

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Факультет транспорту і будівництва
Кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до випускної кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня магістр**

спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціалізація «Міське будівництво та господарство»
(шифр і назва спеціальності)

на тему «Підвищення енергоефективності малоповерхових цивільних
будівель»

Виконав: студент групи МБГ-21дм

Кукочка Н.М. _____
(прізвище, ініціали) (підпис)

Керівник доц. Білошицька Н.І. _____
(науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри проф. Татарченко Г.О. _____
(науковий ступінь, прізвище, та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет _____ транспорту і будівництва _____
Кафедра _____ будівництва, урбаністики та просторового планування _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Татарченко Г.О.

“ _____ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кукоці Наталії Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Підвищення енергоефективності малоповерхових цивільних будівель»

Спец. завдання _____

Керівник роботи доц. Білошицька Н.І.

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

затвержені наказом університету від “17” жовтня 2022 року № 39/14.03-С

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 19.11.2022 _____

3. Вихідні дані до магістерської науково-дослідної роботи «Підвищення енергоефективності малоповерхових цивільних будівель»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду енергоефективного будівництва

Розділ 2. Обґрунтування параметрів направлених на підвищення енергоефективності будівель.

Розділ 3. Теоретичні та програмні розрахунки теплового захисту. Загальні висновки.

5. Перелік презентаційного матеріалу:

Слайди формату А3. Актуальність теми дослідження. Мета та завдання дослідження. Наукова новизна. Результати досліджень з аналізу закордонного та вітчизняного досвіду енергоефективного будівництва. Обґрунтування параметрів спрямованих на підвищення енергоефективності будівель Графіки й таблиці з підсумками досліджень . Висновки.

6. Консультанти розділів магістерської науково-дослідної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. Білошицька Н.М.		
2	доц. Білошицька Н.М.		
3	доц. Білошицька Н.М.		

7. Дата видачі завдання _____ 14.09.2022 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської науково-дослідної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Частина 1. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду енергоефективного будівництва.	15.10.2022	
2.	Частина 2. Обґрунтування параметрів направлених на підвищення енергоефективності будівель.	01.11.2022	
3.	Частина 3. Теоретичні та програмні розрахунки теплового захисту. Загальні висновки.	14.11.2022	
4.	Презентаційна частина	17.11.2022	
5.	Оформлення пояснювальної записки.	17.11.2022	
6.	Подання магістерської науково-дослідної роботи на розгляд кафедри.	19.11.2022	
7.	Захист магістерської науково-дослідної роботи на ЕК.		

Студент _____ Кукочка Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Білошицька Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

на випускнуну кваліфікаційну роботу магістра за темою «Підвищення енергоефективності малоповерхових цивільних будівель».

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки (103 с., вступу, 3 розділів, _19_ рисунків, _19_ таблиць, 40 джерел інформації).

Ключові слова: ЦИВІЛЬНІ МАЛОПОВЕРХОВІ БУДІВЛІ; ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОТРАТ.

У випускній кваліфікаційній роботі магістра вивчені питання методології розробки та обґрунтування параметрів енергоефективного малоповерхового будинку котеджного типу в кліматичних умовах сходу України, а саме:

- Обґрунтовано доцільність проектування енергопасивних будинків, з урахуванням специфіки зазначених природно-кліматичних умов;
- Здійснено вибір об'ємно-планувальних і конструктивних рішень енергоефективного будинку, (розглядається у якості локальної природно-технічної системи) що дозволяє знизити енергоспоживання будівлі з урахуванням взаємодії з навколишнім середовищем;
- Проведено уточнення надходження сонячної інсоляції через віконні прорізи шляхом порівняння теоретичних даних з практично піднаглядним сонячним випромінюванням;
- Проаналізовано потенціал відновлюваних енергетичних ресурсів (сонячна, вітрова енергія, біомаса) розглянутого кліматичного району і обґрунтовано використання ресурсів для енергопостачання малоповерхової цивільної будівлі.
- Підібрані і розраховані енергоефективні огороджувальні конструкції, обґрунтовані ресурсозберігаючі заходи щодо формування архітектурно-конструктивних рішень, і розглянута можливість застосування обладнання на поновлюваних джерелах енергії, що забезпечує стійкий енергопостачання енергоефективного малоповерхового будинку.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАКОРДОННОГО ТА ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ	11
1.1 Основні напрямки будівництва енергоефективних будівель	11
1.2 Аналіз нормативно-правової документації в галузі проектування та будівництва енергоефективних будівель	12
1.3. Класифікація будівель за рівнем енергоефективності в Європі і в Україні	18
1.3.1. Концепція пасивного будинку	20
1.3.2. Концепція будинку з нульовим енергетичним балансом	27
1.3.3. Концепція активного будинку	30
1.4. Зіставлення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій Європи і України	32
1.5. Обґрунтування вибору типу енергоефективного будинку	35
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРАВЛЕНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	37
2.1. Описи об'єкта дослідження	37
2.2. Коротка характеристика природних умов	38
2.2.1. Кліматичні умови	38
2.3. Інженерно-геологічні умови	39
2.3.1. Геоморфологія і фізико-геологічні умови	39
2.3.2. Гідрогеологічні умови	41
2.3.3. Геологічна будова і фізико-механічні властивості ґрунтів	42
2.4. Архітектурно-планувальні рішення	43
2.5. Конструктивні рішення	44
2.6. Методики розрахунку тепловтрат	47
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРОГРАМНІ РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ	52

3.1.	Загальні дані	52
3.2.	Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	53
3.2.1.	Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	53
3.2.2.	Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття	56
3.2.3.	Теплотехнічний розрахунок перекриття над холодним підпіллям	59
3.3.	Розрахунок опору паропроникненню огорожувальних конструкцій	62
3.3.1.	Розрахунок опору паропроникненню зовнішньої стіни	62
3.3.2.	Аналіз вологісного режиму зовнішньої стіни для періоду з негативними і позитивними температурами	66
3.4.	Розрахунок теплових втрат будівлі	70
3.4.1.	Теплові втрати через огорожувальні конструкції	70
3.4.2.	Розрахунок повітрообміну і теплових втрат на вентиляцію	70
3.4.3.	Розрахунок надходження сонячної інсоляції через віконні огороження	72
3.4.4.	Розрахунок споживання електрики будівлі і прибудов	75
3.4.5.	Підсумковий розрахунок теплового балансу і підбір рекуператора	77
3.5.	Аналіз потенціалу місцевих енергетичних ресурсів	79
	Висновки	82
	Список використаних джерел	83
	Додатки	87

ВСТУП

Актуальність теми. Процес мегаполісної урбанізації в Україні супроводжується безліччю негативних наслідків, в числі яких перенаселення в містах, зниження загального рівня здоров'я жителів, зростання числа аварій і надзвичайних ситуацій та ін.

Таким чином, простір України перетворюється з конкурентної переваги в серйозну містобудівну проблему, для вирішення якої необхідний концептуально новий підхід до процесу розселення.

Альтернативою мегаполісної урбанізації є ландшафтно-садибна урбанізація. Ландшафтно-садибна урбанізація є новим способом заселення територій з урахуванням комплексу взаємопов'язаних умов комфортабельного, економічно самодостатнього й екологічного проживання населення в містах. По суті концепція ландшафтно-садибної урбанізації – це засіб вирішення біосферному-соціальної кризи. Це стосується як глобального, так і регіонального масштабу. В даний час даний підхід вже реалізується на практиці в малоповерховому будівництві як гнучкий і легко трансформований інструмент для розвитку міст. При цьому осередки ландшафтно-садибного типу інтегровані в природу, де присутні робочі місця і вся необхідна соціальна і ринкова інфраструктури, що відрізняє їх від більшості існуючих в Україні селищ котеджного типу.

Актуальність даного напрямку в даний час значно зростає і підтверджується позитивним досвідом закордонного будівництва.

У політиці розселення країн північної і центральної Європи і Північної Америки панує принцип субурбанізації, коли основна маса житлових кварталів зосереджена поза містом. За експертними оцінками, в західних країнах близько 75% житлової нерухомості припадає саме на двоповерхові або триповерхові будинки, розташовані далеко від галасливих центральних кварталів.

Прагнення до наявності власного малоповерхового будинку для сім'ї та індивідуалізації особистого простору входить в національну ментальність жителів цих країн (рис.1.1).

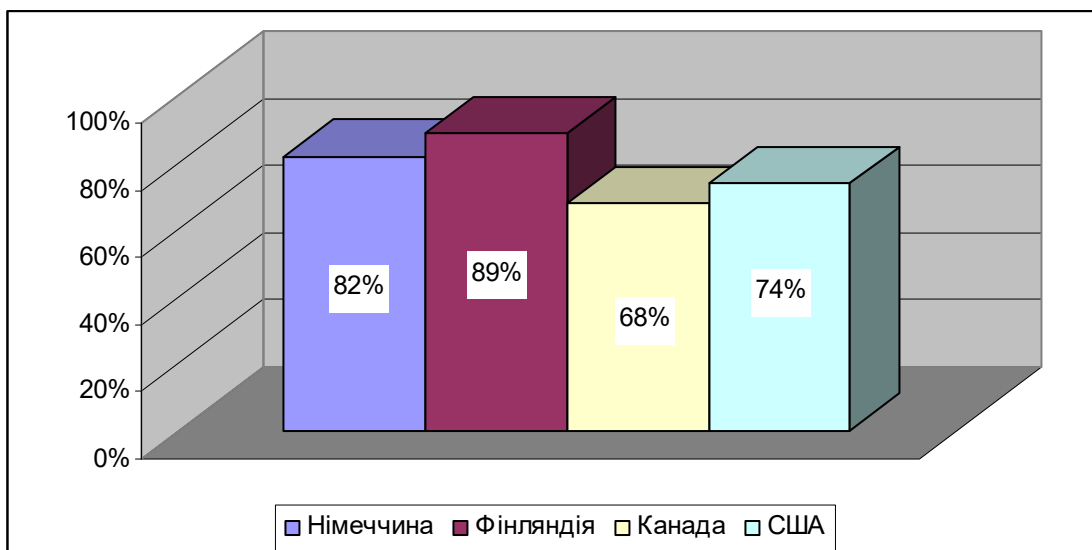


Рисунок 1.1 – Частка населення країн Європи та Америки, які проживають у власних будинках (в% від загальної чисельності)

Тому вкрай важливим завданням є поліпшення житлових умов населення, шляхом будівництва економічно доступних і енергоефективних малоповерхових будівель. Цим вимогам найбільшою мірою відповідають будинки садибного типу, що забезпечують спільне комфортне проживання членів родини (6...8 чоловік) в безпосередній близькості від робочих місць.

Ступінь розробленості.

Питанню створення енергоефективного будинку присвячено безліч робіт вітчизняних і зарубіжних авторів, таких як Табунщиков Ю.О. [3-6], Матросов Ю.О. [7], Шилкін Н.В. [6, 8], Бродач М.М. [5, 9, 10] та ін. В даних роботах представлені практичні рекомендації та науково-методичні поради з будівництва та реконструкції енергоефективних будівель відповідно до вітчизняних та зарубіжних стандартів і нормам споживання енергії. А також представлені заходи, спрямовані на поліпшення енергозбереження даних об'єктів.

У роботах зарубіжних авторів, В. Файст [11], сформульовані основні положення з проектування пасивних будинків, Stephania Kambouris [12], представлені такі системи рейтингових оцінок «зелених» будівель як LEED і

BREEAM. Дані стандарти дозволяють визначити, чи є проект енергоефективним і екологічно чистим.

Також в роботах Табунщикова Ю.Ю., Міллер Ю.В. [13] і Малявіноє Е.Г [14], розглянуті питання вдосконалення розрахунку тепловтрат будівлі враховуючи погодинні значення параметрів зовнішнього клімату.

В роботі Онищенко С.В. «Автономні енергоефективні житлові будівлі садибного типу» [15] узагальнені основні напрямки енергозбереження та можливі результати застосування енергозберігаючих заходів відповідно до наявного досвіду для будівель садибного типу. При реалізації кількох енергоефективних заходів «ефективність» повинна визначатися спеціальним розрахунком, і може бути менше.

У журналі «АВОК» та «Енергозбереження» автори І.А. Башмаков, В.І. Башмаков, Ю.О. Табунщиков, М.М. Бродач, В.І. Ливчак та ін. розглядають різні питання з проектування енергоефективних будівель, такі як економія паливно-енергетичних ресурсів, що витрачаються на теплопостачання будівель і споруд, якість мікроклімату в приміщеннях та ін.

Мета і завдання роботи

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка та обґрунтування параметрів енергоефективного малоповерхового будинку котеджного типу в кліматичних умовах Луганської області.

Для досягнення зазначеної мети вирішуються наступні завдання:

1. Аналіз зарубіжного і вітчизняного досвіду проектування і будівництва енергоефективних будівель;
2. Вивчення нормативно-правової документації в галузі проектування та будівництва енергоефективних будівель;
3. Вибір типу енергоефективного будинку для розглянутого кліматичного району;

4. Дослідження архітектурно-планувальних і конструктивних рішень застосовуються в проектуванні енергоефективних будівель, з урахуванням місцевих кліматичних і регіональних умов;

5. Розрахунок теплового захисту будівлі;

6. Проведення теплотехнічних розрахунків і аналіз вологісного режиму огороджувальних конструкцій;

7. Визначення тепловтрат будівлі і розрахунок теплового балансу;

8. Розрахунок енергоспоживання і побудова графіків електро- та енергоспоживання;

9. Аналіз потенціалу можливого використання місцевих поновлюваних енергетичних ресурсів;

10. Підбір обладнання для забезпечення необхідного енергоспоживання.

Об'єкт дослідження

У якості об'єкта дослідження обрано малоповерхові цивільні будівлі на території Луганської області.

Предмет дослідження

Оптимізація енергоспоживання малоповерхової цивільної будівлі, аналіз потенціалу можливого використання місцевих енергетичних ресурсів, заходи щодо підвищення енергоефективності та енергозбереження.

Наукова новизна

1. Обґрунтування доцільності проектування пасивних будинків, з урахуванням специфіки природно-кліматичних умов сходу України;

2. Вибір об'ємно-планувальних і конструктивних рішень енергоефективної будівлі, що розглядається у якості локальної природно-технічної системи, дозволяють знизити енергоспоживання будівлі з урахуванням взаємодії з навколишнім середовищем;

3. Уточнення надходження сонячної інсоляції через віконні прорізи шляхом порівняння теоретичних даних з практично піднаглядним сонячним випромінюванням;

4. Аналіз потенціалу відновлюваних енергетичних ресурсів (сонячна, вітрова енергія, біомаса) розглянутого кліматичного району і обґрунтування використання ресурсів для енергопостачання малоповерхової цивільної будівлі.

Практична значимість

Проаналізовано можливості будівництва різних типів енергоефективних будинків в кліматичних умовах Луганської області та поновлюваних енергетичних ресурсів.

Підібрані і розраховані енергоефективні огорожувальні конструкції, обґрунтовані ресурсозберігаючі заходи щодо формування архітектурно-конструктивних рішень, і розглянута можливість застосування обладнання на поновлюваних джерелах енергії, що забезпечує стійкий енергопостачання енергоефективного малоповерхового будинку в кліматичних умовах Луганської області.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАКОРДОННОГО ТА ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1. Основні напрямки будівництва енергоефективних будівель

За величиною кінцевого споживання енергії житловий сектор займає друге місце після обробної промисловості, структура енергоспоживання представлена на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Структура енергоспоживання в житловому секторі

Технічний потенціал зниження енергоспоживання систем опалення житлових будинків укладено в діапазоні від 17 до 42 млн. тне (тонн нафтового еквівалента), для ГВП дане значення становить 13,4 млн. тне, при перекладі в інші одиниці виміру, дане значення становить 50 млрд. кВт-годин [16].

У даній роботі розглядається будівництво малоповерхового будівлі котеджного типу, тому що *малоповерхове житлове будівництво (МЖС)* має такі переваги як: наявність земельної ділянки, застосування різних форм будівництва, можливість використання різноманітних конструкцій для різних типових проектів будинків; можливість забезпечити низьку собівартість при заданому рівні комфорту, а так само можливість створення

багатофункціонального та енергоефективного будинку з використанням децентралізованих систем життєзабезпечення.

Загальний обсяг введеного житла за рахунок *МЖС* до 2023 року повинен становити близько 80%, для порівняння в країнах близьких до України за кліматичними умовами, частка малоповерхового житла в загальному обсязі введеного вже сьогодні становить від 79% до 92%: Канада – 79%, країни Євросоюзу – 80%, Фінляндія – 89%.

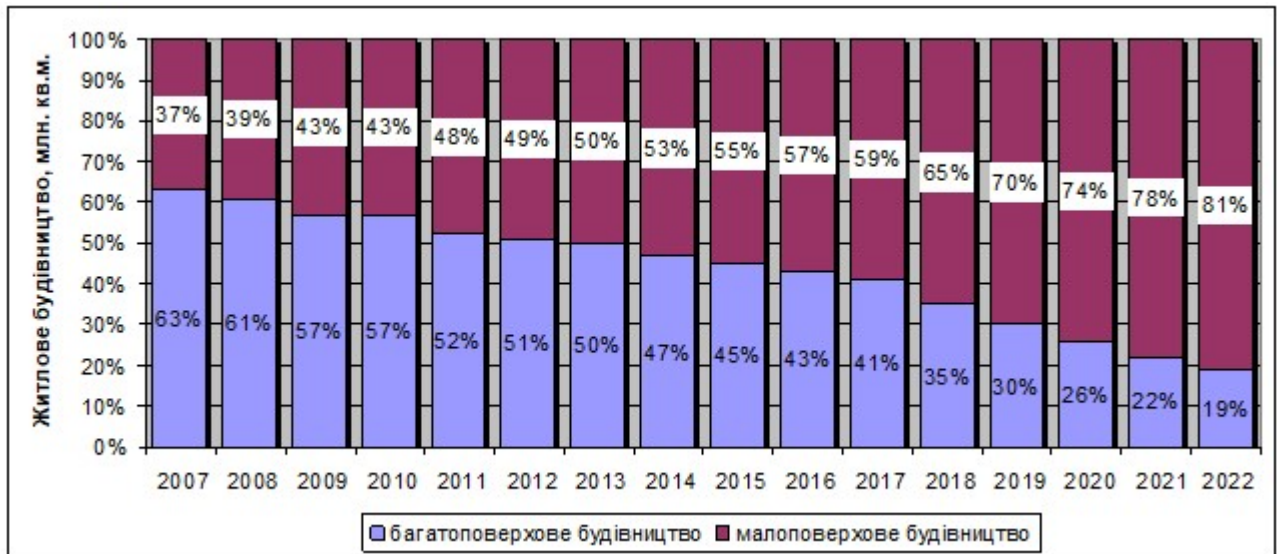


Рисунок 1.3 – Структура житлового будівництва 2007...2022 р.р.

Забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів в житлових будинках є одним з пріоритетних напрямків в галузі енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності в багатьох країнах світу. На даний момент в Україні потрібне проведення безлічі заходів, для досягнення Європейського рівня розвитку в даному питанні.

1.2. Аналіз нормативно-правової документації в галузі проектування та будівництва енергоефективних будівель

У житловому економічному секторі існує безліч проблем української нормативної бази з енергоефективності [17], однак основна проблема полягає в тому, що енергоефективні будівлі не регулюються на законодавчому рівні.

Також відсутні системи стандартів і будівельних норм і правил, спрямованих на енергозбереження.

За аналогією з європейськими країнами були розроблені нові українські стандарти для проектування і будівництва «зелених» будівель [10].

Екологічне будівництво – це практика будівництва та експлуатації будівель, метою якої є зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів при одночасному збереженні або підвищенні якості будівель і комфорту їх внутрішнього середовища [18, 19]. Екологічне будівництво масово впроваджується на світовому ринку і представлено в широкому спектрі – від невеликих житлових будинків до великих торгових районів. При зведенні екологічної будівлі розробляються спеціальні екологічні проекти, в основі яких закладені наступні принципи: використання енергоощадних технологій, ефективне використання обмежених ресурсів, проектування будівель з урахуванням впливу на здоров'я людини та на навколишнє середовище, а також наскільки гармонійно будівля вписується в архітектурний стиль і природний ландшафт [20]. Згідно з останніми міжнародними дослідженнями, екологічно зелена будівля дозволяє підвищити загальну продуктивність персоналу на 18%, скоротити кількість лікарняних на 8,5%, знизити споживання енергоресурсів до 40%, а також підвищує вартість активів. Власник будівлі може дозволити собі підвищити орендні ставки до 25%, а рівень заповнюваності будівлі, як правило, збільшується на 23% [21]. Екологічне будівництво слід розглядати як інноваційний підхід, так як в основі даного процесу закладено використання абсолютно нових технологій і обладнання, постачання екологічно чистого продукту, який не має негативного впливу на навколишнє середовище. Завданнями зеленого будівництва є:

1. Скорочення сукупної (за весь життєвий цикл будівлі) згубної дії будівельної діяльності на здоров'я людини і навколишнє середовище, що досягається за допомогою застосування нових технологій і підходів.

