрунту насипають близько 600 мм.
- Рослинний шар. Це безпосередньо ті рослини, які висаджуються на покрівлі, для чого найчастіше підбираються види, стійкі до посухи, сонця, вітрів та перепадів температури.

2.2 Вхідні дані для розрахунку тепловтрат через покриття житлових будинків при використанні системи «зелена покрівля».

Згідно ДБН В.2.6 – 31:2016 [12] мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель R_{qmin} , для 1-ї кліматичної зони, до якої відноситься Дніпропетровська область, становить $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для покриття мансардного типу, до якого можна віднести пристрій «зеленої» покрівлі.



Рисунок 2.1 карта-схема температурних зон України [13]

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Таблиця 2.1 значення мінімального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій [12]

Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [12] для розрахунку внутрішню температуру повітря приймаємо 20°C та відносну вологість 55%.

Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень (для теплотехнічних розрахунків)

Призначення будівлі	Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{\text{в}}$, $^\circ\text{C}$	Розрахункове значення відносної вологості $\varphi_{\text{в}}$, %
Житлові будівлі та готелі	20	55

Таблиця 2.2 значення внутрішньої температури повітря та вологості [12]

Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [12] для першої кліматичної зони, до якої відноситься місто Дніпро, для розрахунку зовнішню температуру повітря приймаємо -22°C та відносну вологість в 85%.

Розрахункова температура зовнішнього повітря

Температурна зона	I	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$	мінус 22	мінус 19

Таблиця 2.3 значення зовнішньої температури повітря [12]

Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [12] для розрахунку приймаємо вологий режим експлуатації приміщень «А».

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях

Вологісний режим приміщень	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б

Примітка. Матеріали внутрішніх конструкцій будівель із нормальним режимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А.

Таблиця 2.4 значення вологого режиму експлуатації приміщень [12]

Згідно ДСТУ Б В.2.6-189 2013 [14] коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_v = 8,7$; $\alpha_z = 12$ Вт/(м²*К)

Ч.ч.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² *К)	
		α_v	α_z
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

Таблиця 2.5 розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_v та зовнішньої α_z поверхонь огорожувальної конструкції [14]

2.3 Основні характеристики незмінних матеріалів конструкції.

Система «зелена» покрівля являю собою багатошарову конструкцію в якій присутні, як незмінні матеріали, так і матеріали, що можливо змінити. В обраній для розрахунку системі екстенсивної «зеленої» покрівлі матеріалом

що змінюється буде прошарок утеплювача, нормативних показників можна досягти лише правильно визначивши його тип та товщину.

а) залізобетонна монолітна плита, товщиною 200мм.

Залізобетонна монолітна плита товщиною 200 мм. була обрана як несуча конструкція. Її основні розрахункові характеристики такі:

Щільність $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 0.84 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°К)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 1.69 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°К)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.03 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 2 \%$

б) пароізоляційна мембрана.

Пароізоляційна мембрана — захищає конструкцію покрівлі від потрапляння вологи, запобігає конденсації водяної пари в утеплювачі. Це тришаровий матеріал, який має в своїй основі решітку армування з волокон поліпропілену, на яку з двох сторін нанесений поліетилен. Опір паропроникненню плівки становить $R_{\text{п}} = 7 \text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)/мг}$.

в) рубероїдний килим товщиною 3мм (один шар)

Гідроізоляція — це захист будівельних конструкцій і споруд від проникання води, шкідливого впливу хімічно агресивних і стічних вод, рідин тощо. Гідроізоляційні матеріали, тобто водонепроникні матеріали, застосовують для того, щоб максимально унеможливити проникнення вологи в конструктивні елементи споруд, уникнути руйнування конструкцій будівлі та оздоблення приміщень. Основні характеристики матеріалу:

Щільність $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 1.68 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°К)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.17 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°К)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.00136 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 0 \%$

г) шар алюмінієвої фольги

Фольгований паробар'єр завдяки наявності рефлекторного металізованого шару відбиває значну частину інфрачервоного (теплого) випромінювання.

Опір паропроникненню такого матеріалу $R_p = 100 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$

д) дренажний шар з гравію керамзитового 300кг/м³

Дренаж необхідний для того щоб коріння рослин дихали і не було скупчення води, згубного для коренів. Дренаж дозволяє уникнути замочування коріння. Він буде вологим, що не дозволить сильно пересохнути корінню, але в той же час не буде скупчення води. Розрахункові показники матеріалу такі:

Щільність $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 0.84 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°К)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.099 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°К)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.26 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 3 \%$

е) шар рослинного ґрунту

Даний шар служить для висадження на ньому зелених насаджень. Для «зеленої» покрівлі може коливатись в межах 100-500 мм. Основні розрахункові характеристики матеріалу такі:

Щільність $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 0.84 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°К)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°К)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.15 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 2 \%$

2.4 Характеристики змінних матеріалів конструкції**а) екструзійний пінополістирбл**

ЕППС — синтетичний теплоізоляційний матеріал, що був створений в США в 1941 році. Виготовляється з гранул полістиролу шляхом нагрівання та екструзії. Екструзійний пінополістирол має однорідну структуру (з герметично

замкнених пухирців). Саме така структура надає матеріалу низької теплопровідності (на 20 % нижчої, аніж у мінераловатних чи скловолоконних утеплювачів) і високої міцності, робить матеріал паронепроникним і не дозволяє вбирати вологу. Екструзійний пінополістирол застосовується не тільки для утеплення стін, але і фундаментів, пристрою теплих покрівель в тому числі і «зелених». Покрівля з використанням плит ЕППС може експлуатуватися без ремонту не менше 25—30 років, що відповідає експлуатаційному терміну «зеленої» покрівлі. Така довговічність досягається особливим розташуванням елементів.. Основні розрахункові характеристики матеріалу:

Щільність $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 1.45 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.032 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.006 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 25 \%$

б) пінополіуретан.

У 1934 році американський хімік Уоллес Хьюм Карозерс, провів дослідження, які привели до винаходу ряду нових поліамідів. Саме на підставі його експериментів, у Німеччині, в концерні “IGFarbenindustrie” почалися роботи зі створення матеріалів подібних поліаміду, в результаті чого були винайдені нові полімери – поліуретани. Перший жорсткий поліуретановий пінопласт був отриманий в 1937 році Отто Байером, і вже в 1944 році, там само, в Німеччині, було організовано промислове виробництво пінополіуретанів на основі складних поліефірів, а також їх аналогів на основі менш дорогих простих поліефірів.

Пінополіуретан — синтетичний пористий матеріал здатний протистояти найагресивнішим мікроорганізмам і середовищам, застосовується в якості теплоізоляції, і так само акустичної та гідроізоляції при будівництві, капітальному ремонті житлових будинків. Найбільший термін служби

утеплювача спостерігався в умовах знижених температур, безкисневого середовищі і при відсутності сонячного світла, що повністю відповідає роботі в системі «зеленої» покрівлі. Основні розрахункові характеристики матеріалу:

Щільність $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 1.61 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.028 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.016 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 25 \%$

в) полістирол-бетон

Це різновид легкого бетону - являє собою композиційний матеріал, до складу якого входить портландцемент, пористий заповнювач - гранули спіненого полістиролу, вода. У разі необхідності отримання важких щільності полістирол-бетону, в його склад може входити мінеральний наповнювач (пісок).

Наповнювач зі спіненого полістиролу (під торговою назвою Styropor®) для бетону був розроблений Фріцом Стестні, вченим з німецької компанії BASF в 1951 році, незабаром після створення пінополістиролу. Компанія BASF провела перші орієнтовні випробування по використанню пінополістиролу як заповнювач для виробництва полістирол-бетону (стіропорбетона). Спочатку висока вартість даної сировини не дозволила рентабельно використовувати його в якості легкого заповнювача. У вересні 1967 року були проведені нові дослідження спрямовані на зниження собівартості та поліпшення технологічності виготовлення заповнювача. До цього часу пінополістирол, незважаючи на ціну, став поступово витісняти інші легкі мінеральні наповнювачі і ставав все більш популярним матеріалом на будівельному ринку. Завдяки поєднанню теплоізоляційного матеріалу, яким є полістирольні гранули та бетону в одному продукті вдалося отримати оптимальну комбінацію характеристик для будівельного матеріалу - стійкість до гниття, гідрофобність, високі показники несучих характеристик, теплоізоляції, вогнезахисту,

звукопоглинання, морозостійкості. Полістирол-бетон застосовується як утеплювач стін, підлог, горищ, покрівлі, використовується для виробництва фасадних декоративних матеріалів. Полістирол-бетонні блоки поєднують в собі переваги бетону (міцність), деревини (легкість обробки) і пінополістиролу (високі тепло- і звукопоглинальні властивості). Полістирол-бетон широко застосовується в якості будівельної термоізоляції. Найбільшими споживачами в світі полістирол-бетону є Канада, США і Західна Європа. Основні розрахункові характеристики матеріалу:

Щільність $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність $c = 1.06 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.065 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$

Коефіцієнт паропроникності $\mu = 0.12 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі $\Delta w_{\text{ср}} = 6 \%$

2.5 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 вхідних 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:

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

$R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції $\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Визначають згідно ДСТУ Б В.2.6 – 189 [14].

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції $\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Згідно ДБН В.2.6 – 31 [12].