2. Створення нових промислових продуктів.

3. Зниження навантажень на регіональні енергетичні мережі та підвищення надійності їх роботи.

4. Створення нових робочих місць в інтелектуальній сфері виробництва.

5. Зниження витрат на утримання будівель нового будівництва.

У країнах, де розвивається екологічне будівництво, створюються національні стандарти, що враховують соціально-економічні та природні умови країни: законодавство, державну політику щодо енергоресурсів та екології, кліматичні умови, ступінь усвідомлення проблем енергоефективності та екологічності професійними співтовариствами та населенням. Всі перераховані стандарти направлені насамперед на підвищення значимості екології як невід'ємної частини суспільства, а так само визнання необхідності екологічного будівництва для успішної реалізації стійкості міст і країни в цілому. Суттю розвитку національного стандарту є переформулювання тільки тих концептуальних рекомендацій загальноновизнаних систем екологічної експертизи об'єктів нерухомості, які зможе ввести в практику національний проектно-будівельний сектор. Розроблення національних стандартів у більшості країн покладено на Національні Ради з екологічного будівництва, які розробили наступні системи оцінки:

- Green Star (Австралія, Нова Зеландія);
- LEED Canada™ (Канада);
- Green Globes (BREEAM Канада);
- German Sustainable Building Certification (Німеччина);
- IGBC Rating System & LEED India™ Green Building Rating Systems (Індія);
- Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, CASBEE (Японія);
- Green Star NZ (Нова Зеландія);
- Green Star SA (Південна Африка);
- BREEAM (Великобританія);
- LEED Green Building Rating System™ (США).

Найбільш розповсюджені дві визнані у світі системи екологічної експертизи об'єктів нерухомості є – BREEAM та LEED. Система LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design) – «Керівництво в енергетичному та екологічному проектуванні» – є рейтинговою системою сертифікації для так званих Зелених Будівель. Ця система була розроблена Американською Радою щодо Зелених Будівель в 1993 році, як Зелений будівельний стандарт виміру енергоефективності та екологічності проектів і будівель. Ця система розроблена як стандарт вимірювання проектів енергоефективних, екологічно чистих і стійких будівель для здійснення переходу будівельної індустрії до проектування, будівництва та експлуатації таких будівель [22]. На противагу LEED можна поставити розроблений в 1990 р. британською компанією BRE Global метод оцінки екологічної ефективності будівель BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), що використовується по всьому світу [23]. У рамках BREEAM, BRE Global підтримує Рада зі сталого розвитку, що представляє акціонерів найбільших представників будівельної промисловості. BRE Global готує незалежних ліцензованих оцінювачів за системою BREEAM у всьому світі, контрольованих UKAS відповідно до системи якості ISO9001. Основні розділи, які мають обидві рейтингові системи є:

1. Економія енергії.
2. Використання відновлювальних енергоресурсів та вторинного використання енергії.
3. Охорона навколишнього середовища.
4. Утилізація відходів.
5. Благоустрій, озеленення навколишніх територій.
6. Комфортність внутрішнього середовища проживання.
7. Зручність розташування будівлі.
8. Автоматизація, диспетчеризація, моніторинг систем інженерного забезпечення, інтелектуальне управління будівлею.
9. Надійність та безпека.
10. Комплексний мережевий менеджмент та моніторинг.

11. Економічні критерії екології та енергоефективності [24].

Перевагами зеленого будівництва для навколишнього середовища є:

1. Значне скорочення викидів парникових газів, сміття та забруднених вод.
2. Розширення і захист природного середовища існування та біологічного різноманіття.
3. Збереження природних ресурсів.

Для здоров'я і суспільства основні переваги полягають у:

1. Створенні більш комфортних умов в приміщеннях за якістю повітря, а також щодо теплових і акустичних характеристик.
2. Зниженні рівня забруднень, що потрапляють у воду, ґрунт і повітря, і як наслідок, скорочення навантаження на міську інфраструктуру.
3. Підвищенні якості життя за допомогою оптимального містобудівного проектування – розміщення місць прикладання праці в безпосередній близькості житлових районів із соціальною інфраструктурою (школи, медичні установи, громадський транспорт та ін.).

Експлуатація Зелених будівель в порівнянні з традиційними спорудами є економічно більш вигідною:

1. На 25 % знижується енергоспоживання, і відповідно досягається зменшення витрат на електроенергію.
2. Зменшення споживання води на 30% закономірно приводить до значного зниження витрат на водопостачання.
3. Скорочення витрат на обслуговування будівлі досягається за рахунок більш високої якості сучасних засобів управління, ефективного контролю та оптимізації роботи всіх систем.
4. Збільшена поточна чиста виручка (наприклад, 3%-а премія на середній нормі орендного договору) та вартість активів власності (наприклад, 10%-а премія на комерційній цінності) може привести до більш низьких фінансових і страхових затрат.

5. Зменшення кількості відмов від оренди та власності, збільшення задоволеності орендарів, що також може привести до зниження витрат.

6. Впровадження принципів Зеленого будівництва прекрасно підходить для привернення суспільної уваги, сприяє якнайшвидшій окупності орендних площ і більшої лояльності орендарів.

7. Згідно з соціально-економічними дослідженнями аналітики прогнозують зростання ринкових цін на "Зелені" будівельні матеріали на 5% щорічно від 455 млрд. доларів в 2008 р. до 571 млрд. – в 2014 р. Більшість найбільших світових будівельних компаній до 2014 року запланували укласти не менше половини всіх своїх контрактів на проекти "Зеленого будинку".

8. Будинки, побудовані з використанням Зелених технологій, сприяють збереженню здоров'я працюючих у них людей, що може знизити втрати від виплат за медичною страховкою.

9. Принципи будівництва Зелених будівель вже зараз відповідають очікуваному посилюванню екологічного законодавства, пов'язаного з обмеженням викидів вуглецю.

10. Постійне зниження собівартості. Більшість Зелених будівель дорожче від звичайних не більше ніж на 4%, а в найближчому майбутньому застосування Зелених технологій стане найефективнішим засобом для зниження собівартості будівництва. На даний момент додаткова собівартість може бути амортизована в ході експлуатації будівлі і зазвичай компенсується протягом перших 3-х або 5-ти років за рахунок зниження експлуатаційних витрат.

11. Багато інвесторів вже зараз розглядають будівництво звичайних будинків як збільшення своїх ризиків і підвищення відповідальності [19].

Сучасне зростання «зеленої» економіки спостерігається серед Західних тенденцій, а саме в США – це 23% частки ринку, в Європі небагато менше, приблизно – 21%, а в Україні – поки 0%. У нашій країні екологічне будівництво не має темпів зростання, але набирає актуальності в даному розвитку, що підкріплено існуванням певних рад з екологічного будівництва, різних об'єднань з метою впровадження міжнародних стандартів в Україні [25]. На цей час в Україні зареєстровано два об'єкти з сертифікації LEED – бізнес-центр в Києві і житловий мікрорайон «Ліски-2» у Миколаєві. Ця сертифікація направлена на організацію найбільш прийняттого будівництва для навколишнього середовища, зокрема вони контролюють виконання

ефективного використання енергії та води, зниження викидів CO₂, забезпечення найбільш прийняттого клімату всередині приміщення, управління ресурсами і відстеження впливу людської діяльності на їх стан. В Україні робляться спроби по введенню енергетичної ефективності будівель як першого кроку на шляху по встановленню норм екологічного будівництва. Так, 12 грудня 2012 був запропонований законопроект про «Про енергетичну ефективність житлових та громадських будівель». Хоча закон не пройшов друге читання і був відхилений [26].

Існуюче законодавство про енергозбереження і підвищення енергетичної ефективності формувалося на основі досвіду ЄС, однак воно потребує перегляду з урахуванням українських реалій відмінностей підходів в Україні та Європі до правового і технічного регулювання підвищення енергоефективності будівель [27].

На сьогоднішній день існує досить опрацьовані європейські стандарти EPBD. Дані стандарти досі удосконалюються, причому їх обробка йде на міждержавному рівні [28].

1.3 Класифікація будівель за рівнем енергоефективності в Європі і Україні

Європейська класифікація будівель в залежності від їх рівня енергоефективності представлена в табл. 1.1 [9, 29].

Таблиця 1.1 – Класифікація енергоефективних будівель у Європейських країнах

Тип будівлі	Споживання на опалення, кВт-год/м ² рік
Стара будівля	200...300
Нова будівля	не більше 150
Будинок низького споживання енергії (low energy house)	більше 60...70
«Пасивний» будинок (passive house)	не більше 15
«Будівля з нульовим енергетичним балансом (Net Zero Energy Building)	сумарне споживання енергії за річним звітом дорівнює нулю
«Активний» будинок (active house), або Будинок з плюсовою енергією (energy plus house)	загальний річний об'єм енергоспоживання є позитивним

В Україні використовується система класифікації будинків за допомогою літерного позначення від «А ++» до «Е». В «А ++» класі, величина відхилення розрахункового (фактичного) значення питомої витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі становить менше мінус 60% від нормованого (базового) значення, а той час як «Е» понад 50% [30].

Детальний опис класів енергетичної ефективності можна взяти з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)» і представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Класи енергозбереження житлових і громадських будівель

Позначення класу	Найменування класу	Величина відхилення розрахункового (фактичного) значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі від нормованого, %	Рекомендовані заходи, що розробляються в Україні
1	2	3	4
<i>При проектуванні і експлуатації нових і реконструйованих будівель</i>			
A++ A+ A	Дуже високий	Нижче -60 Від -50 до -60 включно Від -40 до -50 включно	Економічне стимулювання
B+ B	Високий	Від -30 до -40 включно Від -15 до -30 включно	Економічне стимулювання
C+ C C-	Нормальний	Від -5 до -15 включно Від +5 до -5 включно Від +15 до +5 включно	Заходи не розробляються
<i>При експлуатації існуючих будівель</i>			
D	Знижений	Від +15,1 до +50 включно	Реконструкція при відповідному економічному обґрунтуванні
E	Низький	Більше +50	Реконструкція при відповідному економічному обґрунтуванні, або знесення

Розглянемо більш докладно концепцію останніх трьох енергоефективних будівель за Європейською системою.

1.3.1. Концепція пасивного будинку

У 1993 р. у Берліні архітектори підписали Європейську хартію про сонячну енергію в архітектурі та містобудуванні. У преамбулі зафіксовано: в розвинених країнах половина енергії витрачається на виробництво будівельних матеріалів та експлуатацію будівель. Архітектурні проекти визначають і вирішують проблему енергозбереження у ході експлуатації споруд, виготовлених з цих матеріалів. Тому слід постійно розвивати технології, не завдаючи шкоди довкіллю, що і є головною дилемою сучасності.

Зараз проектується місто Масдар в Об'єднаних Арабських Еміратах, побудовою якого намагаються довести можливість створення міста, що не виділяє CO₂ і не продукує відходів сміття. Інший приклад – башта майбутнього (рис. 1.4, а) (проект William McDonough & Partners) – хмарочос, що працює як дерево: у споруді виробляється кисень, дистилюється вода, генерується енергія. При цьому, її форма змінюється залежно від пори року. Будівля може примати вигнуту аеродинамічну форму, що знижує тиск вітру; цим зменшується кількість необхідних будівельних матеріалів, посилюється міцність конструкції при збільшеному об'ємі внутрішнього простору. Рослинність розташовується на покрівлі будівлі й у трьохповерхових атриумах з садами на південному боці. Архітектурне планування опирається на наслідування екологічних засад, що проглядаються у зовнішньому вигляді споруди (рис. 1.4, б).



Рисунок 1.4 – Проекти башти майбутнього

Проект SIEEB (рис. 1.5), виконаний Mario Cucinella Architects, розкриває можливості по переробці CO₂ та передбачає пасивну і активну стратегію по контролю внутрішнього середовища і оптимізації умов внутрішнього середовища. Ця споруда корисною площею 20 тис.м² університету Tsinghua, Китай, включає навчальний центр Sino-Italian, центр захисту навколишнього середовища і збереження енергії.



Рисунок 1.5 – Проект SIEEB, реалізований у Китаї

Загальна концепція проектування, побудови й експлуатації екологічної будівлі. Екологічно доцільне проектування передбачає створення концепції проектування, побудови й експлуатації будівлі, для чого слід визначитись з особливостями сучасного стану енергозбереження у виробництві й експлуатації як самих будівельних матеріалів, так і споруди у цілому. Це означає:

- використання меншої кількості енергії для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій; для опалення, охолодження і провітрювання будівель;
- використання енергій, що мають здатність до самовідновлення;

- утилізацію і вторинне використання відходів з урахуванням екологічних аспектів;
- використання природних і екологічно-чистих матеріалів;
- забезпечення природного перебігу процесів у навколишньому середовищі.

Ефективність енергозбереження й екологічність будівлі визначається сукупністю багатьох факторів: вибором місця для будівництва та підбором екологічних матеріалів і конструкцій; пасивним і активним використанням енергоносіїв, що мають здатність до відновлення; енергетично вигідним інженерним оснащенням тощо. При виборі місця для будівлі мають бути враховані: кліматичні умови; топографія; орієнтація будівлі за сторонами світу; освітленість або затінення місця; сила та напрямок вітрів; захищеність будівлі зеленими насадженнями.

Архітектурний проект самої будівлі, як невід'ємний компонент, включає заходи з економії енергії і визначається: компактністю форми будівлі (найкомпактнішою формою будівлі є напівкуля, її частина об'єму відносно об'єму напівкубу становить 81%, далі циліндр – 92%, піраміда – 98%); орієнтацією будівлі; розташуванням вікон; зонуванням будівлі (поділ на тепліші житлові й холодніші допоміжні зони); створенням масивних об'ємів, що нагромаджують, а згодом віддають тепло.

Поряд з активним використанням сонячної енергії можливе і пасивне її використання засобами планування будівлі. Так, за допомогою "буферних зон" стає можливим підігрів свіжого повітря і забезпечення ним інших функціональних зон. Окрім теплоізоляції будівель, істотного значення здатність конструктивних елементів із різних матеріалів сприймати, зберігати і віддавати тепло. Матеріали, спроможні сприймати тепло і віддавати його з часовим відставанням, врівноважують температуру внутрішнього середовища. Як простий і недорогий сонцезахист може застосовуватись широкий дах. Виступ даху захищає внутрішні приміщення від перегріву у час високого літнього сонця, але дозволяє низькому зимовому сонцю заглядати углиб приміщень.

Переходячи до енергетично-екологічних аспектів, відзначимо наступне. Найбільша частка енергії у традиційному будівництві використовується на опалення. Теоретично кожен будинок можна утеплити так, щоб він став *пасивним*, тобто відзначався незначною потребою в енергію. Тут завдяки застосованим рішенням і матеріалам забезпечується тепловий комфорт, однаковий у зимовий та літній періоди. У пасивних будівлях річні витрати на опалення становлять всього $15 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 \times \text{рік}$. Джерелом тепла у пасивних будівлях можуть бути зведені системи, що одночасно використовують конденсаційні котли, теплову помпу, сонячні колектори, а також рекуператор повітря. *Для порівняння:* будівлі, зведені в Україні до 1988 р., використовують на обігрів $240 \dots 350 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 \times \text{рік}$, тобто у 16...23 рази порівняно з пасивними будинками. Сучасніші будівлі (2003-2007 рр.), використовують $120 \dots 160 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 \times \text{рік}$, тобто 8-10-разів більше порівняно з пасивними будинками. Навіть будинки, що зараз визнаються енергозберігаючими, все ж використовують у 5 разів більше енергії ніж пасивні будинки.

Основна концепція пасивного будинку полягає в використанні теплоти від наявних джерел, такі як люди, побутові прилади, сонячна радіація і витяжної повітря, що дозволяє досягти високих показників комфорту і мікроклімату при низьких експлуатаційних витратах.

Характерними рисами пасивного будинку є відсутність будь-яких кількісних показників і незалежність від будь-яких кліматичних характеристик, тобто це визначення не прив'язане до конкретного району будівництва.

Основними критеріями пасивного будівництва є:

1. Термоізоляція зовнішніх стін:

а) У будинку має бути замкнута термічна оболонка, що охоплює простір теплового комфорту, тобто всі приміщення, де температура в зимовий період повинна перевищувати 15°C .

б) Термічна оболонка повинна створювати високу теплову ізоляцію у кожному місці будинку; мінімальна товщина утеплення у кожному місці оболонки становить принаймні 0,25 м при коефіцієнті теплопровідності $\lambda=0,04$

$Вт/(м \times ^\circ K)$. Поза ізоляцією стін і даху значну увагу слід приділити деталям, щоб запобігти виникненню містків холоду, адже скраплення водяної пари у елементах конструкції відбувається за температури, нижчої $9,3^\circ C$.

2. Щільність будівельної оболонки є однією із характерних ознак пасивного будинку. Тепле повітря, пробираючись крізь нещільності назовні, охолоджується, до температури, нижчої від точки роси, що зумовлює внутрішнє зволоження стін, погіршення термо- і звукоізоляції та посилюючи ризик виникнення цвілі.

У пасивних енергозберігаючих будівлях із ідеальною щільністю повітрообмін забезпечує система механічної вентиляції з теплообміном. Основним елементом вентиляційної системи є теплообмінник (рекуператор), де тепле повітря, що виходить, обігріває приточне повітря. У процесі рекуперації теплообмін відбувається через поверхні розділу холодного і теплого потоків, якими служать перегородки.

У пасивному будинку вентиляційний теплообмін надає (повертає) 75% необхідної енергії, а при використанні теплообмінників нової генерації – 95%. Додатковим елементом системи вентиляції пасивного будинку є теплообмінник, що складається із системи каналів, встановлених в ґрунті. Взимку температура ґрунту є вищою від температури повітря, отже теплообмінник служить для обігріву повітря. Літом, навпаки, охолоджене повітря обходить спеціальним каналом рекуператора і охолоджує приміщення, діючи подібно до кондиціонера.

3. Вікна у пасивних будинках діють як сонячні колектори: пасивно отримана сонячна енергія істотною мірою компенсує втрати тепла. Разом з тим, збільшення поверхні вікон для пасивного використання сонячної енергії, веде до збільшення втрат тепла у холодний період. Тому ефективно використання сонячної енергії досягається за умови використання теплозахисних склопакетів (двокамерні вікна, заповнені аргоном, повернуті на південь і незатінені). При цьому, широкі дахові звіси необхідно замінити рухомими заслонами – до прикладу маркізами або касетами, які на зиму можна демонтувати.

4. Важливу позицію в енергетичному балансі займає енергія, зв'язана з нагрівом води для користування. Вода потрапляє до будівлі холодною, за температури не вище 10°C, й прогрівається у трубах уже на місці. Це зумовлює втрати енергії, тому в пасивному будівництві звертається особлива увага на обмеження протяжності труб холодної води та їх якісну теплоізоляцію.

5. Теплова помпа – це інноваційна обігрівальна система, рішення XXI століття. Помпа вважається найбільш обґрунтованою економічно опалювальною системою у випадку, коли відсутнє постачання природного газу у будівлю. Цей пристрій отримує тепло просто від оточення: землі, води або повітря – і перетворюється на енергію для опалення будинку й підігріву води. Це забезпечує оптимальний комфорт при найнижчих коштах експлуатації. Помпа має стабільний ККД протягом періоду експлуатації, що вигідно вирізняє її на фоні залишкових обігрівальних пристроїв, таких як газовий чи масляний котли.

Теплова система, що використовує помпу, не є складною. Вона формується із трьох конструктивних частин: нижнього джерела – ґрунтовий теплообмінник, що отримує тепло від оточення; верхнього джерела – прилад, що віддає тепло (переважно низькотемпературна система центрального опалення або система теплої води для користування), причому третьою частиною є сама помпа, що знаходиться між нижнім і верхнім джерелами та являє собою серце системи.

Для досягнення 100% обігрівальної потужності, вона використовує приблизно на 70% енергію тепла ґрунту або повітря, а також на 30% електроенергію. Використовуючи на помпу 1 кВт×год електроенергії можна отримати чотирикратно більше, тобто аж 3 кВт×год задарма. Тобто, помпа є найбільш енергозберігаючим пристроєм для обігріву будівель і забезпечення їх теплою водою.

6. Сонце посиляє на Землю дуже багато енергії – впродовж майже 9 хвилин потрапляє на нашу планету така її кількість, якої ціла людська популяція не змогла б використати протягом одного року. Україна має в цьому

також свою частину – навіть у похмурі дні, коли сонячне випромінювання обмежене на 50%, кількість сонячної енергії, доставленої до ґрунту, відповідає паливній вартості 100 літрів рідкого палива на 1 м² впродовж року. Тому система сонячних колекторів дає змогу покрити 50...65% необхідної енергії річного тепловодопостачання житлового будинку.

Кожна особа в родині використовує в середньому 50 літрів теплої води на добу. У технології системи сонячних колекторів для підігріву такої кількості води потрібно менше 1 м² поверхні колектора, поміщеного на даху будівлі.