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

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \text{ де:}$$

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

α_B та α_3 – розрахункові значення тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій. [14]

δ_i – товщина i -того шару конструкції в розрахункових умовах.

λ_i – теплопровідність i -того шару конструкції в розрахункових умовах.

n - кількість шарів огорожувальної конструкції.

Розрахунки опору теплопередачі виконувались у програмному комплексі «SmartCalc».[15] Програма посилається на діючу нормативну документацію та кліматичні карти. Дана програма дозволяє задати такі параметри:

- 1) кліматична зона;
- 2) тип огорожувальної конструкції;
- 3) шари огорожувальної конструкції (тип матеріалу, однорідність та товщину);
- 4) температура та вологість в середині приміщення та зовні.

Програмні комплекси подібного роду є ідеальними при проведенні розрахунків, оскільки дозволяють швидко освоїтись, створити унікальні умови експлуатації та змінювати початкові матеріали і товщини без складних розрахунків.

2.6 Порівняльний аналіз результатів нормативного розрахунку та за допомогою програмного комплексу «SmartCalc».

Для прикладу візьмемо фрагмент зовнішньої стіни житлового приміщення товщиною 510 мм з утепленням з екструзійного полістиролу 80 мм та цементно-піщаного розчину 15 мм. Розрахункова температура в середині приміщення 20 °С та вологість 55%, зовні -22 °С та вологість 50 %.

а) нормативний розрахунок згідно ДСТУ Б В.2.6. -189 2013.

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,61} + \frac{0,08}{0,033} + \frac{0,015}{0,76} + \frac{1}{23} = 3,438 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт} , \text{ що задовольняє}$$

нормативним вимогам $R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{\text{qmin}} = 3,3 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

б) результати отримані за допомогою програмного комплексу «SmartCalc».

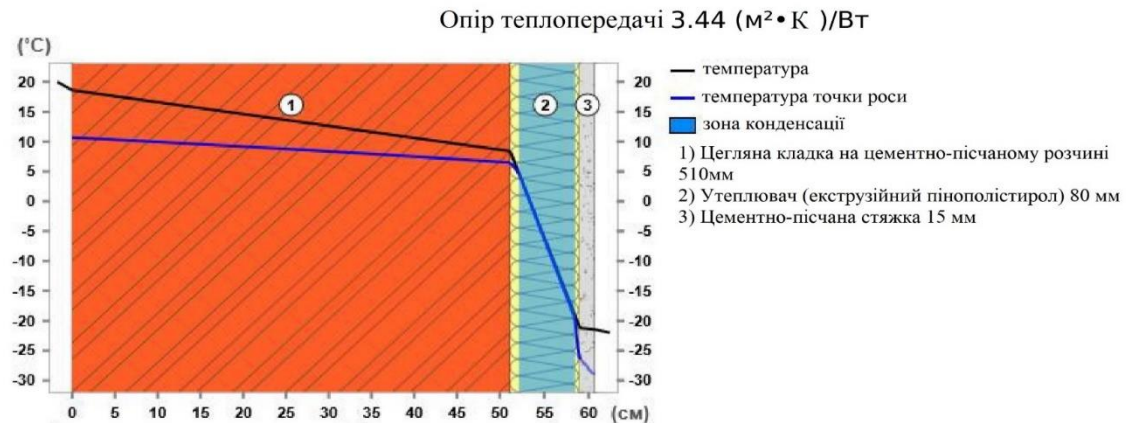


Рисунок 2.2 Розрахунок отриманий за допомогою програми «SmartCalc»

За отриманими результатами можна визначити похибку за методом Корфельда, який полягає у виборі надійного інтервалу в межах від мінімального до максимального результату вимірів, і похибка Δx як половина різниці між максимальним (X_{\max}) і мінімальним (X_{\min}) результатом вимірювання.

$$\Delta x = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2} = \frac{3,44 - 3,438}{2} = 0,001$$

Така похибка доводить, що результати отримані за допомогою програмного комплексу «SmartCalc» є досить точними, а отже висновки зроблені на базі цих розрахунків можуть вважатися достовірними.

2.7 Порядок проведення розрахунку в програмному комплексі «SmartCalc»

На початку роботи з калькулятором, для проведення правильного розрахунку, необхідно виконати вибір параметрів, що визначають основні кліматичні характеристики, як всередині так і зовні приміщення, і нормативні вимоги, що пред'являються до конструкції.

а) місце будівництва.

Україна - держава, що займає велику територію. Кліматичні параметри в різних точках країни істотно відрізняються. Тому для проведення точного розрахунку необхідно знати географічну точку, в якій буде будуватися будинок. Вибір цієї точки можна зробити в звернутій вкладці, на якій вказані назви регіонів і населених пунктів.

б) приміщення та конструкція.

Від виду приміщення залежить його температурний і вологісний режим. Наприклад на кухні зазвичай вологість і температура вище, ніж в житловому приміщенні, а у ванній, вище, ніж на кухні. Від виду конструкції залежать як нормовані вимоги, що пред'являються до неї, так і ряд параметрів, використовуваних при розрахунку. Вибір цих параметрів здійснюється у відповідній звернутій вкладці.

в) температура та вологість.

Над вкладкою з результатами розрахунків в згорнутій панелі можливо змінити деякі кліматичні параметри:

На вкладці "Тепловий захист" можна змінити значення температури і відносної вологості як всередині так і зовні приміщення. Крім того можна вибрати середні температуру і вологість вуличного повітря, характерні для обраного населеного пункту. При цьому зміна цих параметрів жодним чином не впливає на результати розрахунку, а необхідна тільки для наочності відображення на графіку. Поява на графіку так званої "Зони конденсації" жодним чином не означає, що в конструкції можливі проблеми з неприпустимим накопиченням вологи.

На вкладці "вологонакопичення" можна змінити значення температури усередині приміщення. При цьому зміна цього параметра буде враховано в розрахунку. Але якщо Ви звикли експлуатувати житло з іншою температурою, то можлива зміна цього параметра. Але при цьому, треба розуміти, що значення температури і відносної вологості - речі взаємо пов'язані, і тому якщо змінюється тільки температура, то розрахунок може проводитися з некоректними даними по вологості всередині приміщення.

в) побудова конструкції

Вибір шарів конструкції, їх тип і товщина, матеріалів, з яких складається кожен шар, проводиться в звернутій панелі "Шари конструкції".

Висновки

1. Розглянута технологія устрою «зелених» покрівель та її технологічні аспекти.
2. Визначені вхідні нормативні данні для проведення розрахунків.
3. Описані розрахункові характеристики матеріалів, що входять в склад «зелених» покрівель.
4. Встановлена достовірність отриманих результатів шляхом порівняння результатів нормативного розрахунку та за допомогою програмного комплексу.
5. Описана методика та порядок проведення розрахунків.

РОЗДІЛ 3

Розрахунок теплотехнічних характеристик «зелених» покрівель з різними утеплювачами. Аналіз результатів розрахунку

3.1 «Зелена» покрівля на базі утеплювача з екструзійного пінополістиролу.

а) розрахунок опору теплопередачі з використанням «зеленої» покрівлі.

Для розрахунків був обраний екструзійний пінополістирол щільністю 40 кг/м³, та товщиною шару 120 мм.

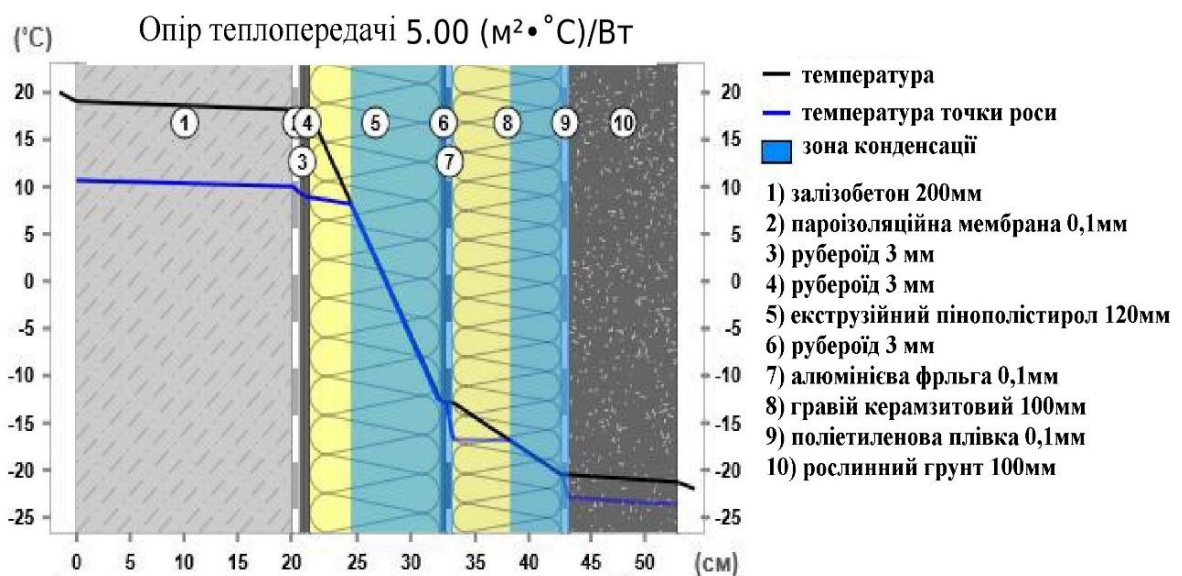


Рисунок 3.1 опір теплопередачі екструзійного пінополістиролу 120мм з використанням зеленої покрівлі.