Доповненням пасивного дому є енергозберігаюче обладнання домашнього господарства, освітлення, устаткування класу А та А+. Для отримання електроенергії у пасивному будівництві можуть також використовуватись сонячні фотоелектричні батареї, які повертаються за сонцем, та вітрогенератори.

На завершення постає питання про окупність пасивного будівництва. Всупереч видимості, зведення пасивного будинку не є істотно дорожчим від традиційного. У Західній Європі пасивне будівництво дорожче приблизно на 8...15%. У Польщі додаткові кошти становлять на 15...20% залежно від виду будівлі, її призначення, додаткового обладнання. Пасивний будинок вимагає більших витрат на утеплення, спеціальні вікна, двері та систему вентиляції.

Натомість, заощаджується на окремій системі опалення, якою пасивний будинок переважно не оснащений. Такі будинки стають чимраз популярнішими в Європі; це тільки питання часу, інформації та впровадження технологій і вони з'являться в Україні. Уже тепер у Львові будуються споруди з ґрунтовими теплообмінниками (встановлені у фундаменті контейнери, заповнені кісткою із базальту дуже високої питомої теплоємності); Інститутом термоелектрики у Чернівцях розроблені високоефективні термоелектричні матеріали для сонячних елементів; у Криму виготовлено і встановлено вітрові електростанції тощо. Ці роботи повинні бути зведені у цілісні концептуальні проекти з утіленням в конкретних спорудах, оснащених програмно-технічним забезпеченням і управлінням за типом «Розумний енергонезалежний будинок»,

причому архітектурний проект самого будинку має відповідати Європейській хартії про сонячну енергію в архітектурі та містобудуванні тощо.

1.3.2. Концепція будинку з нульовим енергетичним балансом

Очевидно, що питання енергозбереження при експлуатації будівель на сьогоднішній день актуальні як ніколи. Сталим рішенням даної проблеми можуть стати будівлі з нульовим енергетичним балансом (Net Zero Energy Building).

Документ «Будівлі з нульовим енергетичним балансом» (Zero Energy Buildings або ZEB) був розроблений спільними зусиллями з Національним інститутом будівельних наук а опублікований на сайті Міністерства енергетики США 16 вересня 2015 року. Крім того, величезну підтримку в просуванні і схваленні було надано співтовариством кращих експертів і впливових професійних організацій будівельної індустрії та сфери нерухомості в особі Ради з екологічного будівництва (USGBC), а також Співки архітекторів США (AIA).

Щоб будинку надали клас ZEB, потрібно провести розрахунки за певними формулами, обов'язково використовуючи строгі критерії і терміни.

Якщо зробити деяке узагальнення, то можна сказати що будинок з нульовим енергоспоживанням – це енергоефективна будівля, яка протягом певного періоду споживає з центральної електромережі стільки ж або менше енергії, ніж виробляє за той же час для власних потреб.

Електрика в таких будівлях виробляється за рахунок власних відновлюваних джерел, таких як енергія сонця і вітру, тепло землі (геотермальна енергія) або океану і хвиль. Багато експертів переконані в успіху проекту Zero Energy.

Завдяки екологічності та низьким експлуатаційним витратам, а також високій стійкості до кліматичних змін, природних катаклізмів і збоїв в електропостачанні, будинки з нульовим енергетичним балансом – це майбутнє архітектури.

Уже сьогодні тема ZEB-будівель особливо актуальна в країнах Євросоюзу, де проходить реалізація стратегії «Європа 2020». Зростання зацікавленості проявляється у багатьох державних установ і комерційних компаній і організацій, що працюють над програмами екологічної відповідальності.

Надмірна кількість енергії, яку було вироблено в денний час, направляється в мережу. Вночі ж, коли споживання змінюється і будівля потребує менше енергії, ніж необхідно, її відсутня частина знову надходить з мережі. Простіше кажучи, електрична мережа виступає в ролі накопичення і зберігання енергії

Їх концепція заснована на ідеї, що будівля може задовольнити всі свої енергетичні потреби за рахунок недорогих, територіально доступних, екологічно чистих, поновлюваних джерел енергії. При цьому кількість вироблюваної відновлюваної енергії має дорівнювати або перевищувати річне енергоспоживання будівлі. Якщо власне вироблення енергії в якийсь період не покриває енергоспоживання будівлі, використовуються традиційні джерела енергії, такі як електрика, природний газ, центральне тепlopостачання. У період, коли власне вироблення перевищує потреби будівлі, надлишки електроенергії експортуються в зовнішню енергосистему або організовується їх локальне зберігання. Для створення будівель з нульовим енергетичним балансом необхідно забезпечити мінімізацію їх енергоспоживання і компенсацію споживаної енергії з альтернативних джерел. Основними способами мінімізації енергоспоживання є:

- утеплення будівлі;
- застосування ефективних інженерних систем та обладнання. Для будівлі з нульовим енергетичним балансом доступні різні технології подачі енергії з відновлюваних джерел (сонячні батареї, нагрів води сонячною енергією, використання енергії вітру, гідроенергетика та біопаливо), які, безумовно, краще традиційних джерел енергії. При цьому джерела відновлюваної енергії можуть бути розташовані всередині будівлі і на прилеглий території (наприклад,

сонячні батареї і системи сонячного нагріву води, розташовані на даху будівлі, і сонячні або вітряні системи, розташовані на прилеглих до будівлі територіях).

Виділяють кілька типів будівель з нульовим енергетичним балансом [31]:

1. за місцем розташування – споживання будівлі забезпечується за рахунок місцевих поновлюваних джерел енергії;
2. за ресурсами – споживання будівлі забезпечується за рахунок вихідної (первинної) енергії;
3. за видатками на енергоспоживання – грошові кошти за експорт енергії дорівнюють сумі, витрачений на енергію в певні періоди;
4. за викидами – виробляє таку ж кількість енергії, без атмосферних викидів, скільки воно використовує з джерел з атмосферними викидами;
5. автономне – 75% виробленої енергії припадає на частку поновлюваних джерел.

При цьому будівля з нульовим енергетичним балансом може одночасно відноситися до декількох типів.

Згідно з документом будинки з нульовим енергобалансом можуть бути настільки енергоефективні, наскільки цього вимагає реальна ситуація, без будь-яких обмежень. Концепція ж пасивних будинків передбачає чіткі вимоги до норми допустимого споживання енергії на квадратний метр в рік, що говорить про значне розходження цих понять.

Над проектами ZEB-будівель вже сьогодні працюють фахівці з США і Євросоюзу. В найближчому часі RuGBC спільно з компанією Siemens проведе захід, на якому виступить один з провідних ZEB-дизайнерів Метт Мако. Компанія (Environmental Building Strategies (EBS), власником якої є Мако, на сьогодні вже успішно працює з декількома найбільшими ZEB-проектами в США.

1.3.3. Концепція активного будинку

Концепція активного будинку містить в собі комплекс рішень, спрямованих на створення максимального комфорту і якості проживання шляхом ефективного використання природних енергоресурсів і сучасних технологій. Основна ідея полягає в об'єднанні концепцій «пасивного» будинку, будівлі нульового споживання і застосування технологій «розумного» будинку.

Ідея «розумного» будинку полягає в узгодженому підключення і роботи обладнання і управлінні даною системою за певним сценарієм за допомогою різних високотехнологічних пристроїв.

Технічною основою розумних будинків є автоматизована система управління будівлею (АСУБ). При створенні автоматизованої будівлі відбувається об'єднання наступних систем:

- Системи управління і зв'язку;
- Системи опалення, вентиляції та кондиціонування;
- Системи освітлення;
- Системи електроживлення будівлі;
- Системи безпеки і моніторингу.

Перший в Україні серійний енергоефективний заміський будинок був введений в експлуатацію більше трьох років тому. Економія на енергоспоживанні – 65%, а 45% електроенергії генерують альтернативні джерела енергії.

Optima House – це компактний сучасний будинок загальною площею 130 м², з мансардним поверхом та терасою, розрахований на проживання сім'ї з 3...4 чоловік. На двох поверхах, включаючи мансарду, розміщені вітальня, кухня-їдальня, 2 спальні, загальна гардеробна, санвузол з душовою, простора ванна з пральною, технічне приміщення з усіма інженерними системами. Проект Optima House був розроблений командою білоруських і українських архітекторів на базі передового міжнародного досвіду.

Будинок був створений на основі європейських концепцій «Мультікомфортний будинок» і «Активний дім», і спеціально адаптований для

українського ринку. За час експлуатації будинку регулярно проводилися вимірювання ключових показників: температури, вологості, рівень шуму і освітленості, а також рівень CO₂.

За два роки і три тижні споживання електроенергії в Optima House склав всього 15622,8 кВт×год. Таким чином, досягнуті показники виявилися навіть кращими планових – не більше 8000 кВт×год на рік. За перший період експлуатації (1 рік) рівень енергоспоживання склав 7893 кВт×год, а за другий період (1 рік і 3 тижні) – 7729,8 кВт×год на всі потреби (весь обсяг електроенергії, отриманої з мережі для опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення та підігріву води). При цьому, в літній період, за допомогою системи сонячних колекторів, розташованих на даху, для підігріву води використовувалася енергія сонця, і виникав профіцит енергії. Також за рахунок енергії сонця, отриманої за допомогою панелей фотовольтаїки, вирішувалося питання енергопостачання при віяловому відключенні електрики. Заряду акумуляторів було досить для освітлення і підігріву теплої підлоги як мінімум на 4 години. А в зимовий період для підігріву води з електромережі надходило лише 40-50% енергії.

Енергоспоживання в Optima House знижено на 65%, в порівнянні з будинком аналогічної площі, який побудований за традиційною технологією, згідно діючих в Україні норм. Optima House споживає менше 60 кВт×год/м²×рік, і при цьому забезпечує комфортні умови проживання взимку і влітку, а також гарячу воду, вентиляцію з рекуперацією, роботу електроприладів, освітлення, побутової техніки та іншого обладнання.

Що стосується потреби будинку в опаленні, то вона становить 37,5 кВт×год/м²×рік, а фактичні витрати електроенергії на опалення в 3 рази менше цього показника, завдяки використанню теплового насоса. У руслі розвитку альтернативної енергетики в Україні, дуже важливо, що 45% енергії, необхідної для забезпечення життєдіяльності Optima House, надходить з поновлюваних джерел. Так, 86% від загальної потреби в гарячій воді і 10% в опаленні забезпечують сонячні колектори.

Перевагами Optima House також є порівняно короткі терміни будівництва. Обігрів будинку здійснюється без використання природного газу. Встановлено систему теплового насоса, вентиляція з рекуперацією тепла, вже згадані панелі фотовольтаїки та сонячні колектори, а також система «розумний дім».

1.4. Зіставлення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій Європи і України

У зв'язку з жорсткістю вимог до теплозахисту будівель і споруд, неодноразово підвищувалися вимоги до показників теплозахисту огорожувальних конструкцій. На даний момент заходи з енергозбереження по збільшенню даного параметра не призводять до підвищення енергоефективності, тому що на даний момент сучасні нормативні значення теплозахисту стін досягли величин, важких у виконанні на практиці.

Основною характеристикою теплозахисту огорожувальних конструкцій є приведений опір теплопередачі. Особливістю вітчизняного нормування є та обставина, що нормується саме приведений опір теплопередачі, який враховує вплив теплопровідних включень, дана характеристика для стін нормується ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)».

З графіка на рис. 1.6 слід, що зміна опір теплопередачі від 2 до 3 $\text{m}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$ мало впливає на зміну тепловтрат через захисну конструкцію, тому норми дозволяють знижувати цей параметр, наприклад до кліматичних умов, за умови виконання нормативу за питомою витратою теплової енергії на опалення. Дана міра дозволяє здешевити будівництво і підвищити довговічність конструкцій, практично без збільшення споживання енергії на опалення. Подальше підвищення нормативу по теплозахисту стін не призведе до помітної економії енергії, воно призведе до значного подорожчання будівництва.

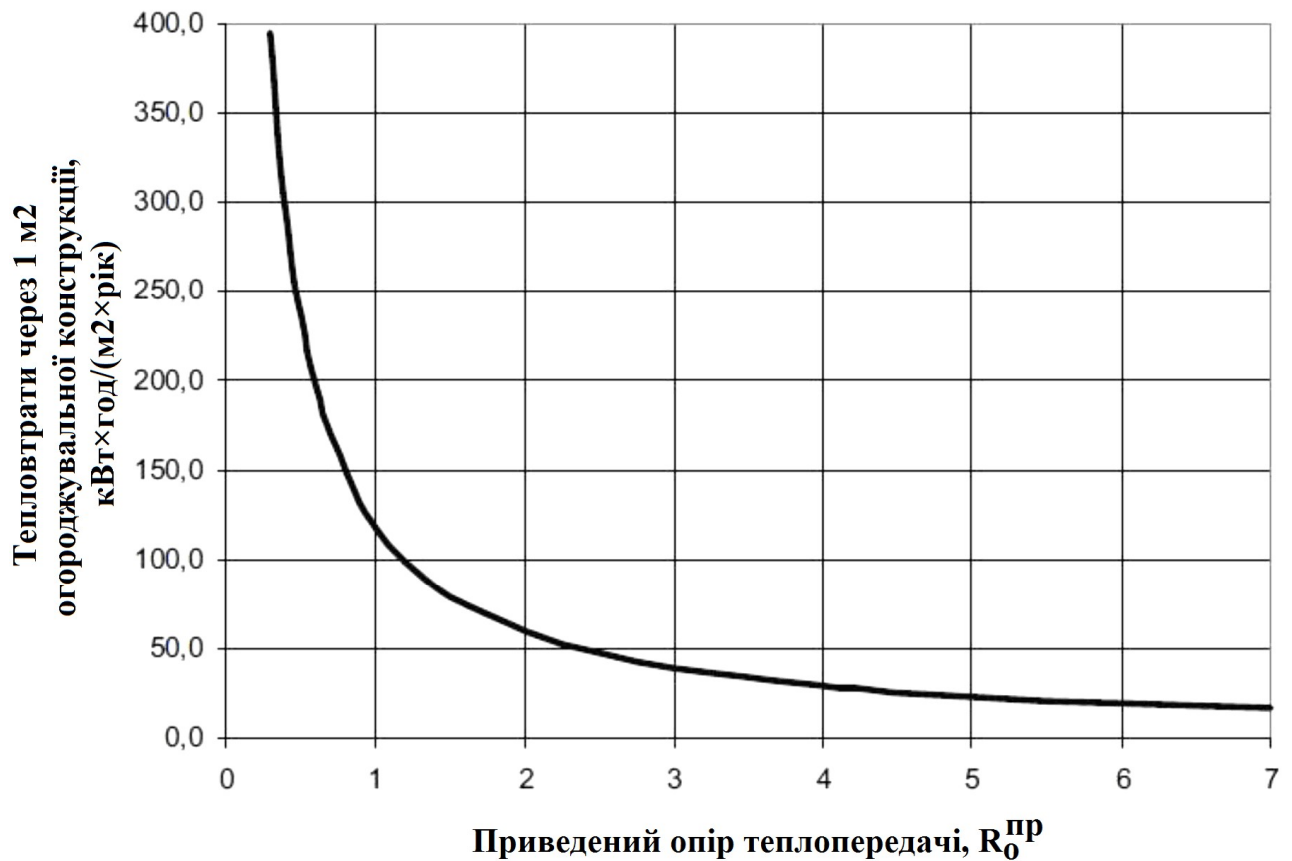


Рисунок 1.6 – Залежність тепловтрат через 1 м² огорожувальної конструкції від наведеного опору теплопередачі [32]

При розрахунку втрат теплової енергії через теплозахисну оболонку використовується такий параметр, як *градусо-добы опалювального періоду (ГДОП)*. Значення даного параметра в Фінляндії може досягати 7000°C×діб/рік (селище Івало в громаді Інарі в фінській провінції Лаппі).

У більшості Європейських країн в якості базової температури внутрішнього повітря приймається +18°C.

Якщо розрахункова температура внутрішнього повітря більша (менша) 18°C, то нормовані величини термічних опорів захищень (крім вікон і балконних дверей) необхідно збільшити або зменшити на 5% на кожний градус.

До температурних зон належать географічні пункти України, в яких кількість градусо-діб від 3501 ГД до менше ніж 2500 ГД.

Поняття «градусо-доба» ґрунтується на ідеї, згідно з якою існує зовнішня температура повітря, яка називається базовою, вище якої опалення не потрібно,

оскільки людям, які знаходяться в будинку, буде достатньо тепло завдяки освітленню, електричному обладнанню, сонячному теплу, яке проникає через вікна, а також теплу, що виділяють люди. Градусо-добі означають тривалість і величину пониження температури щодо базової, яка для більшості будинків приймається рівною 8°C. Іншими словами, градусо-добі є мірилом суворості погодних умов, де за базовий рівень прийнято температуру 8°C. За базову може бути прийнята й інша температура (вища – для шкіл, дитячих садків, інтернатів для престарілих людей тощо). Це може дозволити собі тільки багата країна.

Розглянемо необхідні значення коефіцієнта опору теплопередачі для типових будівель в Фінляндії та низці інших Європейських країн [32], і порівняємо їх з базовими значеннями опору теплопередачі огорожувальних конструкцій з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)». Це дозволить провести аналогію між Європейськими і вітчизняними нормами будівництва.

Таблиця 1.3 – Коефіцієнти опору теплопередачі конструкцій будівлі, $\text{m}^2 \times \text{°C} / \text{Вт}$ з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

	Фінляндія	Україна	Німеччина	Норвегія
Стіна	5,88	3,5	3,57	5,56
Покрівля	11,11	5,2	5,0	7,69
Вікна	1,0	0,6	0,5	0,83
Підлога	6,67	4,6	2,86	6,67

Методики обчислення ГДОП в різних країнах є різними. Для можливості порівняння значень ГДОП для міст України та інших країн були проведені обчислення ГДОП для періоду з температурою зовнішнього повітря менше або дорівнює 8°C і при значенні $t_b = 18^\circ\text{C}$ (що дещо відрізняється від прийнятої в Україні методики). Розрахунки проводилися на основі даних ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [33] та інших довідкових видань з питань клімату різних країн світу. Результати розрахунків представлені на рис. 1.7.

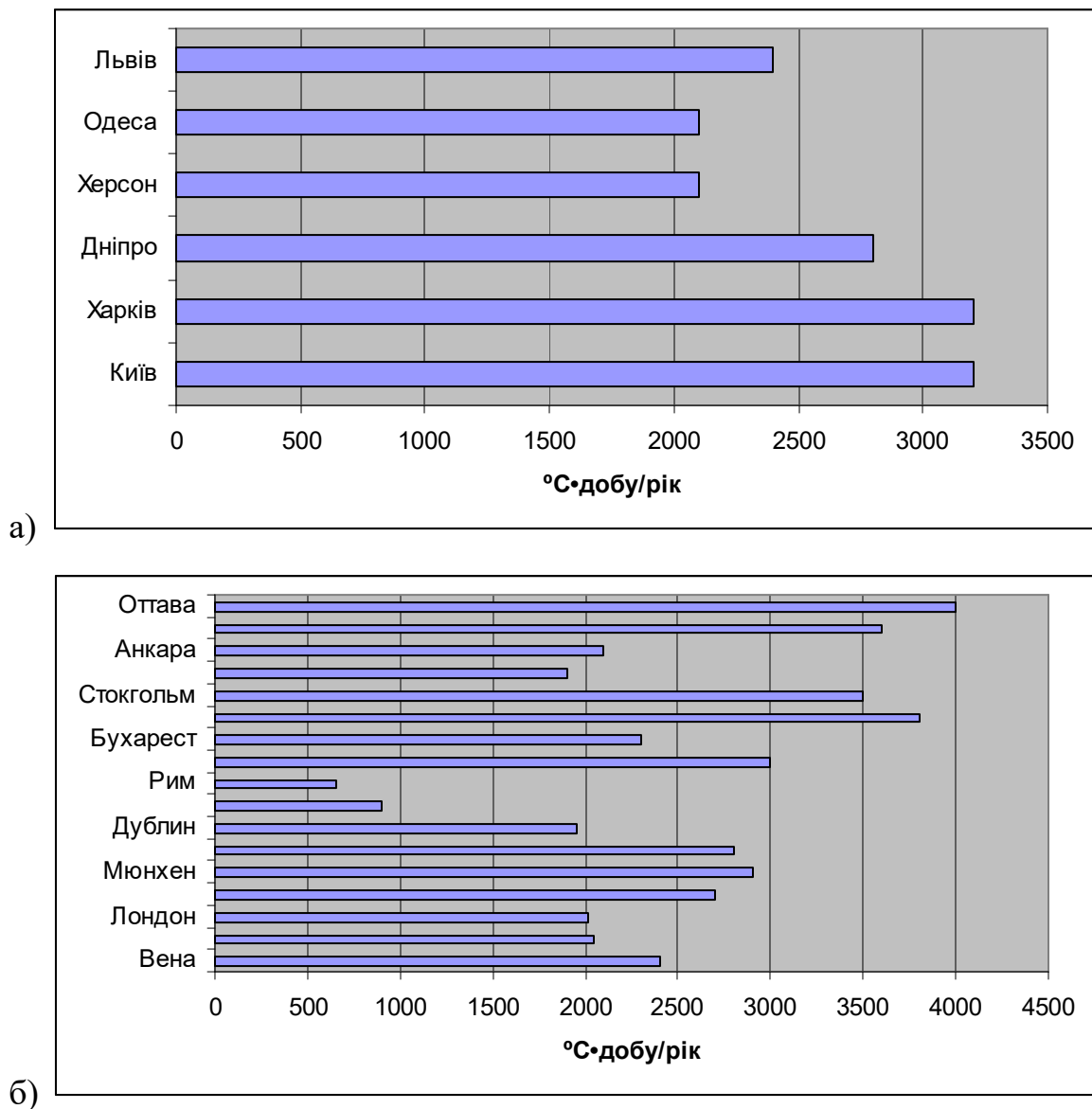


Рисунок 1.7 – Значення ГДОП: а) для міст України; б) міст інших країн
°C·добу/рік

Значення ГДОП для міст України можна порівняти значенням ГДОП для міст Західної Європи.