$R = 5.0 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам:

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

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 17,02 кВт*ч

б) розрахунок опору теплопередачі без використання «зеленої» покрівлі при товщині утеплювача 120 мм.

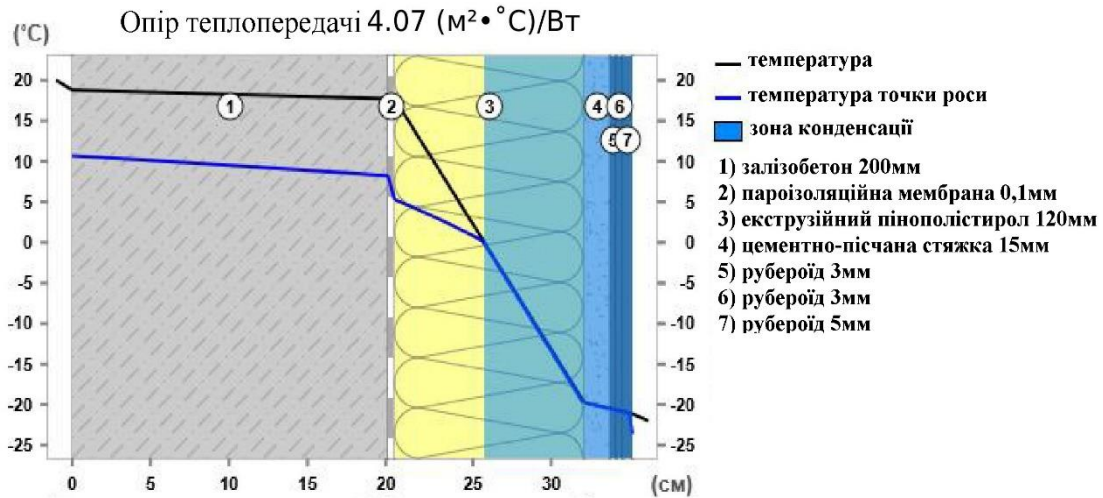


Рисунок 3.2 опір теплопередачі екструзійного пінополістиролу 120мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 4.07 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, що не задовольняє нормативним вимогам:

$$R \geq R_{q\min} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 20,87 $\text{кВ} \cdot \text{ч}$

в) розрахунок опору теплопередачі при звичайному утепленні екструзійним пінополістиролом.

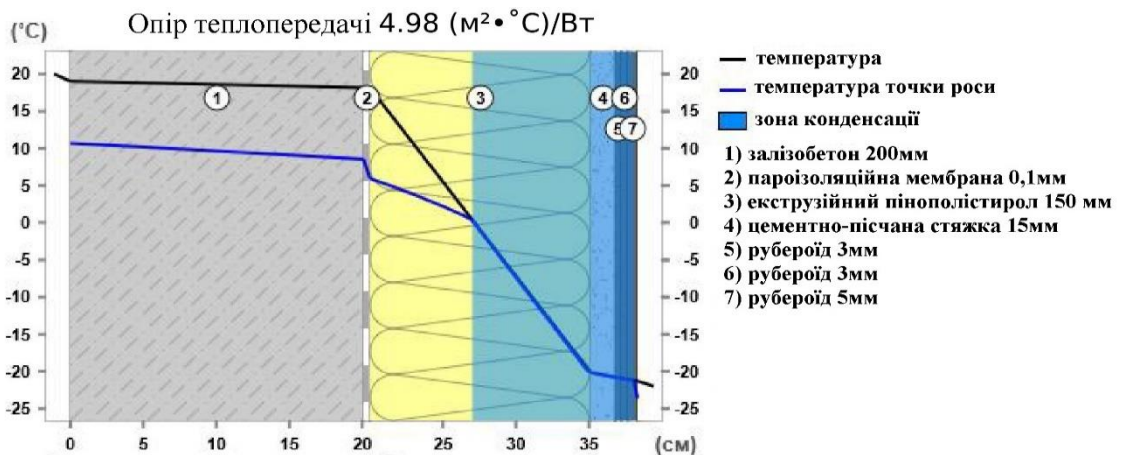


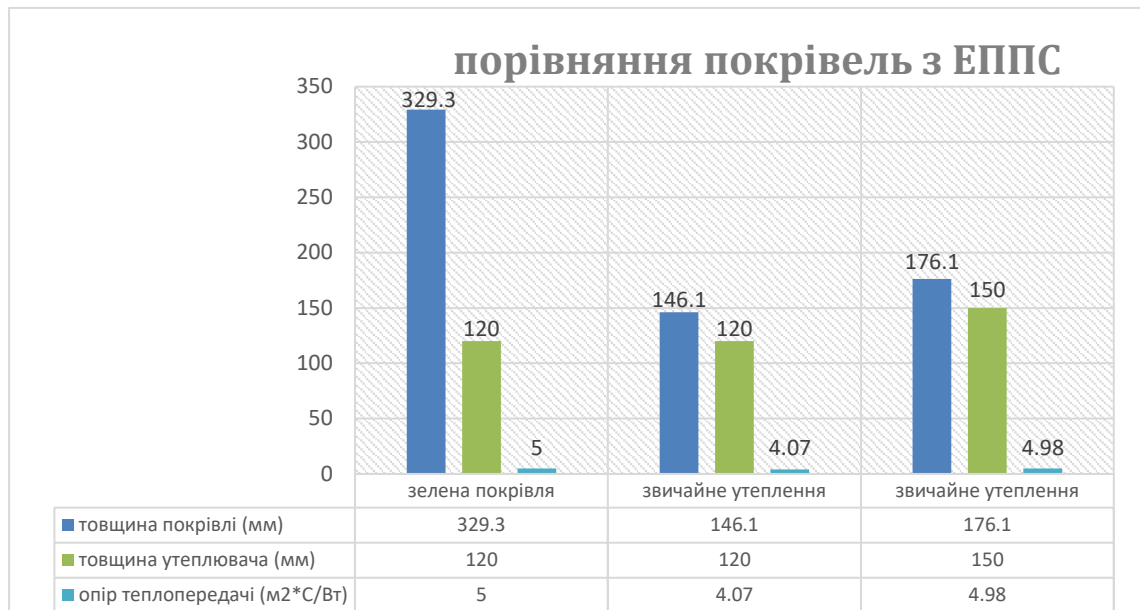
Рисунок 3.3 опір теплопередачі екструзійного пінополістиролу 150мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 4.98 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам:

$$R \geq R_{q\min} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}.$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 17.06 $\text{кВ} \cdot \text{ч}$

3.1.1 Отримані результати розрахунків.



Таблиця 3.1 порівняння покрівель на утеплювачі з екструзійного пінополістиролу.

3.2. «Зелена» покрівля на базі утеплювача з пінополіуретану.

а) розрахунок опору теплопередачі з використанням «зеленої» покрівлі.

Для розрахунку був обраний жорсткий пінополіуретан щільністю 70 кг/м³ та товщиною шару 120 мм.

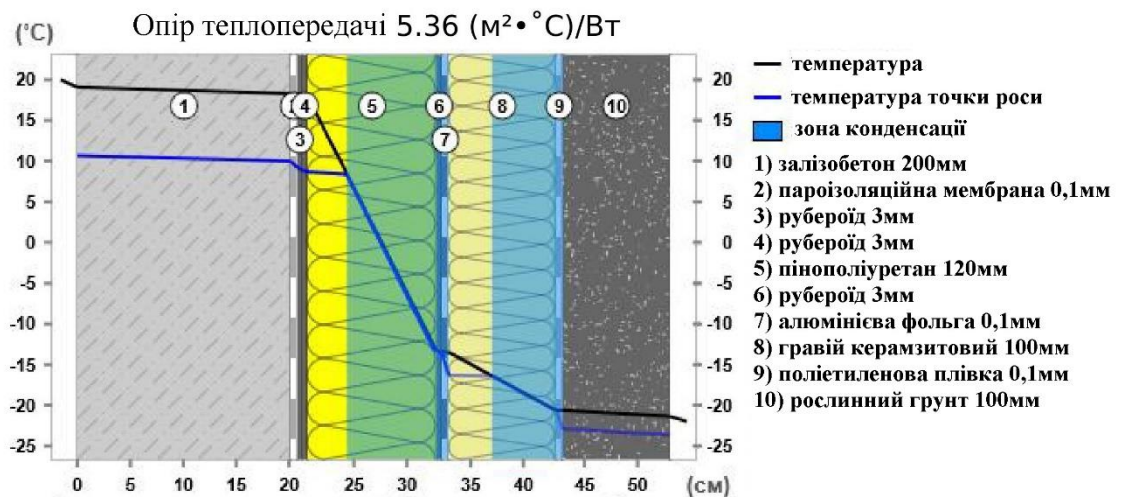


Рисунок 3.4 опір теплопередачі пінополіуретану 120мм з використанням зеленої покрівлі.

$R = 5.36 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам:

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

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 15.87 кВт*ч

б) розрахунок опору теплопередачі без використання «зеленої» покрівлі при товщині утеплювача 120мм.