1.5. Обґрунтування вибору типу енергоефективного будинку для Луганської області

Аналіз наданої інформації дозволяє акцентувати увагу на більш перспективному в плані розвитку типі будівлі, а саме «пасивному» будинку. Для будівель з нульовим енергетичним балансом або активних будинків потрібно позитивний енергобаланс, можливість функціонування поза загальною мережею та сприятливий мікроклімат в приміщеннях. Будівництво

даних типів будинків пов'язане з високими економічними витратами, це пов'язано з проведенням дорогих заходів, наприклад заснованих на використанні альтернативних джерелах енергії. В Європі існують «Зелені» тарифи, що стимулюють використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ), однією з цікавих концепцій в Європі є можливість експортування надлишків електроенергії в зовнішню енергосистему. В Україні слабо опрацьовані питання і заходи пов'язані з ПДЕ, що істотно знижує можливість використання такого обладнання як сонячні батареї, сонячні системи нагріву води і гідро-вітроенергетичні установки. З урахуванням проблем, пов'язаних з нормативною базою з енергоефективності, весь спектр робіт пов'язаних з енергоефективними будинками даного типу, стає складною проблемою для умов України.

Для повноцінного і масового проектування і будівництва «пасивних» будинків на даному етапі потрібно доопрацювати певні прогалини в нормативній документації. Потрібно конкретизувати поняття «пасивного» будинку з урахуванням українських умов, по можливості розглянути можливість адаптації європейських стандартів для відповідних умов України.

Якщо розглядати Луганську область, то можна провести аналогію з такими європейськими країнами, як Німеччина і Польща. Докладний аналіз наявного досвіду проектування і будівництва «пасивних» будинків даних країн дозволить реалізувати аналогічні проекти в наших умовах. Для цього потрібно адаптувати зарубіжні нормативи, використовувати фінські технології будівництва, також необхідний обмін досвіду з фахівцями цих країн та українськими проектувальниками і фахівцями.

Добре пророблена українська нормативна база, з урахуванням особливостей певного кліматичного району, при використанні європейського досвіду проектування і будівництва «пасивних» будинків, надасть можливість створювати проекти масового будівництва даного типу будівлі, заснованого на українській нормативній документації. Це дозволить знизити енергоспоживання і підвищить енергоефективність житлового економічного сектора.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

2.1. Описи об'єкта дослідження

Основною концепцією даного проекту є розробка локальної природно-технічної системи (енергоефективний будинок), в якій споживання енергії з зовнішніх джерел намагаються знизити до мінімуму, разом з супутніми відходами, а більшу частину енергії беруть з природної системи.

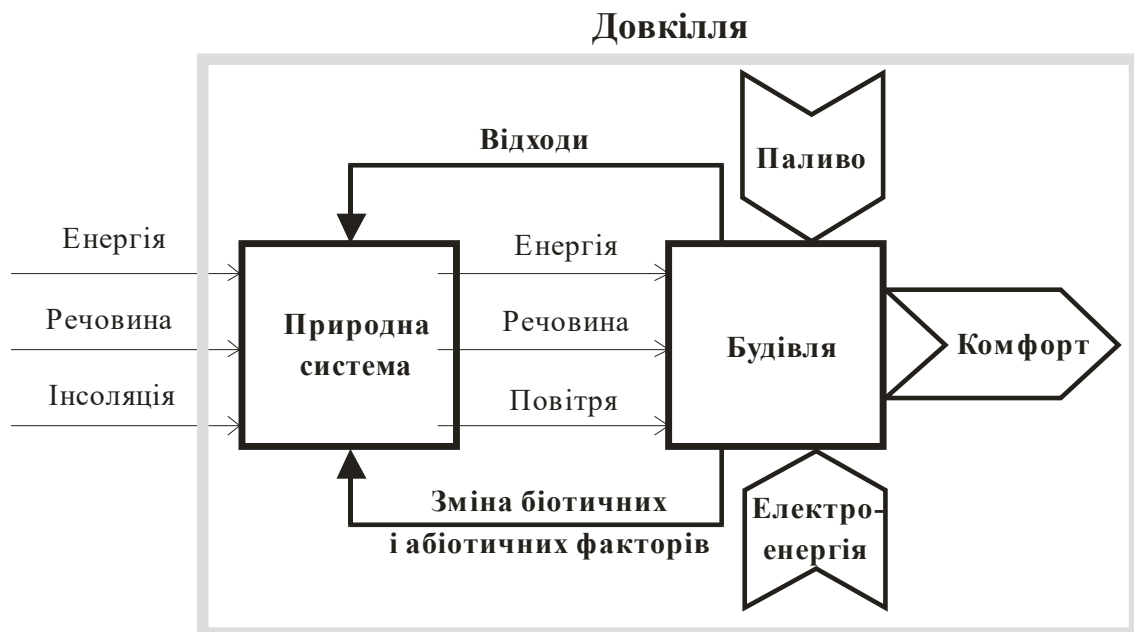


Рисунок 2.1 – Схема природно-технічної системи

Об'єктом дослідження є житловий двоповерховий будинок садибного типу, площею 200 м². При капітальному будівництві доцільно застосування одношарових огорожувальних конструкцій на основі теплоефективних будівельних матеріалів [34]. Внаслідок чого розглядаємо конструкція огорожувальної стіни з пінобетонних блоків. Однак, в ході розгляду матеріалів для захисної конструкції, було виявлено, що використання газобетонних блоків без додаткового утеплення в кліматичних районах з ГДОП ≥ 3500 °С×діб / рік не рекомендується [35]. Тому було вирішено використовувати двошарову

конструкцію з газобетонних блоків і мінеральної вати, обшитих з зовнішньої сторони сайдінгом, для утворення вентиляованого повітряного зазору.

При проведенні оціночних розрахунків було виявлено, що використання мінеральної вати на горищному перекритті призводить до утворення конденсату, було вирішено використовувати засипку з ековати поверх перекриття із залізобетонних пустотних плит.

Так як ґрунтові води розташовуються близько до поверхні, передбачається пристрій холодного підпілля. З урахуванням його висоти в 0,9 м і проведених теплотехнічних розрахунків потрібно утеплення залізобетонної плити перекриття з зовнішньої сторони екструдованим пінополістиролом і внутрішньої сторони мінеральною ватою.

Улаштування двосхилої покрівлі передбачається на дерев'яні крокви з використанням металочерепиці.

Даний житловий будинок розрахований на проживання сім'ї з 6 чоловік, на 1 поверсі одна спальня для старшого покоління, на 2 поверсі 3 спальні для батьків (батько й мати) і в разі якщо діти різної статі кімнати для сина і дочки. Також на 1 поверсі розташовується велика вітальня, кухня, комора та котельня. На кожному поверсі передбачено по одному санвузлу.

2.2. Коротка характеристика природних умов

2.2.1. Кліматичні умови

Клімат помірно-континентальний з виразними посухами. В окремі роки посуха виявляється особливо інтенсивно. Клімат формується як під впливом місцевих факторів (географічна широта, висота над рівнем моря, характер підстилаючої поверхні та інше), так і під впливом тих атмосферних процесів, які відбуваються над територією Євразійського материка і океанами, що його обмивають. Середня температура найтеплішого місяця липня $+21^{\circ}\text{C}$ і найхолоднішого місяця січня -7°C . Багаторічними спостереженнями встановлено, що максимальна температура повітря над територією області не перевищувала $+41^{\circ}\text{C}$, мінімальна не була нижча від -42°C . Панівними вітрами є

східні і південно-східні, вони нерідко приносять посуху. Оподи на території області і за порами року розподіляються нерівномірно. Максимальна середньорічна кількість (550 мм) випадає в найбільш підвищеній частині Донецького кряжа. Відносно бідна на оподи центральна частина – 400...420 мм. На північ їх кількість зростає і досягає 490 мм. Найбагатша на оподи перша половина теплого періоду року. Дощі часто випадають у вигляді короткочасних злив.

Зима порівняно холодна з різкими східними і південно-східними вітрами, відлигами і ожеледицями, малосніжна. Весна сонячна, тепла, нерідко супроводжується сухими східними вітрами, заморозками. Літо гаряче, друга половина його – помітно суха. Осінь сонячна, тепла, суха.

Тривалість опалювального періоду (з температурою $<8^{\circ}\text{C}$) – 180 діб.

Річна кількість опадів – 487 мм.

Максимальна кількість опадів за добу в середньому – 80 мм.

Найбільша висота снігового покриву – 9 см.

Число днів зі сніговим покривом – 63 дня.

Таблиця 2.1 – Середньорічна роза вітрів, %

	ПН	ПНС	С	ПДС	ПД	ПДЗ	З	ПНЗ	Штиль
січень	5	10	27	15	5	12	17	9	19
липень	10	13	13	7	4	11	23	19	27

Переважна швидкість вітру – 5,2 м / с, в зимові місяці – 4,2 м / с, в літні – 4,8 м / с.

2.3. Інженерно-геологічні умови

2.3.1. Геоморфологія і фізико-геологічні умови

Місто Сєвєродонецьк розташоване у межах Сіверськодонецької терасованої рівнини, яка знаходиться між південними відрогами Середньоруської височини та північними відрогами головного Донецького

вододілу. В структурно-тектонічному відношенні територія відноситься до зони купольних структур, розташованих між складчастою Донецькою спорудою і південним схилом Воронізького кристалічного масиву, що обумовлює її складну геологічну будову та особливості рельєфоутворення.

В ландшафтному відношенні територія відноситься до південно-степової підзони степової зони Лівобережної частини України. Долина р. Сіверський Донець, включаючи заплаву та надзаплавні тераси, представляє собою нижній висотно-ландшафтний рівень єдиної денудаційно-еродованої рівнини, де переважають різнотравно-злакові луки та заплавні ліси на гідроморфних ґрунтах різного ступеня зволоження та солоності. Поза річковими долинами домінуючими ландшафтами є терасові слабопагорбові піщані рівнини з дерново-підзолистими та дерновими піщаними ґрунтами під сосновими та сосноводубовими лісами та піщаними степами.

Значна частина соснових насаджень має штучне походження. У зв'язку з пожежами більшість штучних насаджень у північній та північно-східній частині прилеглої до міста території була знищена.

Рельєф місцевості, на якій розташоване місто с прилеглими селищами, являє собою хвилясту рівнину із загальним ухилом на південний захід у бік ріки Сіверський Донець. Абсолютні відмітки території змінюються від +45...+50 метрів на півдні й заході до +80 метрів на півночі й сході. Мілкопагорбовий рельєф обумовлений наявністю невисоких піщаних дюн з терасових, значною мірою замулених, пісків. У місцях, які не покриті лісом, дюни рухаються. При будівництві міста великі площі піщаних дюн були зневільовані.

Наведені дані свідчать про те, що в утворенні сучасного рельєфу території головну роль відіграють антропогенні фактори.

Місто Северодонецьк має помірно-континентальний клімат. Є велика кількість опадів в Северодонецьку, навіть у самий посушливий місяць, і відноситься до ШВ-2 підзони з будівельно-кліматичного районування України за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Максимальна глибина промерзання ґрунту 100 см.

2.3.2. Гідрогеологічні умови

Водоносний комплекс верхньочетвертичних і сучасних алювіальних і пліоцен-середньочетвертичних відкладень поширений на заплаві і надзаплавних терасах р. Сіверський Донець. Водомісткими породами є дрібно-і середньозернисті піски, рідше супіски. Потужність водоносного горизонту змінюється від 5 до 20 м.

Підземні води мають вільну поверхню. Глибина залягання рівня підземних вод в природних умовах 0,7 метри. Дебіти свердловин і колодязів складають 1,8 м³/добу. Водовіддача горизонту, визначена за результатами відкачок і лабораторним способом, становить 0,02. Коефіцієнт фільтрації пісків, залежно від крупності частинок, становить 1,8...70 м/добу, суглинків та супісків 0,01...2 м/добу. Водопровідність водоносного горизонту 200...800 м²/добу. Активна пористість алювіальних відкладень, відзначена дослідно-міграційними роботами, становить 0,1.

У природних умовах живлення підземних вод на всій площі поширення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, в межах заплавної тераси – за рахунок паводкових вод річок і розвантаження підземних вод тріщинуватої зони верхньої крейди. За результатами режимних спостережень інфільтраційне живлення алювіального горизонту за рахунок атмосферних опадів становить 200...300 мм/рік.

Після пуску в експлуатацію водозаборів підземних вод відбулося зниження рівня підземних вод алювіального горизонту і на значних площах надзаплавних терас його повне осушення. В результаті багаторічної експлуатації крейдяного водоносного горизонту в алювіальних відкладеннях сформувалися депресійні лійки з пониженням рівня підземних вод алювіального водоносного горизонту – в центральній частині депресійних лійок до 7...24 м, на всій решті площі – до 2...7 м. Утворення депресійних лійок навколо експлуатаційних свердловин на більшій частині площі поширення водоносного горизонту призвело до зміни напрямку руху, ухилу підземного потоку, умов живлення і розвантаження.

Хімічний склад підземних вод алювіального горизонту в природних умовах гідрокарбонатний кальцієвий та гідрокарбонатно-сульфатний кальцієво-натрієвий з сухим залишком 0,2...0,6 г/дм³. В даний час на значній площі підземні води алювіальних відкладень забруднені різними компонентами, вміст яких у 3...100 разів перевищує ГДК. Основними джерелами забруднення підземних вод є промислові стоки, що фільтруються з накопичувачів.

Ґрунтові води на даній території мають слабку агресивність по відношенню до бетону нормальної щільності, середньої корозійної активністю по відношенню до оболонки свинцевого кабелю і високою по відношенню до оболонки алюмінієвого кабелю.

2.3.3. Геологічна будова і фізико-механічні властивості ґрунтів

Четвертинні відкладення мають широкої розвиток і представлені льосовидними суглинками на вододілах, делювієм на схилах і алювієм річкових долин від нижнього до середнього відділу (Q_I-Q_{IV}). Найбільш поширені льосовидні суглинки, що покривають в тій чи іншій мірі всі вододільні простори і схили. На вододільних просторах вони підстилаються червоними, червоно-бурими і бурими глинами (горизонт «скіфських глин»). Делювіальні і алювіальні відклади представлені в основному різнозернистими пісками, які переходять місцями в супіски, суглинки. Відкладення сучасного відділу (Q_{IV}) представлені алювіальними, делювіальними, еоловими і алювіальними заплавленими відкладеннями. Перероблені вітром, відсортовані кварцові піски терас Сіверського Дінця у вигляді пісків, що рухаються (бархани і кучугури), представляють сучасні еолові відкладення. Дрібнозернисті піски на лівобережжі р. Сіверський Донець мають пливунні властивості. Товща пісків має середню потужність 12...15 м. На деяких ділянках піски перекриваються малопотужним (до 5 м) шаром глин і суглинків з рослинним шаром потужністю до 0,4...0,6 м.

За результатами буріння і лабораторним визначенням, в межах вивченості ділянки, виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

ГЕ-1 – Ґрунтово-рослинний шар, потужністю 0,3-0,9 м;

ГЕ-2 – Піски пилюваті сірі середньої щільності насичені водою, потужністю 0,6-1,2 м;

ГЕ-3 – Піски дрібні бурі середньої щільності насичені водою, потужністю від 0,5 до 1,7 м;

ГЕ-4 – Супіски пилюваті бурі з прошарками суглинку пластичні. Потужність варіює від 0,3 до 1,3 м;

ГЕ-5 – Суглинки легкі пилюваті сірувато-блакитні тугопластичні. Розкрита потужність варіює від 1,4 до 3,8 м;

2.4. Архітектурно-планувальні рішення

На питомі теплові втрати будівлі значний вплив чинять такі показники:

- співвідношення площі огорожувальних конструкцій і загальної площі будівель;
- співвідношення площі віконних прорізів і площі зовнішніх стін;
- конфігурація будівель в плані, розміщення їх на рельєфі і відносно сторін світу.

Параметри і орієнтація будівлі повинні підбиратися таким чином, щоб враховувати вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі. Наприклад, для максимального отримання тепла від сонячної радіації слід розташовувати найбільший фасад на південній стороні, з відповідним розташуванням застаканих прорізів, обмежуючи їх кількість на північній стороні. Розташування кімнат також має бути наступним: житлові кімнати, такі як спальня і вітальня, повинні розташовуватися на південній стороні, господарські приміщення, гардероб, гараж – на північній, створюючи буферну зону.

Розміщення і орієнтація житлових і громадських будівель повинні забезпечувати тривалість інсоляції приміщень і територій відповідно до санітарних норм і правил забезпечення безперервної інсоляцією житлових і громадських будинків і територій житлової забудови.

Нормована тривалість безперервної інсоляції для приміщень житлових і громадських будівель встановлюється диференційовано в залежності від типу квартир, функціонального призначення приміщень, планувальних зон міста, географічної широти згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Зміна № 2».

Виділяють наступні основні архітектурно-планувальні та об'ємно-просторові рішення, спрямовані на енергозбереження:

1. Вибір оптимальної форми будівель, яка характеризується зниженим коефіцієнтом компактності і забезпечує мінімальні тепловтрати в зимовий період і мінімальні теплонадходження в літній період року;

2. Вибір оптимальної орієнтації будівель за сторонами світу з урахуванням пануючого напрямку вітру в зимовий період з метою нейтралізації негативного впливу клімату на будівлю та її тепловий баланс;

3. Вдосконалення архітектурно-планувальних рішень житлових будинків з широким корпусом, що дозволяють значно знизити тепловтрати;

4. Скорочення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій шляхом зменшення периметра зовнішніх стін за рахунок відмови від порізаності фасадів, виступів, западів та інших «архітектурних прорізів»;

5. Максимальне скління південних фасадів і мінімальне скління північних фасадів будівель;

6. Застосування світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій з підвищеними теплозахисними характеристиками і обладнаних вентиляційними клапанами;

7. Установка додаткових тамбурів при входах в будівлю.

2.5. Конструктивні рішення

Більше 70% всіх теплових втрат існуючих будівель, побудованих до розробки концепції енергетично ефективних і пасивних будинків, приходиться на витоку тепла через зовнішні стіни і дахи. Теплоізоляційна оболонка, влаштована навколо будівлі без розривів є найважливішим фактором

заощадження енергії, принципова схема такої теплоізоляції представлена на рис. 2.2.