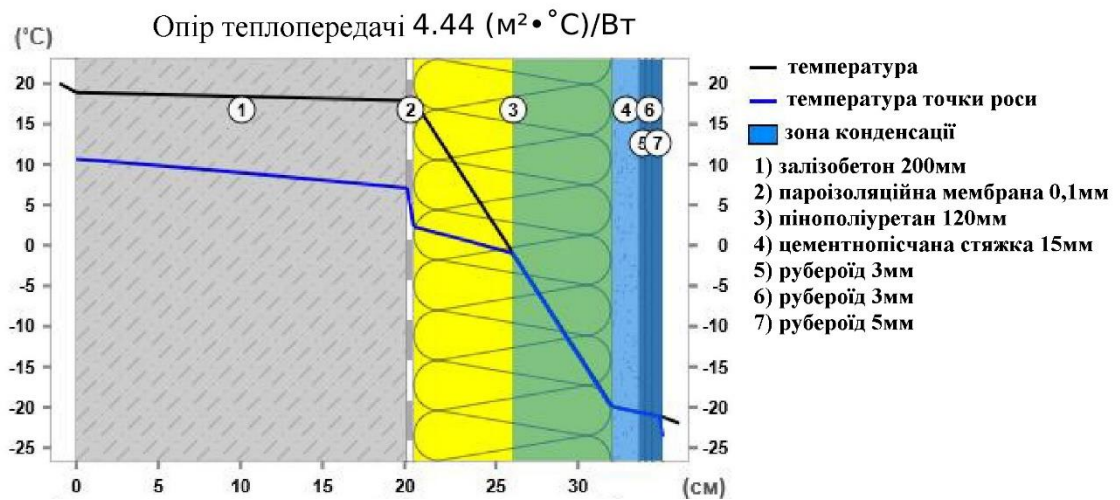


Рисунок 3.5 опір теплопередачі пінополіуретану 120мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 4.44 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, що не задовольняє нормативним вимогам:

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

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 19,16 $\text{кВ} \cdot \text{ч}$

в) розрахунок опору теплопередачі при звичайному утепленні пінополіуретаном.

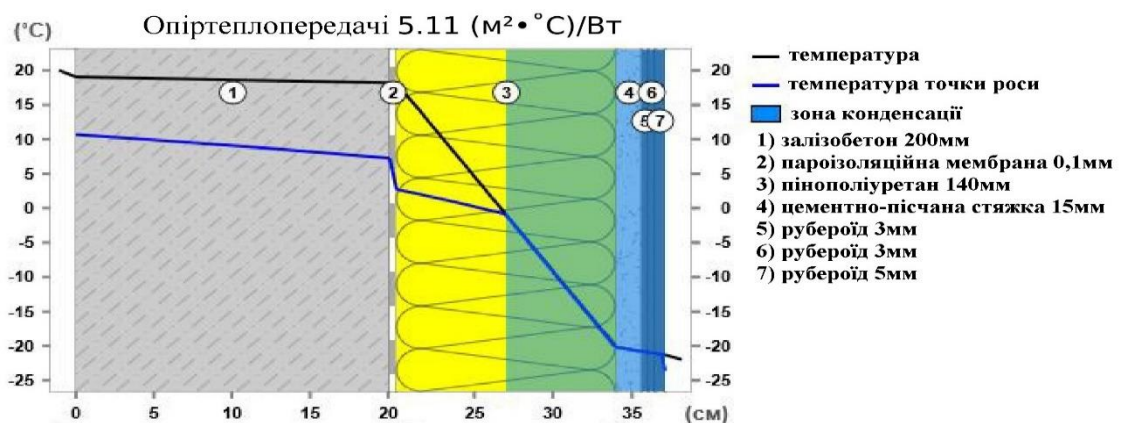


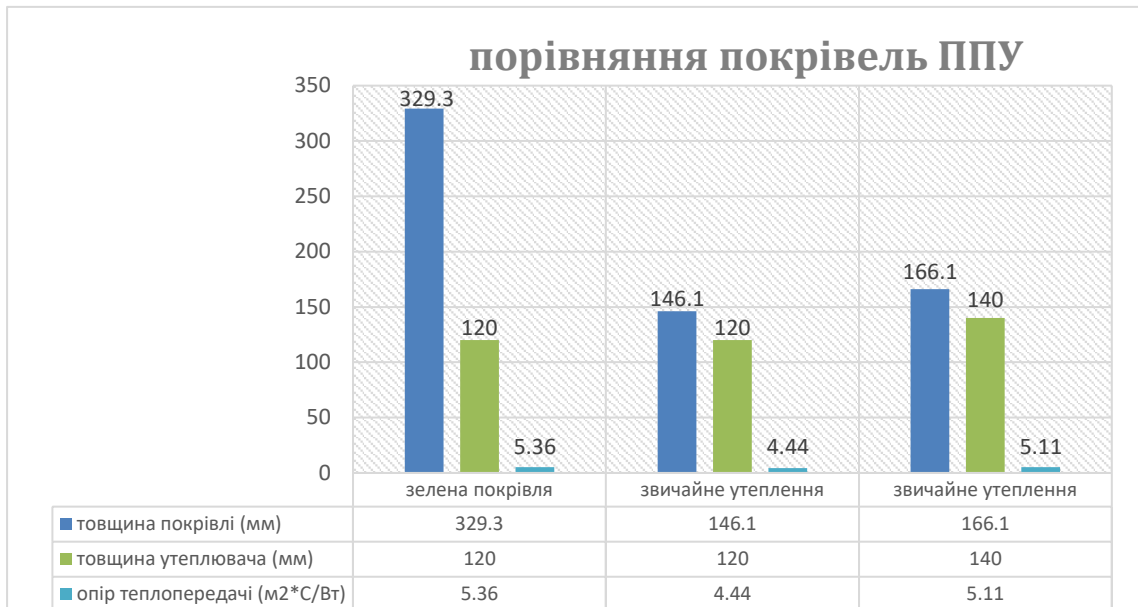
Рисунок 3.6 опір теплопередачі пінополіуретану 140мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 5.11 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам:

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

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 16,66 $\text{кВ} \cdot \text{ч}$

3.2.1 Отримані результати розрахунків.



Таблиця 3.2 порівняння покрівель на утеплювачі з пінополіуретану.

3.3 «Зелена» покрівля на базі утеплювача з полістирол-бетону.

а) розрахунок опору теплопередачі з використанням «зеленої» покрівлі.

Для зменшення навантаження на несучі елементи покрівлі, а також стіни був обраний легкий полістирол-бетон щільністю 200 кг/м³ з повітряним прошарком 60мм(рекомендація виробника) та товщиною шару 250 мм.

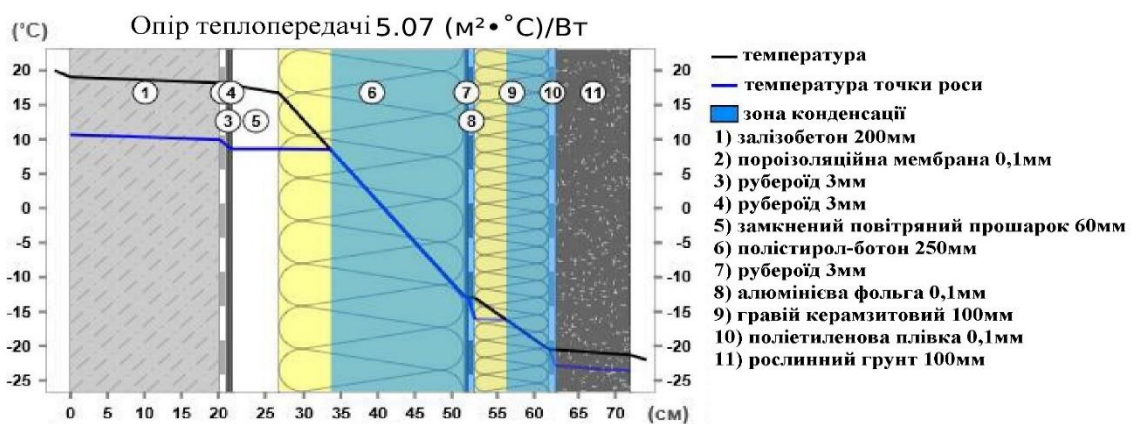


Рисунок 3.7 опір теплопередачі полістирол-бетону 250мм з використанням зеленої покрівлі.

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

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

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 16,77 кВт*ч

б) розрахунок опору теплопередачі без використання «зеленої» покрівлі.

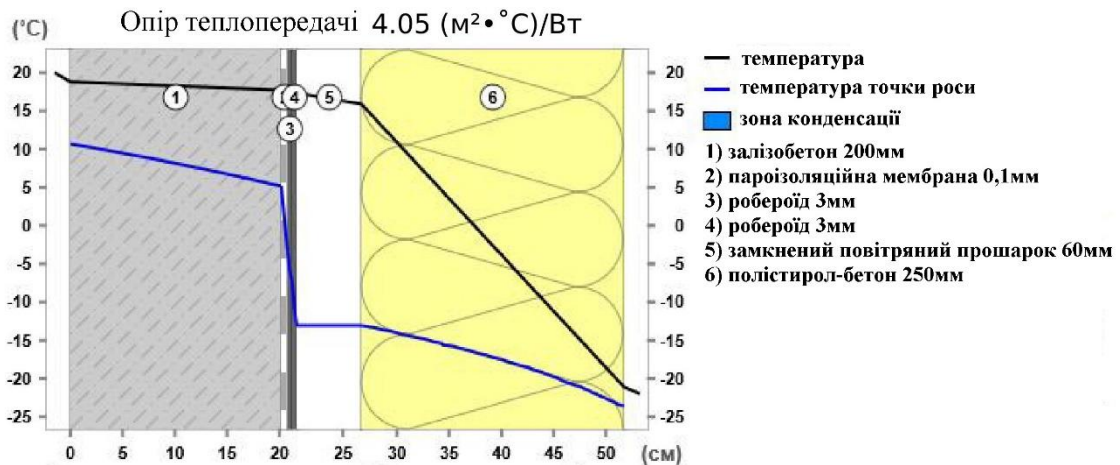


Рисунок 3.8 опір теплопередачі полістирол-бетону 250мм без використання зеленої покрівлі.

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

$$R \geq R_{q\min} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 21,00 кВт*ч

в) розрахунок опору теплопередачі при звичайному утепленні полістирол-бетоном.

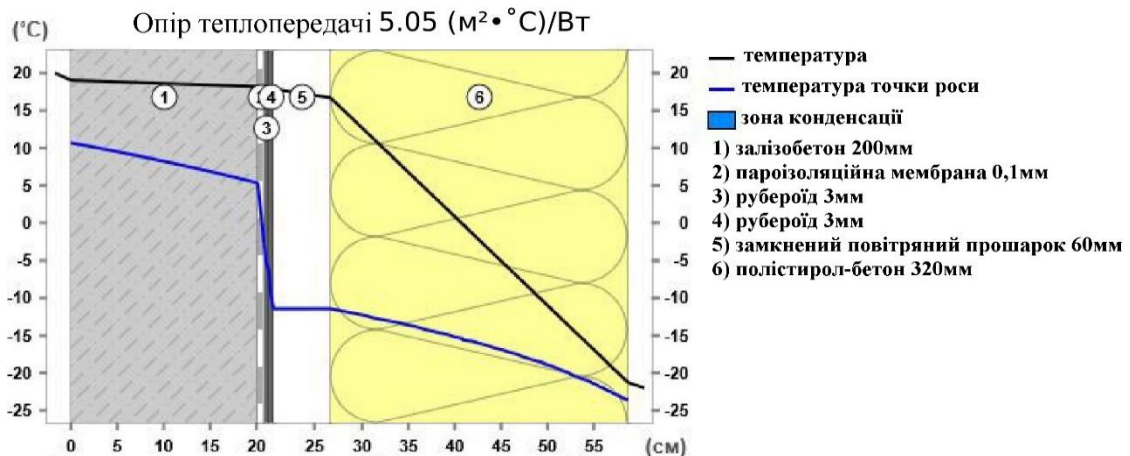


Рисунок 3.9 опір теплопередачі полістирол-бетону 320мм без використання зеленої покрівлі.

$R = 5.05 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам:

$$R \geq R_{q\min} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}.$$

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 16,84 кВт*ч

Також для зменшення навантаження, при звичайному утепленні, на нижні шари конструкції було прийнято рішення розбити шар полістирол-бетону 320мм на два по 220мм та 100мм відповідно, що дозволило зменшити замкнутий повітряний прошарок між ними до 10 мм та задовольнити нормативні вимоги.

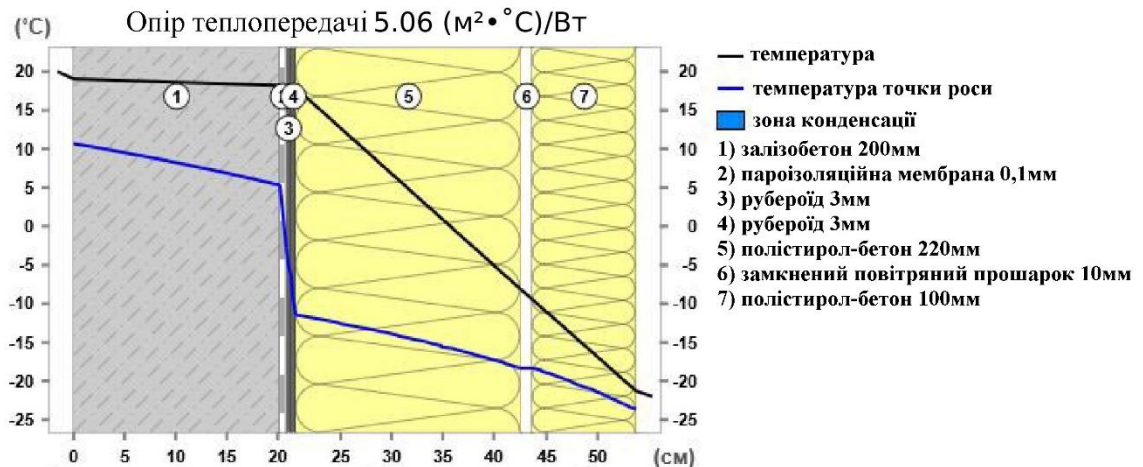
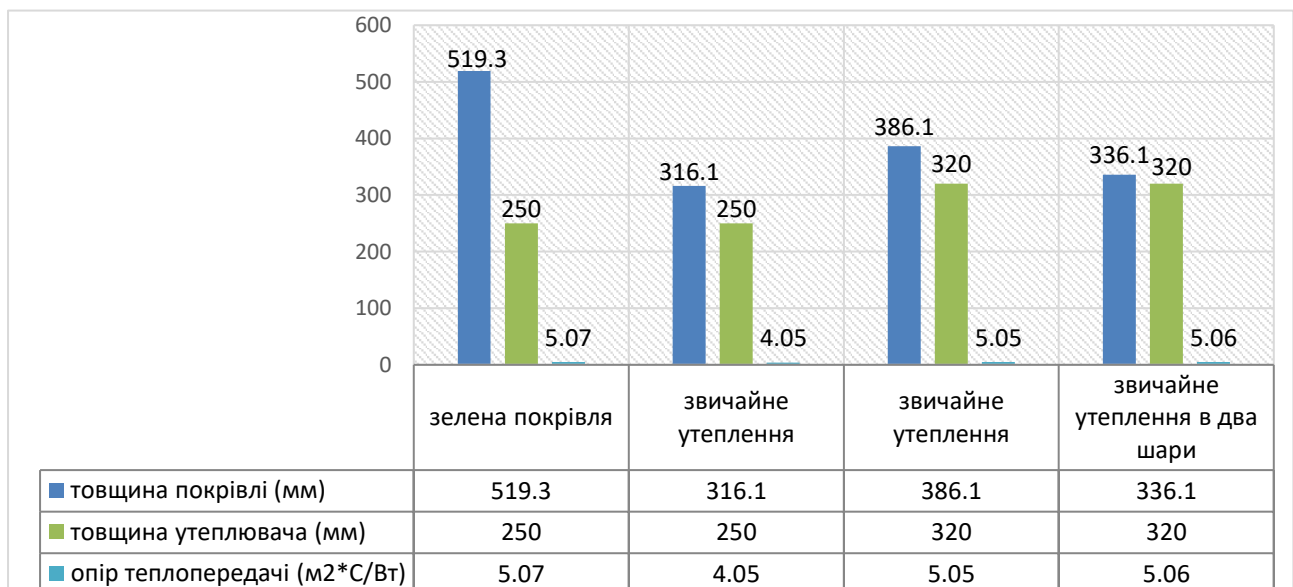


Рисунок 3.10 опір теплопередачі полістирол-бетону 320мм в два шари без використання зеленої покрівлі.

$R = 5.06 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$, що задовольняє нормативним вимогам $R \geq R_{qmin} = 4.95 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$.

Втрати тепла за опалювальний сезон становлять: 16,81 кВт*ч

3.3.1 Отримані результати розрахунків.



Таблиця 3.3 порівняння покровель на утеплювачі з полістирол-бетону.

3.4 Зона конденсації

Однією з основних проблем утеплення будинків є виникнення зони конденсації, що утворюється відразу як матеріали закриваються гідроізоляційними матеріалами і не пропускають внутрішню пару. В розрахунках, що наведені вище, значна зона конденсації виникає через великий перепад температур $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ всередині та $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ зовні. Такі та більші перепади можливі, проте не весь час. Для прикладу розглянемо одну і ту саму конструкцію при різних перепадах температури.