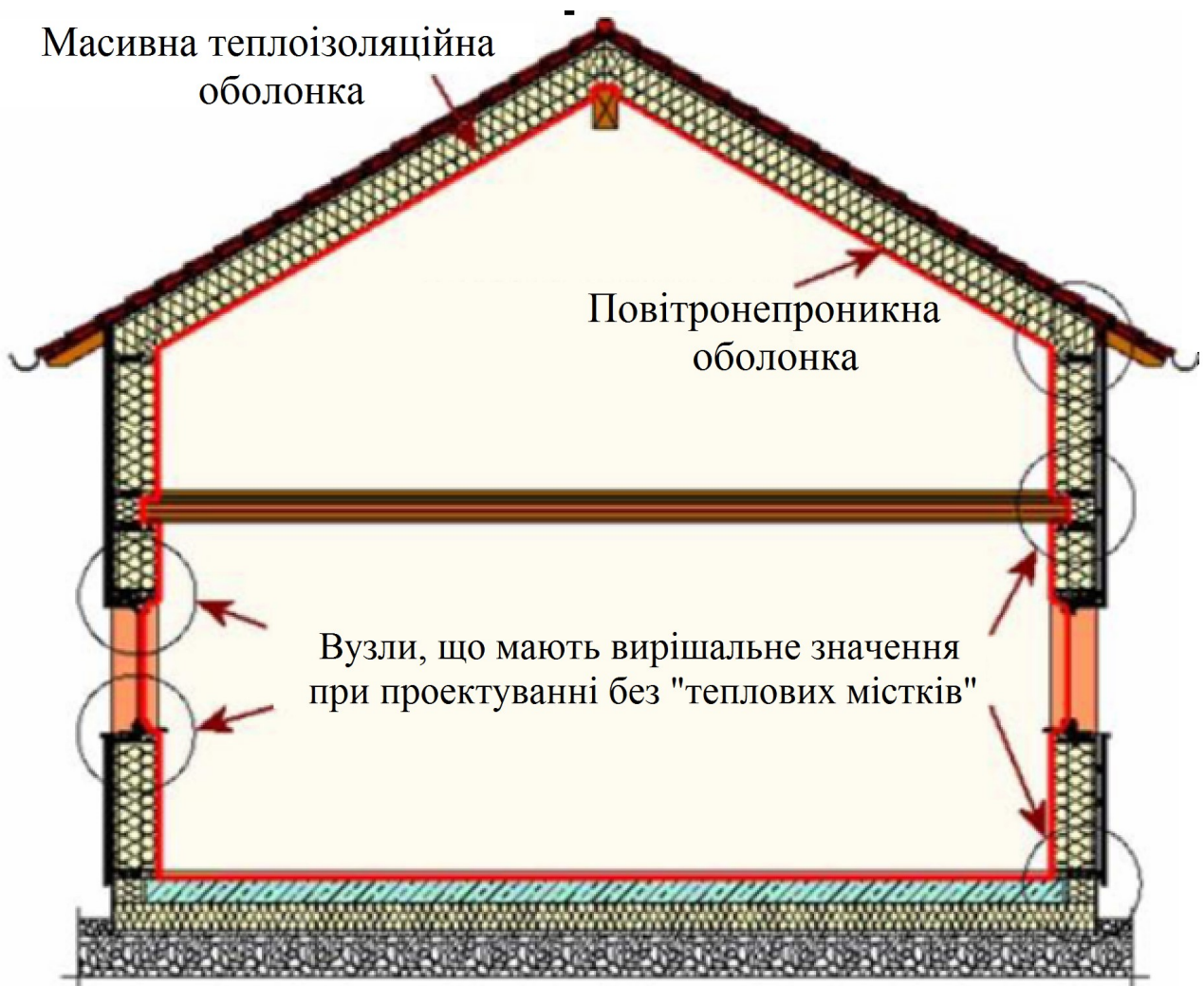


Рисунок 2.2 – Принципова схема устрою теплоізоляції енергетично ефективної будівлі

Зовнішня оболонка будівлі також повинна бути герметичною для запобігання пошкодження будівельних конструкцій, що виникають при витоці теплого повітряного потоку з водяними парами зсередини назовні.

Забезпечення герметичності будівлі означає необхідність зробити оболонку будівлі непроникною для повітря, однак зовнішні елементи будівлі повинні бути паропроникними, щоб уникнути пошкодження будівлі вогкістю і забезпечити комфортний мікроклімат.

Перед вибором стратегії герметизації необхідно врахувати взаємодію між будь-якими герметизуючими матеріалами та іншими компонентами будівлі та її інженерних систем, в тому числі:

- теплоізоляцією;
- системами з контролю рівня вологості;
- системами вентиляції.

Герметичність поверхонь найкраще забезпечувати з внутрішньої сторони кожного з конструктивних елементів будівлі.

У зв'язку із заходами щодо теплоізоляції часто виникає і таке поняття, як «дифузія пари». В першу чергу, в холодне півріччя (осінь – зима), коли зовні будівлі повітря охолоджується до низьких температур, а всередині будівлі при кімнатних температурах спостерігається висока вологість, водяна пара конденсується на внутрішніх сторонах стін. При довготривалому впливі цей конденсат може повністю просочити стіни і привести до їх пошкодження. Щоб послабити утворення конденсату або, в ідеальному випадку, зробити його неможливим, застосовуються теплоізоляційні і пароізоляційні матеріали.

Більшість будівельних матеріалів можуть вбирати вологу і потім її виділяти, з цієї причини вони більш-менш проникні для вологи. При цьому в холодні сезони тепле повітря всередині будівлі, як правило, містить більше водяної пари, ніж холодне вуличне повітря (іншими словами, відносна вологість повітря в приміщеннях вище, ніж на вулиці). В результаті цього перепаду тиску водяної пари вони просочуються назовні через масивні стіни будівлі. Так як тепло витікає з приміщень назовні, і температури знижуються в напрямку зсередини назовні, може статися так, що в деяких будівельних матеріалах водяна пара буде конденсуватися [34].

Щоб уникнути пошкодження конструкцій внаслідок просочування їх вологою, пропонуються дві стратегії:

1. На теплу і вологу внутрішню сторону зовнішньої стіни необхідно нанести пароізоляцію з будівельних матеріалів, які уповільнюють дифузію, а на

зовнішню, суху і холодну – теплоізолюючий шар з матеріалу, що не перешкоджає дифузії.

2. Утеплити зовнішню стіну зовні, тоді температура всередині стіни підвищиться, тому що шар теплоізоляції покриє більшу частину конструктивного елементу. Тому, як правило, ризик випадання конденсату при зовнішній теплоізоляції знижується (крім випадків установки паронепроникного зовнішнього облицювання). Навпаки, при установці внутрішньої теплоізоляції температура в розташованих за теплоізоляцією шарах знижується, і небезпека випадання конденсату зростає, особливо якщо внутрішня теплоізоляція не захищена пароізолюючими шарами (наприклад, парозахисною прокладкою).

Зовнішня теплоізоляція не тільки дозволяє економити енергію, але і підтримує будівлю в теплі і сухості. З цієї причини зовнішній теплоізоляції в більшості випадків слід віддати принципову перевагу.

2.6. Методики розрахунку тепловтрат

Розрахунок тепловтрат є найважливішим етапом проектування систем опалення. Для визначення теплової потужності, що покриває максимальне навантаження на систему опалення, необхідно знати тепловтрати будівлі в найсуворішу розрахункову частину холодного періоду року. Для вирішення питання про відповідність рівня теплоспоживання системою опалення будівлі сучасним вимогам, особливо з огляду на проблему енергозбереження, необхідно визначити тепловтрати будівлі за весь опалювальний період [37].

Тепловтрати можна розрахувати не знаючи теплозахисних якостей огорож, коефіцієнтів теплообміну на поверхнях, розрахункових зовнішніх і внутрішніх умов.

При визначенні тепловтрат будівлі важлива правильна оцінка коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Для розрахунку тепловтрат застосовуємо такі формули:

Формула розрахунку величини теплового опору огорожувальних конструкцій будинку

$$R = L/K \quad (1)$$

R – тепловий опір, $(\text{м}^2 \times \text{°К}) / \text{Вт}$;

K – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт} / (\text{м} \times \text{°К})$;

L – товщина матеріалу, м.

Формула розрахунку тепловтрат

$$Q = S \times dT / R \quad (2)$$

Q – тепловтрати, Вт;

S – площа огорожувальних конструкцій будинку, м^2 ;

dT – різниця температури між внутрішнім приміщенням і вулицею, °К ;

R – значення теплового опору конструкції, $\text{м}^2 \times \text{°К} / \text{Вт}$

Температурний режим всередині будинку для розрахунку беремо $+21...+23\text{°C}$ – такий режим є найбільш комфортним для людини. Загальні втрати тепла будинку починаються з тепловтрат всіх огорожувальних конструкцій, тому, використовуючи ці формули, виконуємо:

- розрахунок тепловтрат стін;
- розрахунок тепловтрат через вікна і двері;
- розрахунок тепловтрат через підлогу і стелю.

Даний розрахунок є самим грубим прикладом, більш точні методики враховують всілякі параметри, наприклад, орієнтацію зовнішньої сторони огорожі за сторонами світу. Цей параметр впливає на суму додаткових втрат.

В даний час широкого поширення набули багатошарові огорожувальні конструкції з фасадними системами, такими як:

- теплоізоляційний фасад з тонким штукатурним шаром;
- облицювання цеглою або іншими штучними матеріалами;
- фасади з вентиляльованим повітряним зазором.

Для огорожувальних конструкцій зовнішніх стін з такими фасадними системами характерно чергування ефективних утеплювачів і важких

конструктивних шарів, а також наявність теплопровідних включень (металевих зв'язків). Процес теплопередачі в таких конструкціях тривимірний, оскільки розподіл температури в цих конструкціях визначається перпендикулярними площині стіни потоками теплоти і потоками уздовж площини стіни.

В даний час широке практичне застосування отримав метод розрахунку теплопровідних включень за допомогою коефіцієнта теплотехнічної однорідності огорожувальних конструкцій, що характеризує частку приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції з теплопровідними включеннями від умовного опору теплопередачі цієї конструкції без урахування теплопровідних включень. Таким чином, при визначенні теплопередачі через зовнішні огорожувальні конструкції можна зробити припущення, що температурне поле таких огорожувальних конструкцій є одновимірним, теплофізичні характеристики матеріалів шарів не залежать від температури зовнішнього повітря і є постійними в межах шару, а теплопередача описується рівнянням теплопровідності з розривними коефіцієнтами.

$$c(y) \gamma(y) \frac{dt}{d\tau} = \frac{d}{dy} \left[\lambda(y) \frac{dt}{dy} \right] \text{ при } 0 < y < \delta \quad (3)$$

де $c(y) \gamma(y)$ – добуток питомої теплоємності матеріалу шару огорожувальної конструкції, Вт × год / (кг × °С), на його щільність, кг/м³;

$\lambda(y)$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару огорожувальної конструкції, Вт/(м°С);

δ – товщина захисної конструкції, м.

Відомі світлопроникні огорожувальні конструкції можна розділити на три типи, в залежності від їх конструктивних рішень, що впливають на теплотехнічні характеристики:

– світлопроникні огорожувальні конструкції з постійними теплотехнічними характеристиками;

– світлопроникні огорожувальні конструкції із змінними теплотехнічними характеристиками (наприклад, з пристроєм міжскляних теплозахисних екранів, які використовуються в холодний період року в нічний час);

– світлопроникні огорожувальні конструкції з вентиляваним повітряним прошарком.

Тепловий потік через світлопроникні огорожувальні конструкції внаслідок різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря визначається за формулою, Вт,

$$Q_{ok.m} = \frac{1}{R_{ok}(\tau)} (t_e^{ycl} - t_n) F_{ok}, \quad (4)$$

де $R_{ok}(\tau)$ – приведений опір теплопередачі заповнення світлового прорізу, $m^2 \cdot ^\circ C / W$.

t_e^{ycl} – умовна температура повітря приміщення;

t_n – температура зовнішнього повітря, $^\circ C$;

F_{ok} – площа заповнення світлового прорізу, m^2 ;

Крім ручного розрахунку можна використовувати різні програмні комплекси, такі як KAN OZC, LIT THERMO ENGINEER, TEMPER-3D, ТеРеМОК та ін., які дозволяють автоматизувати наступні розрахунки:

– розрахунок приведенного опору теплопередачі фрагмента огорожувальної конструкції;

– розрахунок ГДОП і необхідного опору теплопередачі огорожувальної конструкції;

– відображення графіків температур, розподілу вологості, зони випадання конденсату та інших даних;

– визначення нормованої і розрахункової питомої теплозахисної характеристики елементів огорожувальної конструкції будівлі;

– розрахунок теплового потоку через захисну конструкцію;

Залежно від програмного комплексу можуть вирішуватися додаткові завдання, не перераховані вище, проте залишається деякі завдання, які не вирішуються програмним комплексом, такі як оцінка ефективності використання відбиваючої ізоляції при її використанні з внутрішньої сторони та ін. Проте, застосування даних програм дозволяє прискорити процес розрахунку теплового контуру будівлі відповідно до нових вимог до теплового захисту будівлі [38].

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРОГРАМНІ РОЗРАХУНКИ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ

3.1. Загальні дані

Для розрахунків огорожувальних конструкцій були прийняті наступні дані:

Розглянутий регіон: Україна, Луганська область, м. Сєвєродонецьк;

$t_{B(int)} = 20^{\circ}\text{C}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_{от.пер.} = -1,6^{\circ}\text{C}$ – середня температура, періоду з середньою добовою температурою повітря нижче або рівний 8°C ;

$z_{от.пер.} = 180$ – тривалість періоду з середньою добовою температурою повітря нижче або рівний 8°C ;

$t_H = -25^{\circ}\text{C}$ – середня температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92.

За ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)» [30] визначаються градусо-доби опалювального періоду:

$$\text{ГДОП} = 3500^{\circ}\text{C} \times \text{дїб} / \text{рїк}$$

Розглянемо базові значення необхідного опору теплопередачі R_o^{TP} , $(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$, для огорожувальних конструкцій з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)» [30], і проведемо розрахунок необхідних значень $R_{отр}$ для знайденого значення ГДОП.

Таблиця 3.1– Розрахункове значення необхідного опору теплопередачі
огорожувальних конструкцій

Будівлі та приміщення	Градусо-дїб опалювального періоду, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{дїб}/\text{рїк}$	Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, R_o^{TP} , $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$				
		стіні	покриттів і покриттів над проїздами	покриттів горищних, над холодними підпілля і підвалами	вікон і балконних дверей	ліхтарів
Житлові	3500	3,23	4,81	4,25	0,54	0,38

Для перевірки теоретичних розрахунків було розглянуто 3 програмних комплекси теплотехнічних розрахунків:

1. ТеРеМОК;
2. Теплорозрахунок;
3. SmartCalc.

Програми ТеРеМОК і теплорозрахунок не пропонують користувачеві можливість редагування даних про матеріал, що обмежує їх вибір наданим програмою фіксованим набором матеріалів.

У зв'язку з чим було вирішено використовувати програмний комплекс SmartCalc. Дана програма надає можливість вибору конструктивних рішень огорожувальних конструкцій і підбору матеріалів з точки зору теплотехнічних показників конструкцій, що розробляються (характеристики матеріалів можуть бути відредаговані користувачем), з її допомогою можливо:

- визначення необхідної товщини теплоізоляційних матеріалів в конструкції;
- перевірка конструкції на випадання в ній конденсату і визначення допустимої кількості можливого конденсату.

3.2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

3.2.1. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Конструкція стіни:

- 1) Внутрішній обробний шар;
- 2) Кладка з газобетонних блоків Н + Н D600;
- 3) Мінеральна (кам'яна) вата ВЕНТІ БАТТС фірми Rockwool;
- 4) Повітряний зазор;
- 5) Вініловий сайдинг.

Дані про теплові характеристики внутрішнього і зовнішнього оздоблювального шару виробником не наводяться, з урахуванням їх незначного впливу на теплотехнічний розрахунок. Тому в розрахунку розглядаються тільки шари 2-3, тому що при використанні повітряного зазору розрахунок

проводиться до нього. Теплові характеристики розглянутих шарів взяті з альбомів технічних рішень відповідного виробника.

Необхідні значення опір теплопередачі:

– за санітарно-гігієнічними вимогами $R_0^{TP} = 1,408 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

– за умовами енергозбереження (нормоване за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)»)

$$R_0^{TP} = 3,227 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{B(\text{int})} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{B(\text{ext})} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Коефіцієнта теплотехнічної однорідності r приймаємо рівним 0,85 [30].

Проведемо теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції і перевіримо її теплову інерцію.

Таблиця 3.2 – Теплотехнічний розрахунок стіни

№ шару	γ , кг/м ³	δ ,м	λ , Вт/ м·°C	$R_{\text{шару}}$, (м ² ·°C)/ Вт	s , Вт/(м ² ·°C)	D	
$\alpha_{B(\text{int})}$				0,115			
2	600	0,3	0,183	1,639	2,370	3,885	
3	90	0,08	0,04	2,000	0,590	1,18	
$\alpha_{H(\text{ext})}$				0,083			
				ΣR розрах. =	3,838	$\Sigma D =$	5,065
З урахуванням коефіцієнта теплотехнічної однорідності, $r=0,85$ (для вентиляваних фасадів)				$\Sigma R \times r =$	3,262		

При використанні газобетонних блоків товщиною шару 300 мм і мінеральної вати товщиною 80 мм, розрахунковий опір теплопередачі задовольняє встановленим параметрам.

Сумарна теплова інерція стіни $D > 4$, розрахунок на теплостійкість не потрібно (ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»).

Далі знайдемо розподіл температури t по товщині огорожі, після чого зробимо розрахунок максимальних парціальних тисків E і дійсних парціальних тисків водяної пари.

При розрахунку використовувалися наступні дані:

$$\varphi_{B(int)} = 0,55 \text{ – відносна вологість внутрішнього повітря;}$$

$$\varphi_{H(ext)} = 0,85 \text{ – відносна вологість зовнішнього повітря;}$$

Таблиця 3.3 – Вологісний режим огороження

№ шару	вісь x , м	t_i , °C	E , Па	μ , мг/(м·год·Па)	Rn , м ² ·год·Па/мг	E , Па
$\alpha_{B(int)}$	0	18,261	2091,510			1150,33
2	0,30	-2,399	515,238	0,16	1,875	187,49
3	0,38	-27,936	62,083	0,3	0,267	47,77
$\alpha_{H(ext)}$		-29,000	56,203			47,77
$\Sigma Rn =$					2,142	

Представимо отримані дані у вигляді графіків (рис.3.1).

Лінії максимального парціального тиску насиченої водяної пари і дійсного парціального тиску, не перетинаються, отже, конденсація водяної пари неможлива. Порівняємо отримані результати з програмним розрахунком SmartCalc. Результати програмного розрахунку наведені в додатку 1.

Програма надає оціночні дані по тепловому захисту, вологонакопиченню і тепловим втратам, в розрахунку не враховується коефіцієнт теплотехнічної однорідності, коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{H(ext)} = 10,8 \text{ Вт / (м}^2 \times \text{°C)}$.

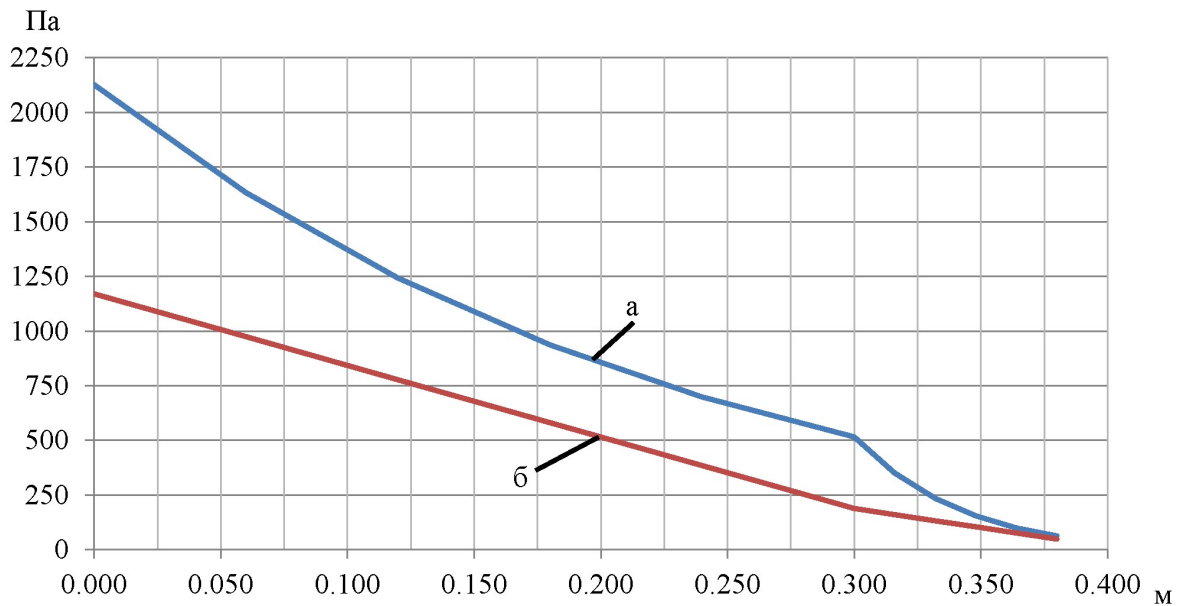
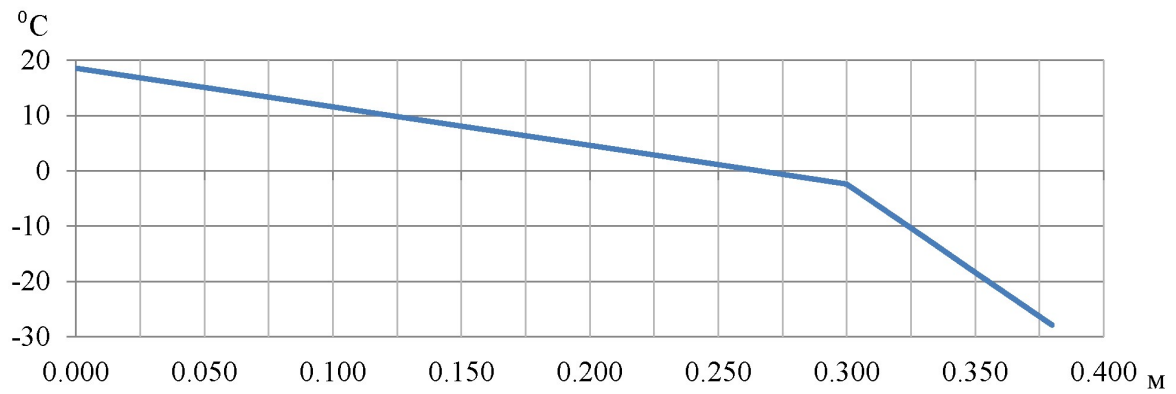


Рисунок 3.1 – Розподіл температури і парціального тиску водяної пари по товщині огородження: а – максимальний парціальний тиск насиченої водяної пари; б – дійсний парціальний тиск насиченої водяної пари

3.2.2. Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття

Конструкція горищного перекриття:

- 1) Внутрішній обробний шар;
- 2) Перекриття зі збірних залізобетонних пустотних плит;
- 3) Пароізоляційна мембрана;
- 4) Ековата, $\rho = 35 \text{ кг / м}^3$;
- 5) Горищне приміщення, що провітрюється;
- 6) Конструкція покрівельного покриття (за проектом).