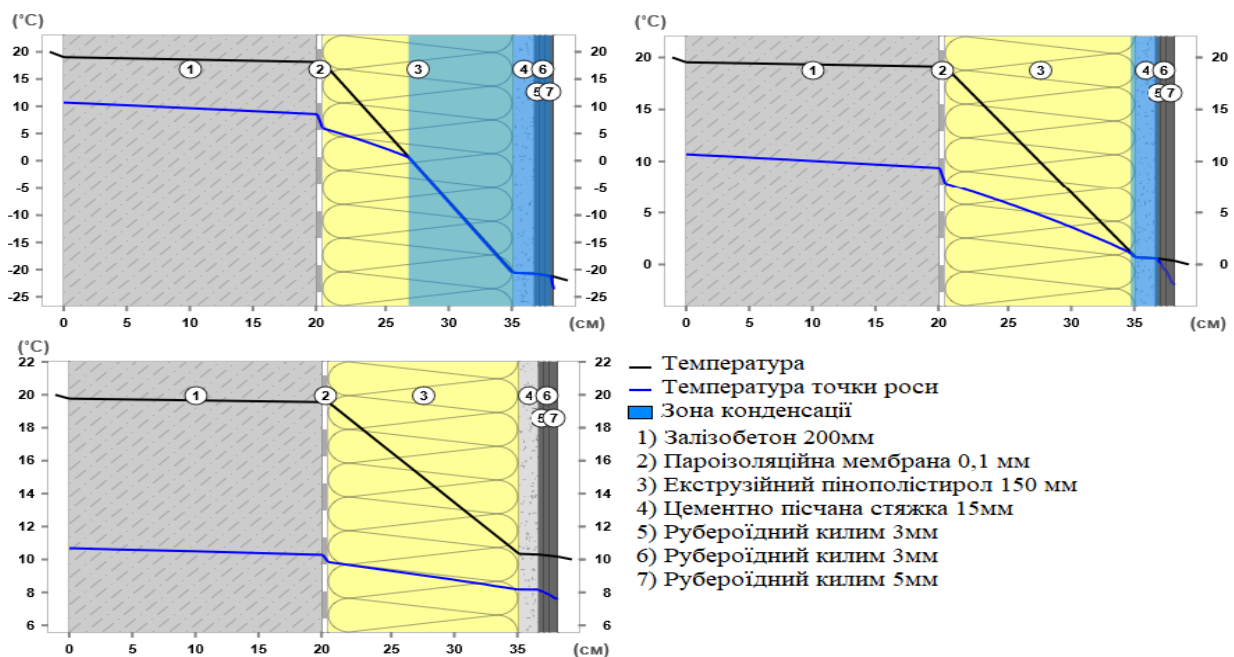


Рисунок 3.11 Зона конденсації при різних перепадах температури

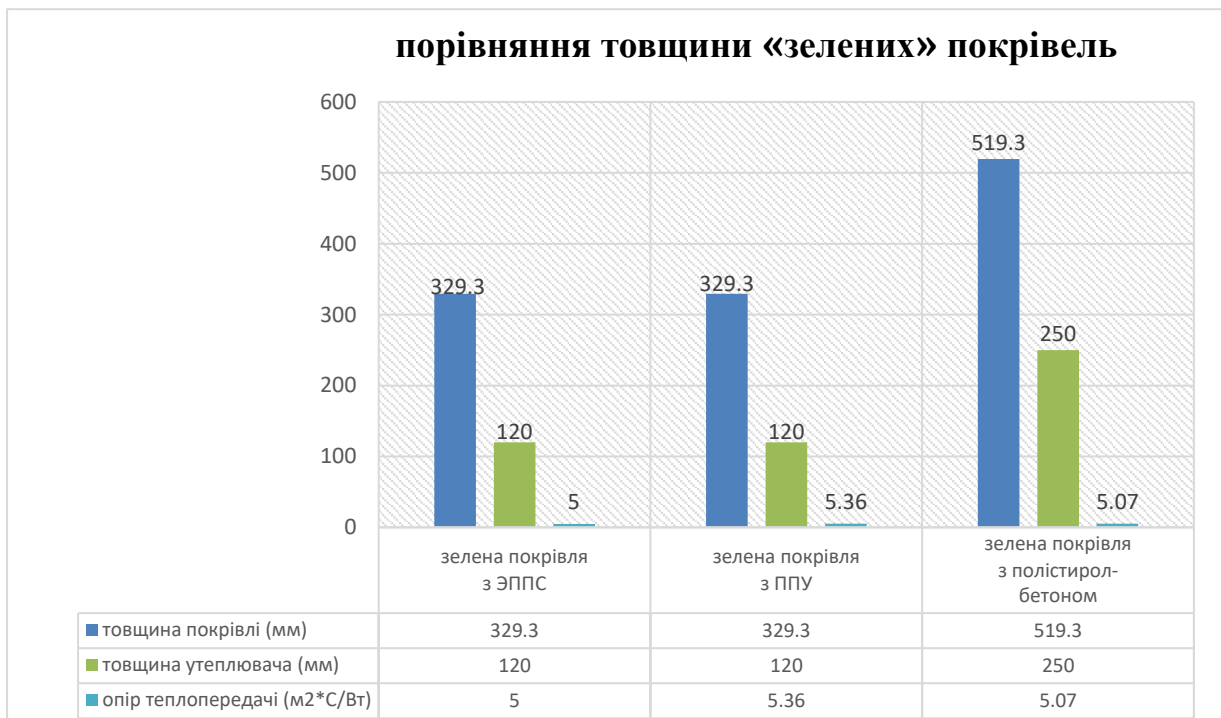
Як видно з графіків при зростанні температури зона конденсації має тенденцію зменшуватись. Отже наведена в розрахунках зона конденсації лише показує ймовірну зону випадку конденсату, але остаточної гарантії його випадку немає.

Проте, оскільки нормами забороняється повністю відмовитись від гідроізоляційних бар'єрів, то створення доступного матеріалу який буде випускати внутрішню пару і при цьому не пропускати вологу з зовні є перспективним напрямком.

3.5 Порівняння отриманих результатів розрахунків.

Для порівняння характеристик покрівель з різними типами утеплюючих систем, були обрані найбільш оптимальні варіанти пошарової будови покрівлі. За кожним порівнянням зроблений висновок.

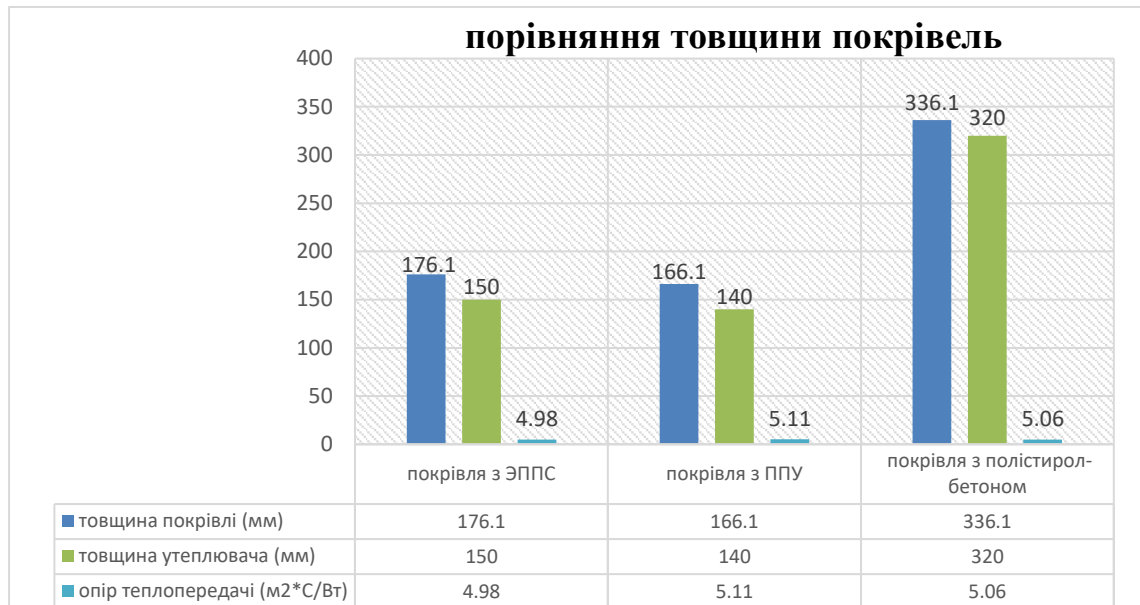
3.5.1 Порівняння товщини «зелених» покрівель.



Таблиця 3.4 порівняння товщини «зелених» покрівель.

Даний графік дозволяє зробити висновок, що при приблизно однакових показниках опору теплопередачі, «зелена» покрівля на базі утеплювача з полістирол – бетону на 190 мм вища за покрівлі з іншими типами утеплювачів. Це значно ускладнює влаштування «зелених» покрівель на даному типі утеплювача.

3.5.2 Порівняння товщини покрівель при звичайному утепленні.



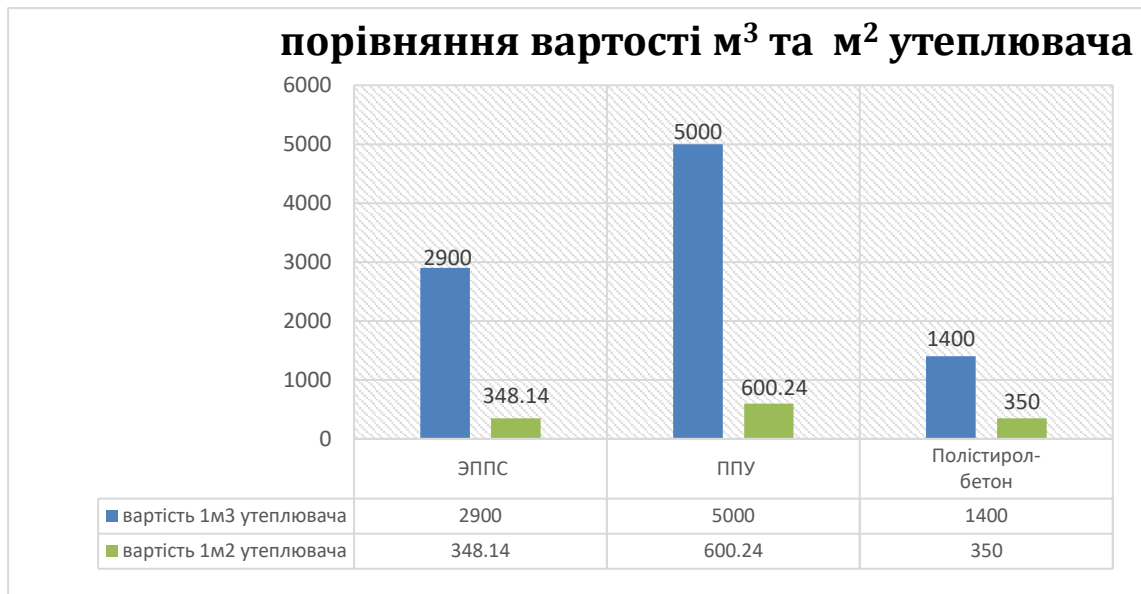
Таблиця 3.5 порівняння товщини покрівель при звичайному утепленні.

Як і в попередньому графіку, покрівля на базі утеплювача з полістирол – бетону значно вища. Враховуючи ціну полістирол - бетону за 1 м², яка дорівнює ціні за 1 м² екструзійного пінополістиролу (п. 4.4.3), то можна зробити висновок, що даний утеплювач не є раціональним варіантом для використання на покрівлі.

Незважаючи на те, що «зелена» покрівля є багатошаровою конструкцією з матеріалів різної щільності, її показники опору теплопередачі не є вражаючими і колихаються в межах 1-1,5 м²*С/Вт. Тому система «зелена» покрівля хоча і є привабливою з точки зору архітектури та екології, не підходить для модернізації існуючого житлового фонду України. Співвідношення товщини «зеленої» покрівлі до теплотехнічних характеристик не є доцільним.

Влаштування «зеленої» покрівлі є найбільш рентабельним при будівництві нового житла, оскільки дозволяє отримати додаткову вигоду від продажу елітного житла з гарним видом з вікна, можливістю вийти на зелену терасу та влаштування зон відпочинку на даху.

3.5.3 Порівняння матеріалів з економічної точки зору.

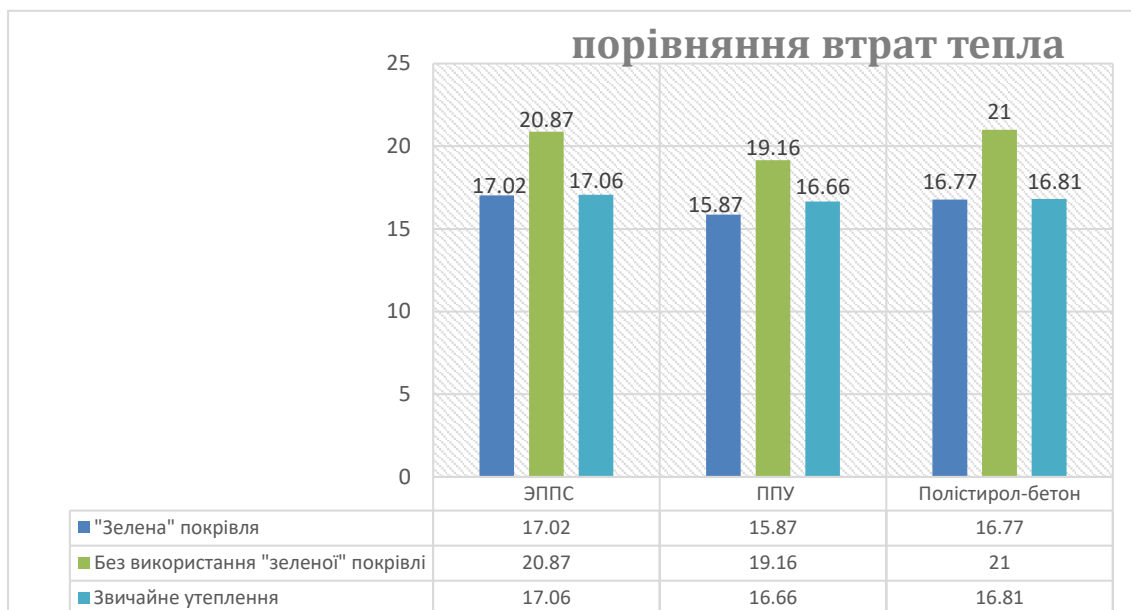


Таблиця 3.6 порівняння вартості утеплювача при влаштуванні «зелених» покрівель.

Діаграма дозволяє побачити, що початкова вартість м³ полістирол – бетону в 2 рази менша за вартість популярного пінополістиролу, але оскільки товщина шару полістирол-бетону який потрібен для досягнення нормативних показників в 2 рази більша за товщину екструзійного пінополістиролу, то їх вартість за 1м² можна вважати однаковою. Це дозволяє зробити висновок, що при виборі між цими матеріалами остаточне рішення приймається виходячи з трудомісткості робіт.

Для модернізації існуючого житлового фонду та підвищення теплотехнічних показників до рівня нормативних рекомендовано використовувати звичайне утеплення на базі екструзійного пінополістиролу або пінополіуретану.

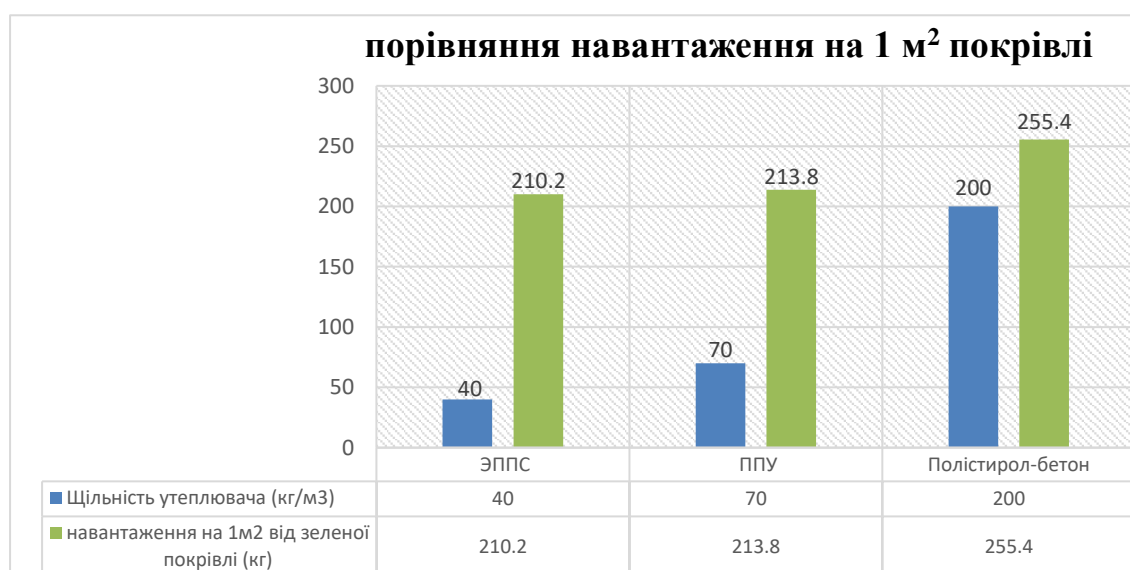
3.5.4 Порівняння втрат тепла через 1м² покрівлі.



Таблиця 3.7 порівняння втрат тепла (кВ*ч) за опалювальний сезон через 1м² покрівлі.

Графік дозволяю зробити висновок, що показники втрат тепла при використанні «зелених» покрівель та при звичайному утепленні майже однакові - 17,02 кВ*ч проти 17,06 кВ*ч при використанні екструзійного пінополістиролу.

3.5.5 Порівняння навантаження на 1м² покрівлі.



Таблиця 3.8 порівняння навантаження від «зеленої» покрівлі на 1м².

Діаграма дозволяє зробити такі висновки:

1. Навантаження від «зеленої» покрівлі на базі утеплювача з пінополіуретану лише на 3,6 кілограма більше, при тому що щільність пінополіуретану на 30 кг більша за щільність екструзійного пінополістиролу.

2. Незважаючи на те, що щільність полістирол-бетону в 5 разів більша щільність пінополістиролу, приріст навантаження на 1м² складає 45,2 кілограми в порівнянні з останнім.

Як матеріал для утеплення покрівель полістирол-бетон не є раціональним варіантом, оскільки для досягнення нормативних показників його товщина повинна бути в 2 рази більша в порівнянні з екструзійним пінополістиролом або пінополіуретаном. Також необхідно відмітити, що щільність полістирол-бетону значно більша і тому навантаження на 1м² покрівлі більше на 40-45 кг. в порівнянні з іншими утеплювачами. Ще одним аспектом, який необхідно відзначити як мінус цього матеріалу є вартість борту, який необхідно влаштувати для утримання висоти всієї конструкції.

З трьох матеріалів які використовувались для розрахунку, найбільш оптимальний варіант показав пінополіуретан. Незважаючи на його високу вартість, можливість нанесення його суцільним шаром дозволяє зменшити товщину утеплювача як при влаштуванні «зеленої» покрівля, так і при звичайному утепленні. Проте, якщо обирати між дешевими матеріалами, а саме полістирол бетон або екструзійний пінополістирол, більш привабливим з точки зору товщини необхідної для отримання нормативних показників, а також затрат пов'язаних з монтажем, залишається останній.