У розрахунку розглядаються шари 2-4.

Необхідні значення опору теплопередачі:

– за санітарно-гігієнічними вимогами $R_{TP} = 1,690 \text{ м}^2 \times \text{°C} / \text{Вт}$;

• За умовами енергозбереження (нормоване за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)»)

$$R_{TP} = 4,250 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{B(int)} = 8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{°C}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{H(ext)} = 12 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Коефіцієнта теплотехнічної однорідності r прийmemo рівним 0,90. Температуру повітря на неопалюваному горищі прийmemo рівним -24°C . Проведемо теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції і перевіримо її теплову інерцію.

Таблиця 3.4 – Теплотехнічний розрахунок перекриття

№ шару	γ , кг/м ³	δ ,м	λ , Вт/ м·°C	$R_{\text{шару}}$, (м ² ·°C)/ Вт	s , Вт/(м ² ·°C)	D	
$\alpha_{B(int)}$				0,115			
2	-	0,22	-	0,151	18,5	2,794	
3	-	0,001	-	-	-	-	
4	35	0,18	0,041	4,390	0,45	1,976	
$\alpha_{H(ext)}$				0,083			
				$\Sigma R_{\text{розрах.}} =$	4,740	$\Sigma D =$	4,769
З урахуванням коефіцієнту теплотехнічної однорідності, $r=0,90$				$\Sigma R \times r =$	4,266		

При використанні збірної залізобетонної пустотною плити товщиною 220 мм і ековати товщиною 180 мм, розрахунковий опір теплопередачі задовольняє встановленим параметрам.

Сумарна теплова інерція стіни $D > 4$, розрахунок на теплостійкість не потрібно (ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)»).

Далі знайдемо розподіл температури τ по товщині огороження, після чого зробимо розрахунок максимальних парціальних тисків E і дійсних парціальних тисків водяної пари.

При розрахунку використовувалися наступні дані:

$\varphi_{B(int)} = 0,55$ – відносна вологість внутрішнього повітря;

$\varphi_{H(ext)} = 0,85$ – відносна вологість зовнішнього повітря;

Таблиця 3.5 – Вологісний режим огороження

№ шару	вісь x , м	τ_i , °C	E , Па	μ , мг/(м·год·Па)	R_n , м ² ·год·Па/мг	E , Па
$\alpha_{B(int)}$	0,000	18,837	2180,328			1199,18
2	0,220	17,525	1997,543	0,03	2,66667	907,16
3	0,221	17,525	1997,543	-	7	140,62
4	0,401	-23,325	94,462	0,3	0,6	74,92
$\alpha_{H(ext)}$		-24,100	88,138			74,92
$\Sigma R_n =$					10,267	

Представимо отримані дані у вигляді графіків (рис. 3.2).

Лінії максимального парціального тиску насиченої водяної пари і дійсного парціального тиску не перетинаються, отже, конденсація водяної пари неможлива. Порівняємо отримані результати з програмним розрахунком SmartCalc, в розрахунку не враховується коефіцієнт теплотехнічної однорідності, коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{H(ext)} = 12 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$. Результати програмного розрахунку наведені в додатку 1.

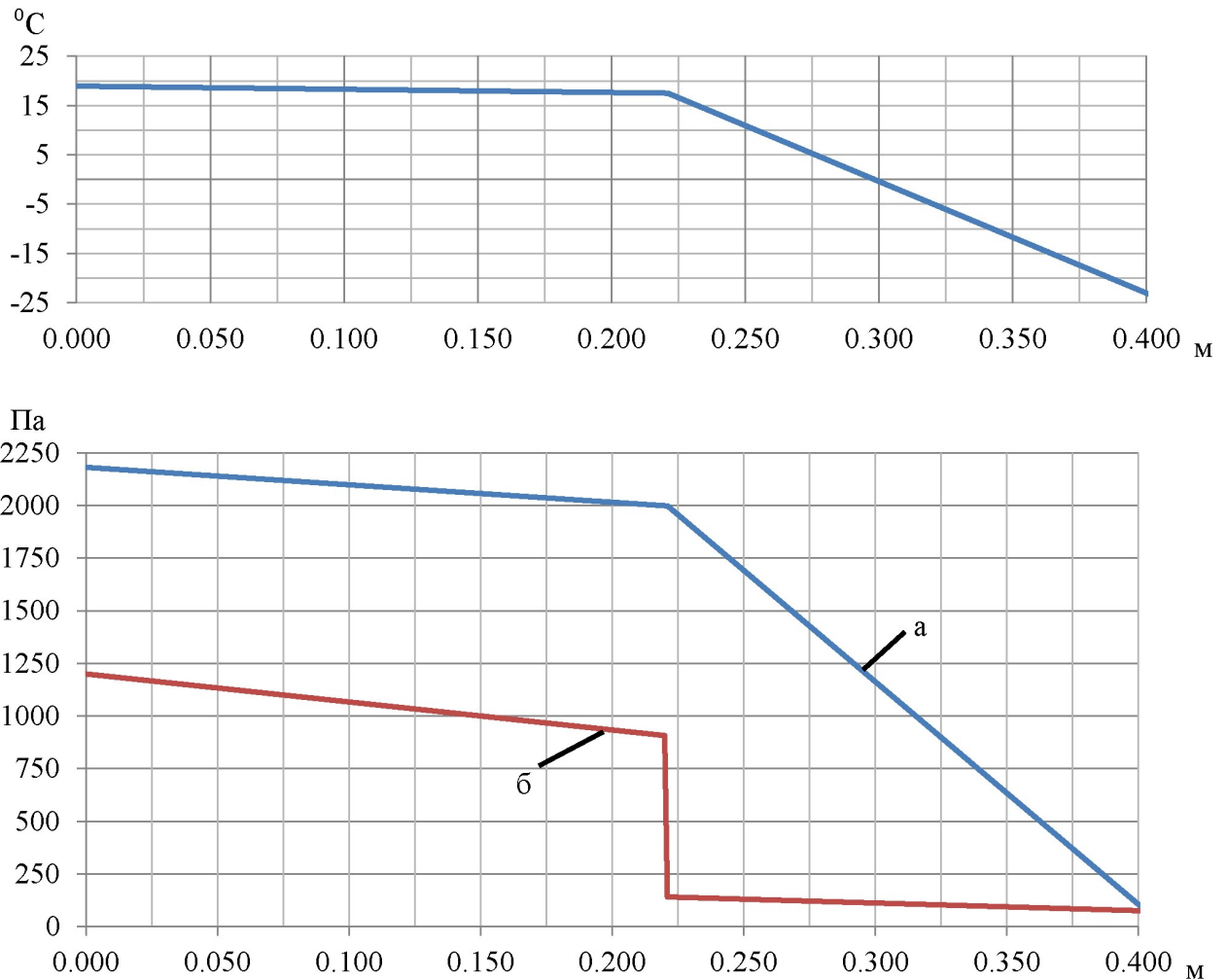


Рисунок 3.2 – Розподіл температури і парціального тиску водяної пари по товщині огорожі: а – максимальний парціальний тиск насиченої водяної пари; б – дійсний парціальний тиск насиченої водяної пари

3.2.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття над холодним підпіллям

Конструктивне рішення перекриття над холодним підпіллям:

- 1) Верхнє покриття підлоги (покриття підлоги з дощок або паркетних щитів або ін.);
- 2) Пароізоляційна мембрана;
- 3) Мінеральна (кам'яна) вата rockwool ФЛОР БАТТС;
- 4) Перекриття із залізобетонної плити;
- 5) Покриття гарячим бітумом за два рази (4 мм);
- 6) Екструдований пінополістирол «Піноплекс», тип 35;
- 7) Вентильоване підпілля.

У розрахунку розглядаються шари 2-6.

Необхідні значення опір теплопередачі:

- По санітарно-гігієнічним вимогам $R_0^{TP} = 0,977 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$;
- За умовами енергозбереження (нормоване за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)»)

$$R_0^{TP} = 4,250 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{H(int)} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\alpha_{H(ext)} = 17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Температуру повітря в холодному підпілля приймемо рівною 3°C.

Проведемо теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції і перевіримо її теплову інерцію.

Таблиця 3.6 – Теплотехнічний розрахунок перекриття

№ шару	γ , кг/м ³	δ ,м	λ , Вт/ м·°C	$R_{\text{шару}}$, (м ² ·°C)/ Вт	s , Вт/(м ² ·°C)	D
$\alpha_{B(int)}$				0,115		
2		0,001	-	-	-	-
3	125	0,12	0,041	2,927	0,35	1,727
4	2500	0,18	2,04	0,088	18,95	1,672
5	-	0,001	-	-	-	-
6	35	0,05	0,03	1,667	0,37	0,617
$\alpha_{H(ext)}$				0,059		
			$\Sigma R_{\text{розрах.}} =$	4,855	$\Sigma D =$	4,016
З урахуванням коефіцієнта теплотехнічної однорідності, $r=0,90$			$\Sigma R \cdot r =$	4,370		

При використанні мінеральної вати товщиною 120 мм, залізобетонної плити товщиною 180 мм і екструдованого пінополістеролу товщиною 50 мм, розрахунковий опір теплопередачі задовольняє встановленим параметрам.

Сумарна теплова інерція стіни $D > 4$, розрахунок на теплостійкість не потрібно (ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)»).

Далі знайдемо розподіл температури τ по товщині огорожі, після чого зробимо розрахунок максимальних парціальних тисків E і дійсних парціальних тисків водяної пари.

При розрахунку використовувалися наступні дані:

$\varphi_{B(int)} = 0,55$ – відносна вологість внутрішнього повітря;

$\varphi_{H(ext)} = 0,85$ – відносна вологість зовнішнього повітря;

Таблиця 3.7 – Вологісний режим перекриття

№ шару	вісь x , м	τ_i , °C	E , Па	μ , мг/(м·год·Па)	Rn , м ² ·год·Па/мг	E , Па
$\alpha_{B(int)}$	0,000	19,598	2272,110			1249,66
2	0,001	19,598	2272,110	-	7	996,21
3	0,121	9,350	1176,518	0,30	0,40	981,73
4	0,301	9,041	1152,419	0,03	6,00	764,49
5	0,302	9,041	1152,419	-	0,48	747,11
6	0,352	3,206	771,743	0,018	2,78	646,53
$\alpha_{H(ext)}$	0,352	3,000	760,627			646,53
$\Sigma Rn =$					16,658	

Представимо отримані дані в вигляді графіків (рис. 3.3).

Лінії максимального парціального тиску насиченої водяної пари і дійсного парціального тиску не перетинаються, отже, конденсація водяної пари неможлива. Порівняємо отримані результати з програмним розрахунком SmartCalc, в розрахунку не враховується коефіцієнт теплотехнічної однорідності, коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{H(ext)} = 17 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{°C})$. Результати програмного розрахунку наведені в додатку 1.

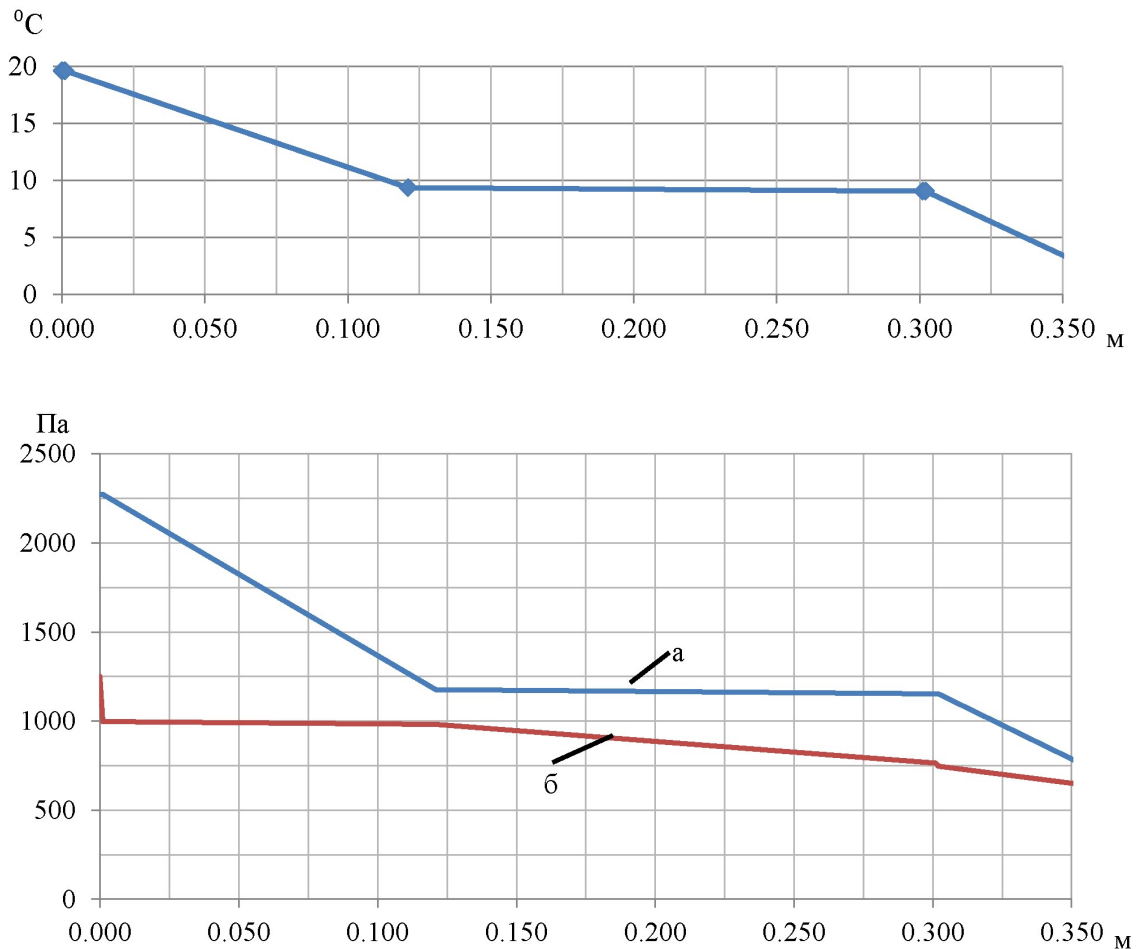


Рисунок 3.3 – Розподіл температури і парціального тиску водяної пари за товщиною огороження: а – максимальний парціальний тиск насиченої водяної пари; б – дійсний парціальний тиск насиченої водяної пари

3.3. Розрахунок опору паропроникненню огорожувальних конструкцій

3.3.1. Розрахунок опору паропроникненню зовнішньої стіни

Опір теплопередачі зовнішньої стіни згідно п. 3.2.1:

$$R_0 = 3,8(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$$

Опір теплопередачі частини конструкції в межах від внутрішньої поверхні до площини можливої конденсації:

$$R_{B-ПВК} = \frac{0,3}{0,183} + \frac{0,08}{0,04} = 3,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

Для зимового, осінньо-весняного та літнього періодів, середньосезонні температури і тривалості періодів зведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Середні температури і тривалості періодів.

	Зимній період	Осінньо-весняний період	Літній період	Період з негативними температурами
Z	3	2	7	152
t	-8,8	-3,3	10,2	-6,4

Визначимо температури в площині можливої конденсації для кожної середньосезонної температури зовнішнього повітря:

$$\begin{aligned} \tau_{П.В.К.}^{3.П.} &= t_v - \frac{n \cdot (t_e - t_n) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{B(int)}} + R_{B-ПВК} \right)}{R_0} = \\ &= 20 - \frac{1 \cdot (20 - 8,8) \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 3,6 \right)}{3,8} = -8,2 \end{aligned}$$

Аналогічні розрахунки проведені для інших періодів

$$\tau_{П.В.К.}^{О.В.П.} = -2,7 \text{ °C}; \quad \tau_{П.В.К.}^{Л.П.} = 10,5 \text{ °C}$$

Значення максимальної пружності водяної пари для всіх середньосезонних температур і річний період будуть наступними

$$E_{3.П.} = 333,3 \text{ Па}; \quad E_{О.В.П.} = 501 \text{ Па}; \quad E_{Л.П.} = 1272,8 \text{ Па.}$$

$$E_{рік} = \frac{333,3 \cdot 3 + 501 \cdot 2 + 1272,8 \cdot 7}{12} = 909,2 \text{ Па}$$

Середня пружність водяної пари зовнішнього повітря за річний період

$$e_{рік}^H = 760 \text{ Па}$$

Максимальна пружність водяної пари внутрішнього повітря:

$$E_{з.п.}^e = E_{о.в.п.}^e = 2329,1 \text{ Па} ; \quad E_{л.п.}^e = 3148,4 \text{ Па}.$$

Пружність водяної пари внутрішнього повітря при відносній вологості в 55%:

$$e_{з.п.}^e = e_{о.в.п.}^e = 1281 \text{ Па} ; \quad e_{л.п.}^e = 1731,6 \text{ Па}.$$

Опір паропроникненню частини огорожувальної конструкції, розташованої між зовнішньою поверхнею і площиною можливої конденсації:

$$R_{п.н.} = \frac{0,08}{0,3} = 0,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па) / мг}$$

Необхідний опір паропроникненню з умов неприпустимість накопичення вологи в конструкції за річний період експлуатації:

$$R_{п1}^{mp} = \frac{(e^e - E) \cdot R_{п.н.}}{(E - e_{zод}^H)} = \frac{(1281 - 902) \cdot 0,3}{(902 - 760)} = 0,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па) / мг}$$

Температура в площині можливої конденсації для періоду з негативними середньомісячними температурами зовнішнього повітря дорівнює:

$$\tau_0 = 20 - \frac{1 \cdot (20 + 6,4) \cdot (1/8,7 + 3,6)}{3,8} = -5,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Максимальна пружність водяної пари в площині можливої конденсації для температури в ГВК:

$$E_0 = 399,1 \text{ Па}$$

Товщина і щільність матеріалу зволоженого шару конструкції:

$$\gamma_w = 600 \text{ кг/м}^3; \quad \delta_w = 0,3 \text{ м}$$

Гранично допустимий приріст розрахункового масового відношення вологи в матеріалі:

$$\Delta W_{сер} = 6\%$$

Середня пружність водяної пари зовнішнього повітря для періоду з негативними температурами:

$$e_{н.0} = (300 + 300 + 370 + 5,2 + 3,8)/5 = 374 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт η визначається за формулою:

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{н.0}) \cdot Z_0}{R_{п.н.}} = \frac{0,0024 \cdot (399,1 - 374) \cdot 152}{2,7} = 3,4$$

Необхідний опір паропроникненню з умов обмеження накопичення вологи в конструкції за період з негативними середньомісячними температурами зовнішнього повітря:

$$R_{п2}^{мп} = \frac{0,0024 \cdot Z_0 (e^s - E_0) \cdot R_{п.н.}}{\gamma_w \delta_w \Delta W_{сер} + \eta} =$$

$$\frac{0,0024 \cdot 152 \cdot (1281 - 399,1) \cdot 2,7}{600 \cdot 0,3 \cdot 6 + 3,4} = 0,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па) / мг}$$

Опір паропроникненню частини конструкції, розташованої між внутрішньою поверхнею стіни і площиною можливої конденсації:

$$R_{п.н.} = \frac{0,3}{0,16} = 1,875 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па) / мг}$$

$$R_{п.н.} = 1,875 > R_{п2}^{мп} = 0,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па) / мг}$$

Дана конструкція задовольняє вимогам по паропроникненню.

3.3.2. Аналіз вологісного режиму зовнішньої стіни для періоду з негативними і позитивними температурами

Загальний опір паропроникненню конструкції: $R_{\pi} = 2,14 \text{ (м}^2 \times \text{год} \times \text{Па)}/\text{мг}$.