Висновки

1. Проведені розрахунки теплотехнічних показників покрівель при різних варіантах утеплення, включаючи систему «зелена» покрівля.

2. Дослідження розмірів зони конденсації при різних типах утеплювачів показали, що створення доступного матеріалу який буде випускати внутрішню пару і при цьому не пропускати вологу з зовні є перспективним напрямком.

3. Система «зелена» покрівля хоча і є привабливою з точки зору архітектури та екології, не підходить для модернізації існуючого житлового фонду України. Співвідношення товщини «зеленої» покрівлі до теплотехнічних характеристик не є доцільним. Влаштування «зеленої» покрівлі є найбільш рентабельним при будівництві нового житла.

4. Для модернізації існуючого житлового фонду та підвищення теплотехнічних показників до рівня нормативних рекомендовано використовувати звичайне утеплення на базі екструзійного пінополістиролу або пінополіуретану без улаштування «зеленої» покрівлі.

4. Враховуючи ціну полістирол - бетону за 1 м^2 та його велику товщину, необхідну для забезпечення нормативних показників опору теплопередачі, можна зробити висновок, що даний утеплювач не є раціональним варіантом для використання на покрівлі.

5. При виборі між екструзійним пінополістиролом та полістирол-бетоном остаточне рішення повинно прийматися не з точки зору вартості матеріалів на 1 м^2 , яка є для них фактично однаковою, а виходячи з трудомісткості робіт з їх монтажу на покрівлі: за цим показником екструзійний пінополістирол є більш привабливим.

6. Показники втрат тепла при використанні «зелених» покрівель на основі екструзійного пінополістиролу та при звичайному утепленні майже однакові - $17,02 \text{ кВ}^*\text{ч}$ проти $17,06 \text{ кВ}^*\text{ч}$ при використанні екструзійного пінополістиролу

ВИСНОВКИ

За проведеною науково-дослідницькою роботою можна зробити такі висновки:

1. Проведений огляд літератури дозволив визначитись з поняттям «зелена» покрівля, ознайомитись з двома основними типами даної конструкції та визначити переваги і недоліки кожного з них.

2. Розглянуто систему «зелена покрівля» як варіант утеплення житлових будинків з метою покращення теплотехнічних показників. Обрано найбільш раціональний для модернізації існуючого житлового фонду тип «зеленої» покрівлі – екстенсивна покрівля,.

3. Обґрунтовано методику та інструмент розрахунку теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій, а саме – покрівель, при використанні системи «зелена» покрівля та при звичайному утепленні з різними типами утеплювачів.

4. Отримані результати розрахунків дозволили зробити порівняльний аналіз показників покрівель з різними утеплювачами при використанні системи «зелена покрівля» та без неї.

5. За результатами порівняльного аналізу обґрунтовані раціональні параметри багатошарових систем утеплення на основі «зелених» покрівель, які дозволяють досягти нормативних показників опору теплопередачі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кабмін виділив ще 300 мільйонів на програму "теплих" кредитів [Електронний ресурс] // Інформаційне агентство «УНІАН». – 12.07.2017. – Заголовок з екрану. Режим доступу: <https://economics.unian.ua/realestate/2025489-kabmin-vidiliv-sche-300-milyoniv-na-programu-teplih-kreditiv.html>
2. Шувалов В.М. Мобильное озеленение зданий / В.М. Шувалов, М.М. Саад // Вестник РУДН, Серия «Инженерные исследования». – №2. – 2016. – С. 103-115.
3. Роль зеленых насаждений в оздоровлении городской среды 1 страница [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «helpiks.org». – 11.04.2015. – Заголовок з екрану. Режим доступу: <http://helpiks.org/3-12387.html>
4. Роль зеленых насаждений в городе [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «Сделаем сами». – Заголовок з екрану. Режим доступу: www.sdelaemsami.ru/landdiz09.html
5. В.М.Филипенко "РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО «ЗЕЛЁНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ" / В.М.Филипенко, Р.Г.Абакумов // МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА» №4-1/2017 ISSN 2410-6070 – С.207 – 210.
6. Фёдорова Т.А. "ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОДБОРА РАСТЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ КРОВЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ" / Т.А. Фёдорова, Ф.Г. Столярова, П.С. Кордюков, М.С. Осинцева // Вестник РУДН, Серия «Агрономия и животноводство». – №5. – 2013. – С. 105-112.
7. Бубнова А.Б. "ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТРАДИЦИОННЫХ СКАНДИНАВСКИХ ЗЕЛЕННЫХ КРЫШАХ» / А.Б. Бубнова, И.А. Мельничук, М.Е. Игнатьева // Вестник РУДН, Серия «Агрономия и животноводство». – №5. – 2013. – С. 5-14.

8. Иоффе А.О. «ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА РОССИИ» / Иоффе Анастасия Олеговна // «Universum: химия и биология» – №10(28) – 05.10.2016.
9. Мигулько Е.Н. "«ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ШКОЛ" / Мигулько Елена Николаевна // Наука о земле «Наука. Инновации. Технологии». – №4. – 2013. – С. 78-88.
10. Салій Ю. Сад на даху: як озеленюють покрівлі в Україні та світі [Електронний ресурс] // Київський міський журнал «ХМАРОЧОС». – 16.03.2016. – Заголовок з екрану. Режим доступу: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/03/16/sad-na-dahu-yak-ozelenyuyut-pokrivli-v-ukrayini-ta-sviti>
11. Экстенсивное озеленение [Електронний ресурс] // Компания «ZinCo GmbH». – Заголовок з екрану. Режим доступу: zinco.com.ua/system/ekstensivnoe-ozelenenie
12. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [чинний від 01.04.2017]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2017. – (Державні будівельні норми).
13. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [чинний від 01.11.2011]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – (Національні стандарти України).
14. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу: ДСТУ Б В.2.6. -189: 2013. – [чинний від 01.01.2014]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – (Національні стандарти України).
15. Киреев В.А. Информация о проекте «SmartCalc» [Електронний ресурс] // Онлайн калькуляторы теплотехники ограждающих конструкций – Заголовок з екрану. Режим доступу: <https://smartcalc.ru/site/about>
16. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей: ДБН В.2.6-22-2001. – [чинний від 01.01.2002]. – К. : Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України 2001. – (Державні будівельні норми).

17. Покриття будинків і споруд: ДБН В.2.6-14-97. – [чинний від 01.01.1998]. – К. : Держкоммістобудування України, 1998. – (Державні будівельні норми).
18. Проектування. Розділ Енергоефективність: ДСТУ Б А.2.2-8.2010. – [чинний від 01.07.2010]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – (Національні стандарти України).
19. Постанова від 08 лютого 2017 р. № 69 "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056": Документ 69-2017-п. – [чинний від 08.02.2017]. – К.: КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ, 2017. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/69-2017-п>
20. Розпорядження від 25.11.2015 № 1228-р "Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року": Документ 1228-2015-р. – [чинний від 25.11.2015]. – К.: КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ, 2017. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-р>
21. Гуляева Е.А. "ОБУСТРОЙСТВО ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ" / Гуляева Елизавета Александровна. – Санкт-Петербург, 2014. – 94 с. – (Магистерская работа).
22. 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.
23. УРЯДОВА ПРОГРАМА «ТЕПЛИХ» КРЕДИТІВ [Електронний ресурс] // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України – Заголовок з екрану. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/consumers/derzh-pidtrymka-energozabespechenya>
24. Відкритий бюджет Дніпропетровської облдержадміністрації [Електронний ресурс] // Дніпропетровська обласна державна адміністрація – 07.11.2017 – Заголовок з екрану. Режим доступу: www.openbudget.dp.gov.ua/
25. Романюк Є. Вчені довели, що архітектура і природа впливають на людський настрій [Електронний ресурс] // Київський міський журнал

«ХМАРОЧОС».— 27.12.2017. – Заголовок з екрану. Режим доступу:
<https://hmarochos.kiev.ua/2017/12/27/vcheni-doveli-shho-arhitektura-i-priroda-vplivayut-na-lyudskiy-nastriy/>

26. Brenneisen S. Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland // *Urban Habitats*. — 2006. — 4. — P. 27—36.

27. Préface, *Le Vert. Dictionnaire de la couleur. Mots et expressions d'aujourd'hui (XXe—XXIe siècles)*, CNRS Éditions, coll. CNRS Dictionnaires. — Paris, 2012. — P. 18—21.

28. Boodram K. *Extensive Green Roof Species* / K. Boodram, S. Hamilton, J. Kheidr, A. McKinnon, K. Walker // Colorado State University. Department of Horticulture and Landscape. — 2008

29. Oberndorfer E. *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*. — BioScience. — 2007. — 823 p.

30. Townshend D. *Study on green roof application in Hong Kong* – Urbis Limited. – Hong Kong, 2007

31. Voelz J. *Characteristics & Benefits of Green Roofs in urban environments* / J. Voelz – Portland. 2006.

ДОДАТОК А

Розрахунки теплотехнічних характеристик покрівлі при використанні системи «зелена покрівля»

ДОДАТОК Б

Розрахунки теплотехнічних характеристик покрівлі без використання системи «зелена» покрівля та при звичайному утепленні