Інтенсивність потоку водяної пари через захисну конструкцію:

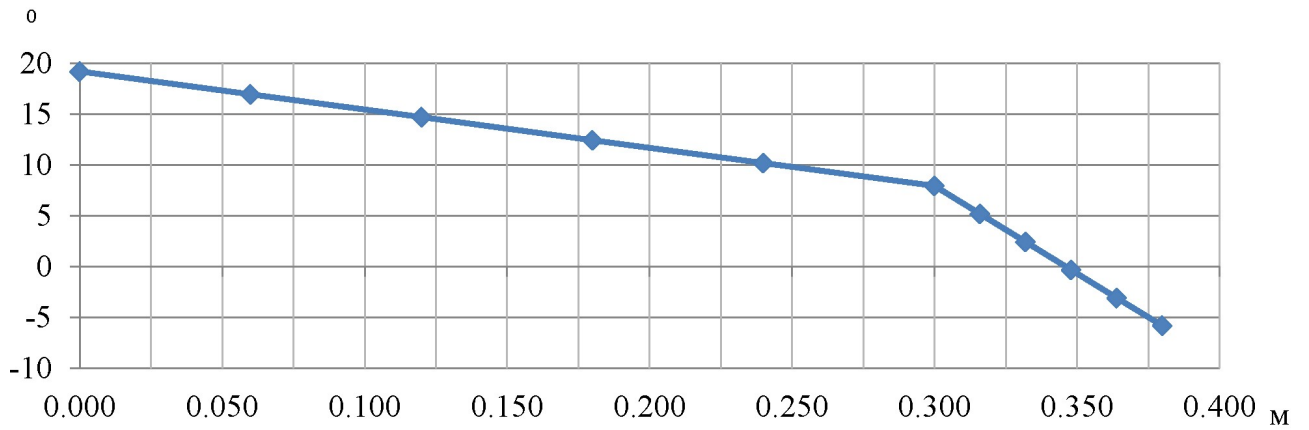
$$i = \frac{1281 - 374}{2,14} = 443 \text{ Па}$$

Розглянемо вологісний режим в різні періоди за таблицями і графіками.

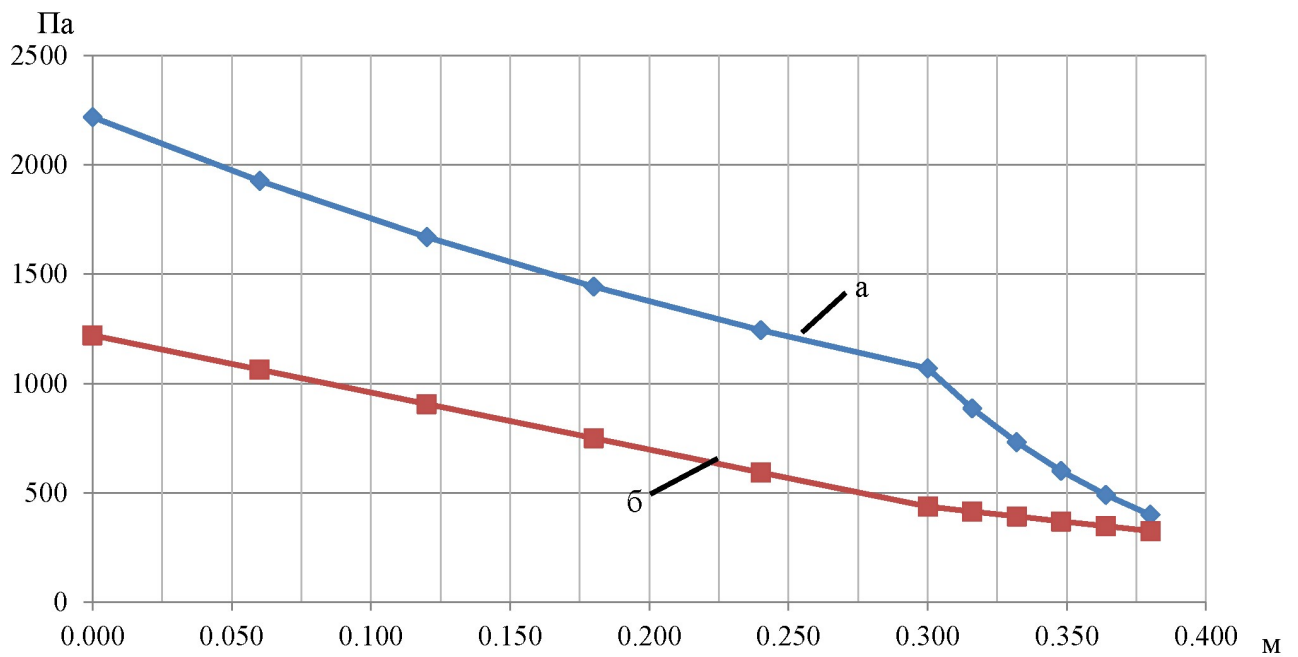
Таблиця 3.9 – Вологісний режим огороження в період з негативними температурами

Шари	вісьх, м	$\tau_i, ^\circ\text{C}$	E, Па	$\mu,$ мг/(м·год·Па)	$R_n,$ м ² ·год·Па/мг	E, Па
Внутрішній	0,0	19,2	2218,3			1220,1
Газобетонні блоки	0,30	7,9	1069,4	0,16	1,875	435,8
Мінеральна вата	0,38	-5,8	398,6	0,3	0,3	324,3
Зовнішній		-6,4	381,5			324,3
$\Sigma R_n =$					2,2	

Розподіл температури і парціального тиску водяної пари по товщині огорожі в період з негативними температурами див. на рис. 3.4



а)



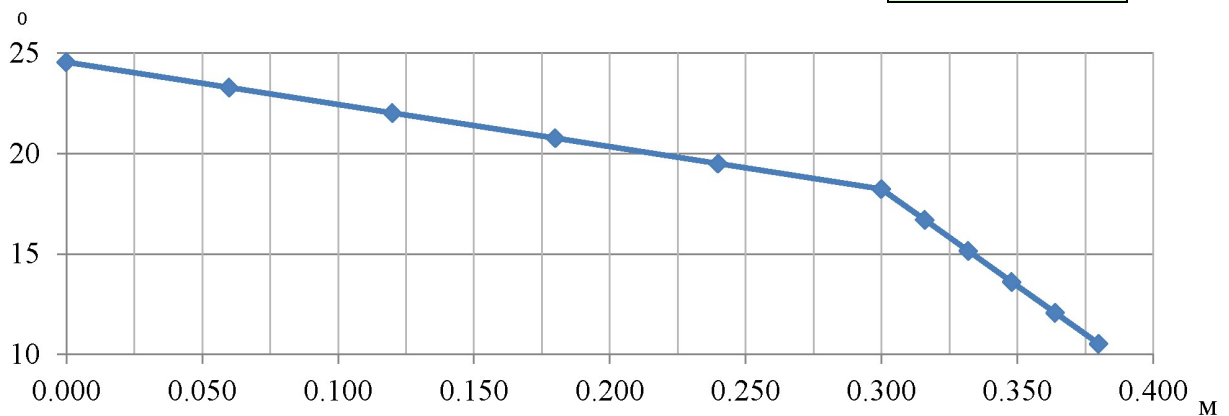
б)

Рисунок 3.4 – Розподіл температури і парціального тиску водяної пари по товщині огорожі в період з негативними температурами: а – максимальне парціальний тиск насиченої водяної пари; б – дійсний парціальний тиск насиченої водяної пари

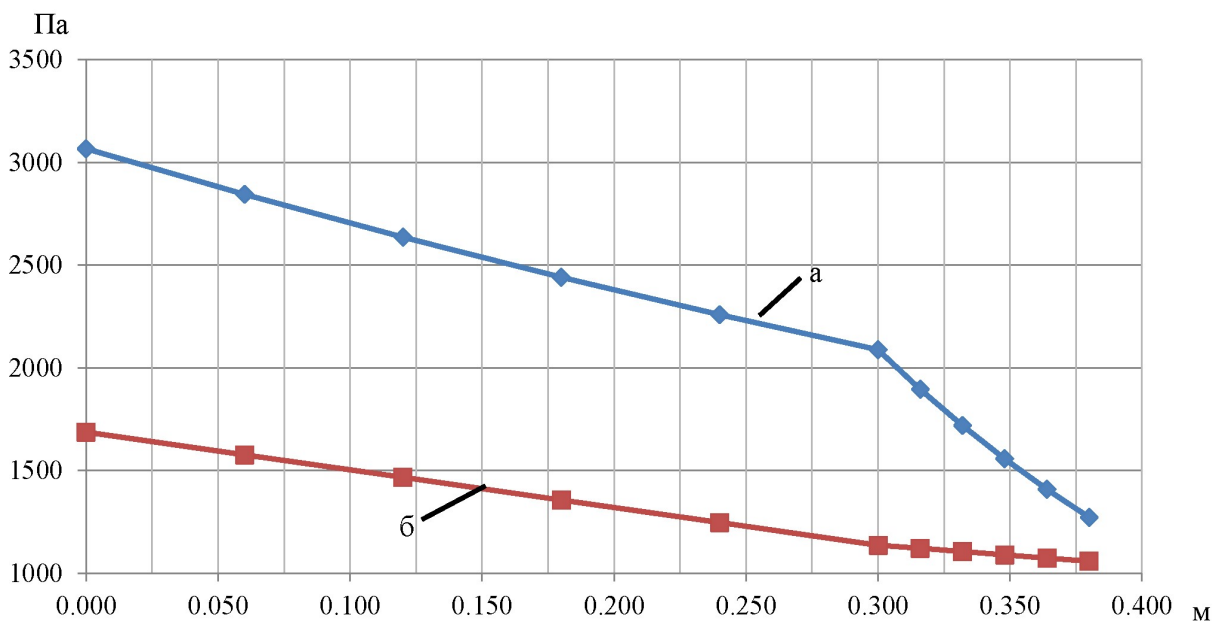
Таблиця 3.10 – Вологісний режим огорожі в період з позитивними температурами

Шари	вісьх, м	$\tau_i, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$	$\mu,$ $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{Па})$	$Rn,$ $\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{Па}/\text{мг}$	$E, \text{Па}$
Внутрішній	0,0	24,6	3066,8			1686,7
Газобетонні блоки	0,30	18,2	2088,1	0,16	1,875	1136,6
Мінеральна вата	0,38	10,5	1271,9	0,3	0,3	1058,3
Зовнішній		10,2	1245,1			1058,3

$$\Sigma Rn = 2,2$$



а)



б)

Рисунок 3.5 – Розподіл температури і парціального тиску водяної пари по товщині огорожі в період з позитивними температурами: а – максимальне парціальний тиск насиченої водяної пари; б – дійсний парціальний тиск насиченої водяної пари

В аналізовані періоди в зовнішній стіні зони можливої конденсації вологи не утворюються. Перевіримо температури захисної конструкції і утворення зони конденсації в періоди з негативною і позитивною температурою в програмному комплексі SmartCalc.

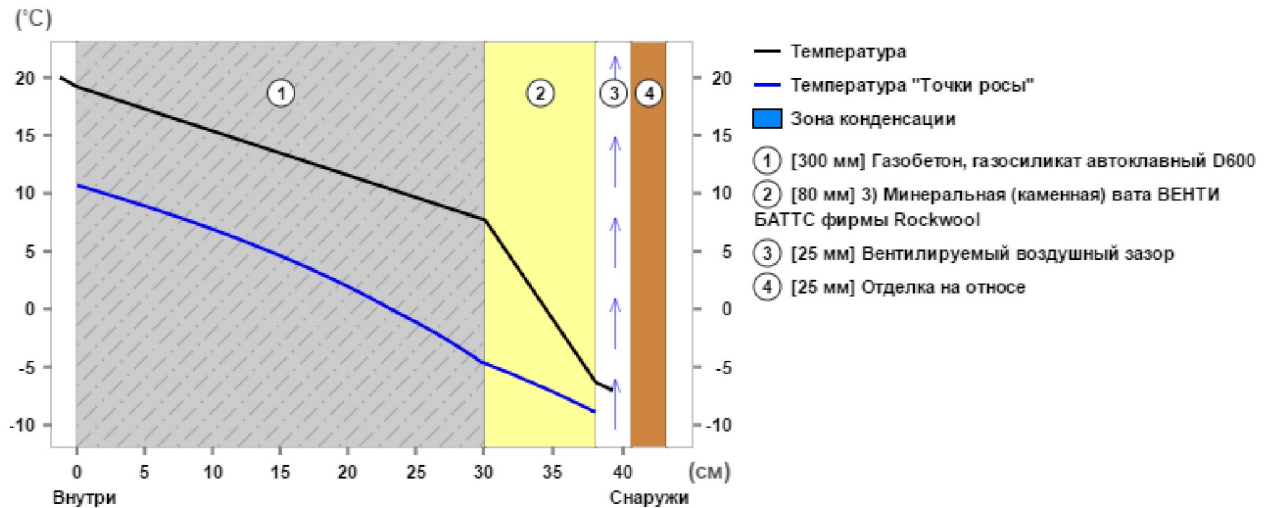


Рисунок 3.6– Розподіл температури по товщині огородження в період з негативними температурами

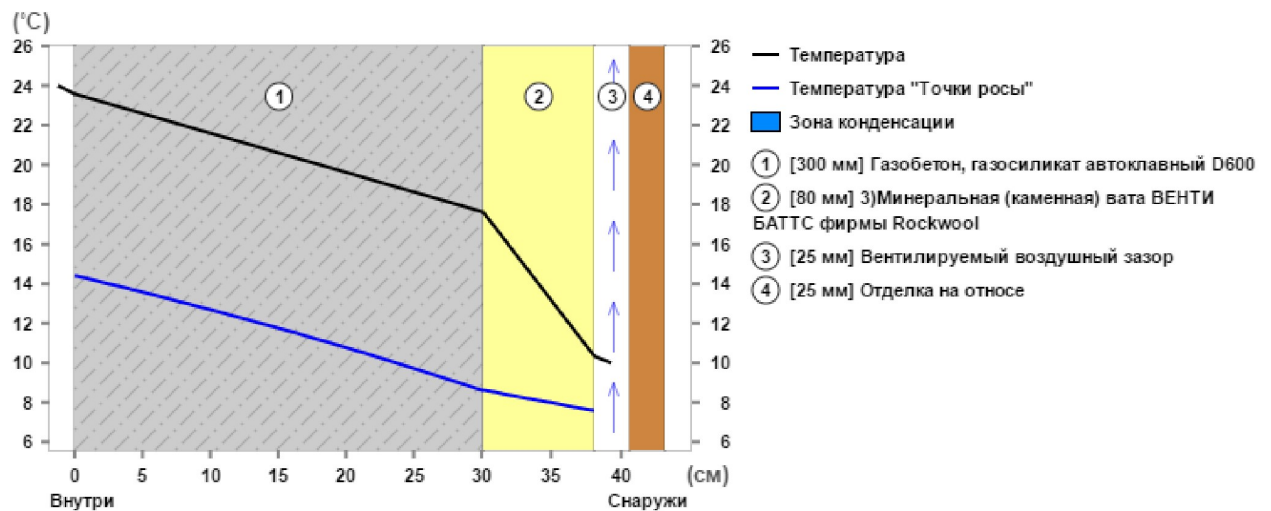


Рисунок 3.7– Розподіл температури по товщині огородження в період з позитивними температурами

Аналізую теплотехнічні розрахунки зовнішньої стіни, проведені в п. 3.2 для періоду холодної п'ятиденки, було підтверджено відсутність утворення зон

конденсації. Подальший аналіз вологісного режиму в періоди з негативними і позитивними температурами також показує відсутність зон конденсації.

Зовнішня температура для інших огороджувальних конструкцій (горищене перекриття і перекриття над холодним підпіллям) в інші періоди значно вище температури в період холодної п'ятиденки, аналіз вологісного режиму за допомогою програмного комплексу також підтвердив відсутність зон конденсації за будь-який розглянутий період.

3.4. Розрахунок теплових втрат будівлі

3.4.1. Теплові втрати через огороджувальні конструкції

Проведемо розрахунок тепловтрат розглянутого будівлі з урахуванням основних і додаткових втрат теплоти через окремі огороджувальні конструкції за даними теоретичного розрахунку. Додаткові тепловтрати визначалися в частках від основних втрат за ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Результати розрахунку наведені в Додатку 2.

Якщо розглядати втрати за окремими видами огороджувальних конструкцій, отримаємо наступну табл. 3.11.

Таблиця 3.11–Тепловтрати через окремі огороджувальні конструкції

Вид конструкції	Тепловтрати, кВт	у % співвідношенні
НС	3,63	48,75
ОК	2,51	33,65
НД	0,10	1,38
ПП	0,32	4,33
ПЧ	0,89	11,88
РАЗОМ	7,45	100

3.4.2. Розрахунок повітрообміну і теплових втрат на вентиляцію

Проведемо розрахунок повітрообміну за декількома методами: по площі приміщення, по санітарно-гігієнічним нормам і повітрообмін по кратності.

Розрахунок вентиляції по площі робиться на підставі того, що для житлових приміщень норми регламентують подавати $3 \text{ м}^3 / \text{год}$ свіжого повітря на 1 м^2 площі приміщення, незалежно від кількості людей. Площа розглянутого двоповерхової будівлі округлимо до 200 м^2 .

$$L_{np} = L_{вит} = 3 \cdot S_{ж.п.} = 3 \cdot 131 = 393 \text{ м}^3 / \text{год}$$

За санітарними нормами для громадських і адміністративно-побутових будівель на одну людину, що постійно перебуває в приміщенні, необхідно $60 \text{ м}^3 / \text{год}$ свіжого повітря, а на одного тимчасового $20 \text{ м}^3 / \text{год}$.

$$L_{np} = 60 \cdot 6 = 360 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Розрахунок вентиляції по кратності представимо в табличному вигляді по приміщеннях, всі отримані значення L округлимо до значень кратних 5.

Таблиця 3.12 – Розрахунок припливної та витяжної вентиляції по кратностях

Приміщення	Об'єм приміщення, м^3	Кратність припливної вентиляції	$L_{пр}$, $\text{м}^3 / \text{год}$	Кратність припливної вентиляції	$L_{пр}$, $\text{м}^3 / \text{год}$
Топочна	17,36	-	20	-	20
С/В 1 поверху	22,07	-	-	-	90
Тамбур	9,90	-	-	-	-
Комора	8,10	-	-	-	-
Сходовий майданчик 1 поверху	35,38	-	-	-	-
Кухня	54,06	-	-	-	100
Вітальня	76,10	-	80	-	-
Спальня 1 поверху	60,70	1	65	-	-
С/В 2 поверху	15,50	-	-	-	90
Коридор	38,75	-	-	-	70
Сходовий майданчик 2 поверху	36,64	-	-	-	-
Спальня 2 поверху	69,50	1	70	-	-
Спальня 2 поверху	69,17	1	70	-	-
Спальня 2 поверху	60,70	1	65	-	-
		Сумарна припливна	370	Сумарна витяжна	370

Варіанти розрахунків відрізняються кількістю повітря, всі варіанти є правильними згідно з нормами, приймемо кількість припливного і витяжного повітря рівним 400 м^3 .

Тепловтрати за рахунок вентиляції визначимо за формулою:

$$Q_{\text{вент}} = \frac{V \rho_v c_v \Delta t}{3,6} = \frac{400 \cdot 1,204 \cdot 1,013 \cdot 49}{3,6} = 6641 \text{ Вт}$$

Теплові втрати на вентиляцію складають 47% від суми теплових втрат через огороження і вентиляцію.

3.4.3. Розрахунок надходження сонячної інсоляції через віконні огороження

Проведемо розрахунок надходження сонячного випромінювання через віконні прорізи, використовуючи методику Берда, яка дозволяє окремо враховувати всі основні процеси поглинання сонячного випромінювання, що відбуваються в атмосфері. Вона містить досить прості залежності для визначення коефіцієнтів пропускання сонячного випромінювання і вимагає невелику кількість вихідних даних [40].

Вихідними даними для розрахунку є широта і довгота даної місцевості.

Спочатку потрібно визначити надходження сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню. Для цього потрібно:

- визначити кут схилу Сонця в розрахунковий день місяця;
- обчислити місцевий час сходу і заходу Сонця і тривалість світлового дня;
- розбити місцевий час від сходу до заходу Сонця на рівні інтервали;
- визначити відповідні часові кути Сонця для кожного призначеного розрахункового інтервалу;
- визначити косинуси кута падіння променів на горизонтальну поверхню для кожного розглянутого періоду і відповідні щільності падаючого випромінювання при відсутності атмосфери;

- визначити середньоденну і середньодобову щільність випромінювання;
- обчислити енергію сонячного випромінювання, що надходить на 1 м^2 горизонтальної поверхні протягом розрахункового дня при відсутності атмосфери;

- визначити енергію сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню на місяць.

Після чого потрібно визначити надходження сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню при чистій (безхмарним атмосфері). Розрахунок проходить за наступною схемою:

- визначення щільності прямого сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню при відсутності хмарності (чиста атмосфера);

- розрахунок кількості енергії прямого сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню протягом розрахункового світлового дня;

- визначення суми енергії прямого сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню при чистій (безхмарним) атмосфері протягом місяця;

- обчислення щільності дифузного (розсіяного) випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню при відсутності хмарності для кожного розглянутого інтервалу часу;

- розрахунок кількості енергії дифузного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню протягом розрахункового світлового дня;

- визначення енергії дифузійної складової сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню при чистій атмосфері протягом місяця;

- розрахунок щільності повного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню при відсутності хмарності (чиста атмосфера);

– визначення місячної суми повної (сумарної) сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню при чистій атмосфері;

Потім визначаємо надходження сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню в реальних умовах, для цього потрібно:

– визначити відношення спостережуваних місячних сум прямого і дифузного сонячного випромінювання на горизонтальній поверхні до розрахованих місячних сум прямого і дифузного випромінювання при чистій атмосфері;

– розрахувати реальні значення щільності прямого, дифузного і повного сонячного випромінювання для розглянутого світлового дня.

Отримані результати зіставляють з натурними спостереженнями сонячного випромінювання, що реєструється піранометром. Спостереження за надходженням сонячної радіації проводилося автором з використанням піранометра Kipp & Zonen SMP6. Піранометр – тип актинометрії, який використовується для вимірювання сонячної радіації, що потрапляє на поверхню. Прилад спеціально розроблений, щоб вимірювати щільність потоку сонячного випромінювання ($\text{Вт} / \text{м}^2$), що виходить з усією верхньої півсфери.

У якості датчика піранометра використовуються (в залежності від вимірюваного діапазону частот) або термопари, пофарбовані чорною фарбою, або фотодіод. Датчик поміщається під прозорим скляним або пластиковим ковпаком для захисту від зовнішнього впливу.

Піранометри застосовуються в метеорології, кліматології, а також в установках сонячних батарей.

Дані про щільність сонячного випромінювання за 10 секунд записувалися на комп'ютер у вигляді текстового файлу програмою adc100. Потім потрібно обробити ці дані, за допомогою Excel, в хвилинні проміжки, розбили їх по окремих днях і місяцях. Після чого розглянути кожен місяць окремо, виділити характерні дні місяця, для порівняння з результатами теоретичного розрахунку надходження сонячної радіації. Розглядався часовий проміжок з червня 2017 року по травень 2018.

Програма adc100 реєструє показання піранометра, записує їх і будує графіки отриманих вимірювань.

Результати теоретичного розрахунку і фактичного спостереження на горизонтальну поверхню зведені та проаналізовані в таблицях і графіку в Додатку 3.

Для розрахунок сонячної інсоляції через віконні прорізи потрібно розрахувати щільність повного сонячного випромінювання, що надходить на вертикальну поверхню на 1 м^2 протягом світлового дня.

Таблиця 3.13–Щільність потоку сонячної радіації через перпендикулярну поверхню

Місяць	1	2	3	4	5	6
Щільність повного випромінювання, Вт/м ²	98,78	187,42	249,74	195,36	170,34	159,14
Місяць	7	8	9	10	11	12
Щільність повного випромінювання, Вт/м ²	151,68	176,37	191,40	142,32	94,79	67,86

Для грудня максимальний тепловий потік сонячної радіації через південно-західні і південно-східні ($K_{ПЗ, ПС} = 0,95$) вікна, при відсутності захисних пристроїв ($K_1 = 1$) на них і коефіцієнт теплопропускання (K_2) рівним 0,61 буде дорівнювати:

$$Q_{inc} = K_{ПЗ, ПС} \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot A = 0,95 \cdot 67,86 \cdot 1 \cdot 0,61 \cdot 18 = 708 \text{ Вт}$$

Що становить 4% від сумарних теплових втрат через огорожувальні конструкції і вентиляцію.

3.4.4. Розрахунок споживання електрики будівлі і прибудов

Розглянемо орієнтовне споживання електроенергії при постійному проживанні 6 чоловік і повній електрифікації.

Таблиця 3.14 – Загальне електроспоживання будівлі за рік

Прилад	$P_{уст}$, кВт	$\Sigma_{исп}$, ч	$W_{год}$, кВт·ч
Освітлення	0,4	1000	400
Телевізор	0,15	1000	150
Комп'ютери (4 шт.)	0,8	2000	1600
Праска	1,5	150	225
Мікрохвильова піч	1,5	100	150
Пилосос	0,4	90	90
Фен	0,5	70	35
Електроплита	3,5	320	1120
Пральна машина	2,2	320	704
Посудомийна машина	2	320	640
Холодильник	0,2	3200	640
Морозильна камера	0,15	3200	480
Електричний чайник	2	100	200
Інша побутова техніка	0,5	100	50
РАЗОМ	16,4		6484

Поряд із зазначеними показниками представимо графік навантаження для найбільш важких зимових умов електроспоживання і враховуючи черговість включення приладів виходячи зі сформованих ритмів і традицій життя електроспоживачів.

Таблиця 3.15–Споживана потужність будівлі для зимового періоду навантажень

Години тижня	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
Споживана потужність, кВт-год	0,90	0,90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	2,80
Години тижня	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Споживана потужність, кВт-год	2,10	2,30	1,30	1,80	2,50	1,10	3,20	3,60
Години тижня	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Споживана потужність, кВт-год	4,00	1,70	2,70	5,30	3,90	2,70	2,10	1,30

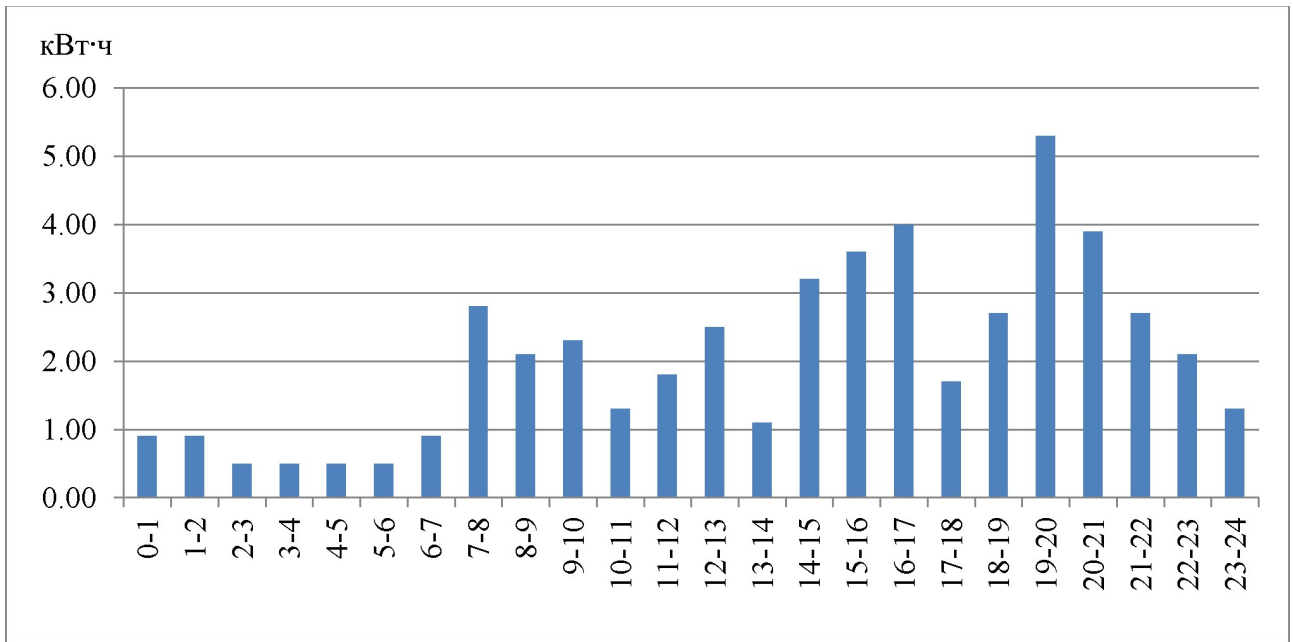


Рисунок 3.8 – Графік навантаження будівлі в зимові місяці

3.4.5. Підсумковий розрахунок теплового балансу і підбір рекуператора

Побутові прилади виділяють наступну кількість тепла:

$$Q_{поб} = 10 \cdot S_{ж.п.} = 10 \cdot 205 = 2050 \text{ Вт} \approx P_{ср}$$

Теплонадходження від людей, що знаходяться в приміщенні, приймаємо 120 Вт на 1 людину:

$$Q_{люд} = 120 \cdot 6 = 720 \text{ Вт}$$

Розрахуємо необхідний тепловий потік на підставі теплового балансу:

$$Q_{потр} = Q_{огр.к.} + Q_{вент} - Q_{інс} - Q_{поб} - Q_{люд} =$$

$$= 7451 + 6641 - 708 - 2050 - 720 =$$

$$Q_{потр} = 10614 \text{ Вт} = 10,6 \text{ кВт}$$

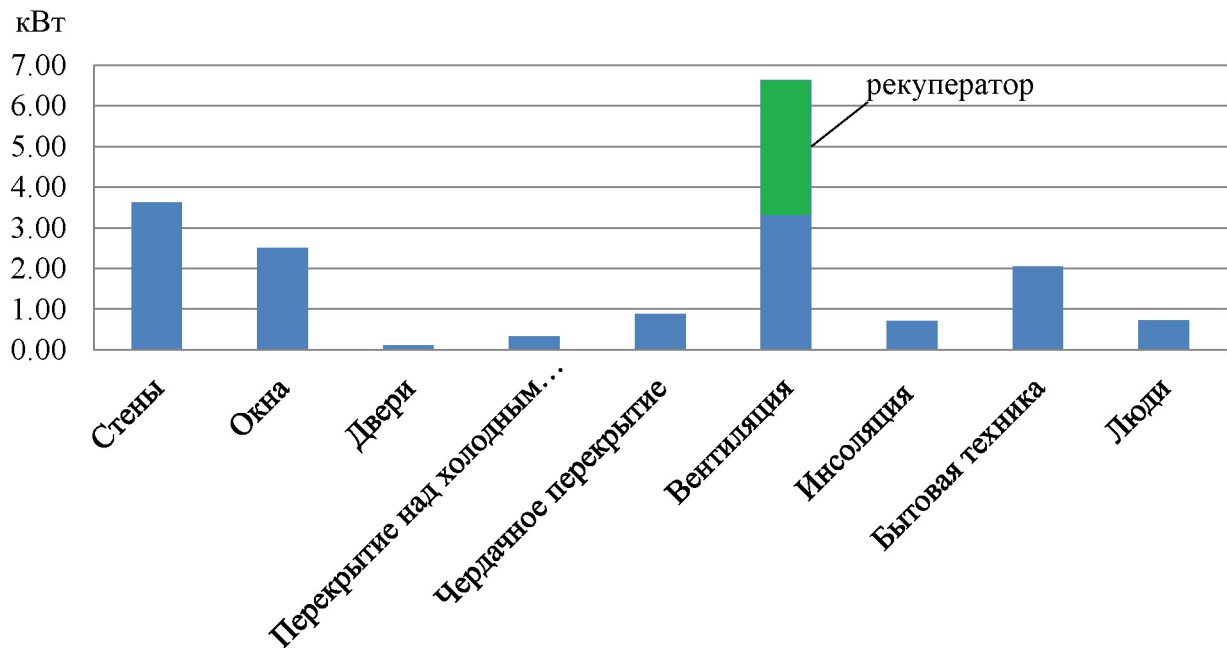


Рисунок 3.9 – Графік розподілу теплових потоків

За рахунок рекуператорів економія енергії витрачається на опалення становить від 50 до 70%, внаслідок чого при мінімальній економії в 50%:

$$Q_{\text{нотр}} = 7294 \text{ Вт} = 7,3 \text{ кВт}$$

Для розрахункового об'єму повітря вибираємо рекуператор EFFECTER A-400, з продуктивністю $400 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Повноцінний варіант централізованої припливно-витяжної вентиляції з повітряним рекуператором тепла EFFECTER, розміщеним на горищі з приєднаною до нього розводкою теплозвукоізованих повітропроводів, спіральними металевими повітропроводами на довгих або вертикальних ділянках і точками роздачі повітря з регульованими, є одним з оптимальних рішень для отримання максимального комфорту і здорового мікроклімату в приміщеннях від вентиляції з мінімальними витратами на експлуатацію.

Використання даного рекуператора дозволить скоротити витрати енергії мінімум приблизно на 3,3 кВт. Розглянемо можливі варіанти покриття енергоспоживання в розмірі $Q_{\text{потріб}} = 7,3 \text{ кВт}$ від різних джерел.

3.5. Аналіз потенціалу місцевих енергетичних ресурсів

У якості передбачуваних місцевих енергетичних ресурсів для забезпечення теплових потреб садиби, розглядається енергія сонця, вітру і біомаси.

Можливість використання сонячної енергії

Необхідні дані для оцінки енергетичного потенціалу сонячного випромінювання наведені в додатку 3. Розрахунки показали, що в зимовий час потужність сонячного випромінювання на вертикальну поверхню, становить близько $70 \text{ Вт} / \text{м}^2$, тобто для покриття навантаження в $7,3 \text{ кВт}$ необхідна площа сонячних елементів визначилася в розмірі 105 м^2 . Це потребує великих капітальних і експлуатаційних витрат і не може розглядатися в якості прийняттого варіанту енергопостачання будинку економ класу.

Можливість використання вітрової енергії

З використанням програми WindPro посилання на сайт було отримано погодинний ряд даних про зміну швидкості вітрового потоку.

Розрахунковий питомий потенціал вітрової енергії при відносно високій швидкості вітру $6 \text{ м} / \text{с}$ складе $50 \text{ Вт} / \text{м}^2$, для покриття теплового навантаження в $7,3 \text{ кВт}$, буде потрібно близько 4 вітроустановок, потужністю по 10 кВт , що економічно недоцільно.

Відзначимо, що одним із стримуючих чинників використання відновлюваної енергетики в Луганській області є кліматичні умови. Серйозним недоліком використання сонячної енергії є невисока щільність енергетичних потоків і їх непостійність у часі, внаслідок чого потрібно використовувати акумулятори і перетворювачі енергії.

Застосування вітрової та сонячної енергії для будівлі важко з таких причин:

- 1) висока вартість обладнання;
- 2) прогалини у вітчизняному законодавстві, пов'язаних з ВДЕ;

3) низька економічна ефективність проведених заходів.

У більшості випадків (виняток – гідроенергетика та геотермальна енергетика) енергія поновлюваних джерел носить розсіяний характер і за кількістю енергії, виробленої на 1 кВт встановленої потужності, генерація ВДЕ поступається традиційній енергетиці через залежності від зовнішніх факторів (погодні умови).

Використання теплового насоса неможливо з наступних причин:

1) висока вартість обладнання;
2) складний і дорогий монтаж зовнішніх підземних або підводних теплообмінних контурів.

3) порівняно низька температура води, що нагрівається, не більше 50°C.

З урахуванням того, що у будинку, розрахованому на 6 осіб, потрібна гаряча вода з більш високою температурою на різні потреби, використання теплового насоса, з наступним підігрівом води є нераціональним рішенням.

Можливість використання біомаси

В якості альтернативного місцевого поновлюваного енергетичного ресурсу може використовуватися деревне паливо. У багатьох розвинених країнах частка використання біомаси в якості первинного палива досягає 20% від загального споживання.

Луганська область розташована в лісо-степовій зоні і має значний потенціал деревних ресурсів.

Продуктивність лісовий фонд Луганської області становить приблизно 3906 тис. м³ на рік енергетичної деревини. Основним джерелом енергетичної деревини є рубки головного користування – 2388 тис. м³ (тисяча сто дев'яносто чотири тис. тонн сухої речовини), що становить 61,15% від усіх рубок. Енергетична деревина від рубок проміжного користування становить 590,82 тис. м³ (295,41 тис. тонн СР), що становить 15,1%, і від рубок іншого користування 927,54 тис. м³ (463,77 тис. тонн СР), що становить 23,75% [35].

Теплотворна здатність 1 тонни енергетичної деревини при вологості в 35-40% становить приблизно 2500 ккал / кг.

Для забезпечення потреб в тепловій енергії і гарячій воді житлового будинку вибираємо твердопаливний котел тривалого горіння STROPUVA U15.

Передбачається завантаження котла кородеревними відходами (дервиною), тривалість горіння однієї закладки палива при номінальному режимі в 75°C на одній закладці становить близько 30 годин. При завантаженні 45 кг дров і номінальному режимі роботи, установка STROPUVA U15 виробляє 15кВт енергії.

Схема теплопостачання та гарячого водопостачання будинку з використання котла STROPUVA, а також підключення повітряного рекуператора приведена на рис. 3.10.

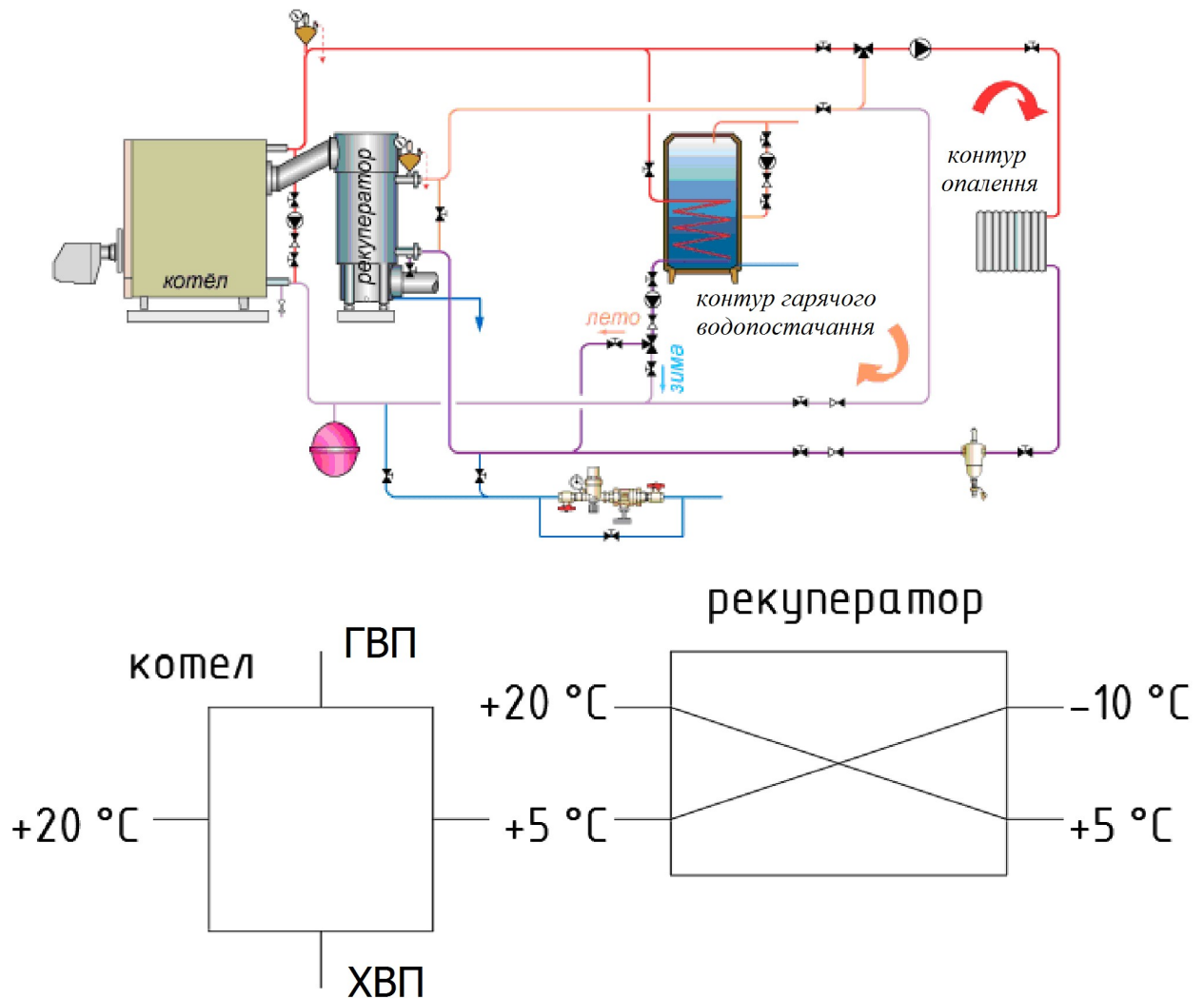


Рисунок 3.10 – Схема для опалення та гарячого водопостачання з використанням твердопаливного котла і рекуператора

Обладнання, що застосовується, дозволяє економити енергію, яка витрачається на обігрів припливного повітря, і нагрівати воду до високих температур.

Для опалювального періоду буде потрібно близько 13 м³ деревини, перевагами використання котлів на дров'яних ресурсах є:

- відсутність викидів парникового газу;
- відсутність сірки і пов'язаних з нею викидів оксидів сірки;
- можливість використання зольного залишку в якості добрива ґрунту.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи були вирішені наступні завдання:

1. Проаналізований зарубіжний і вітчизняний досвід проектування і будівництва енергоефективних будівель, а також аналіз поновлюваних джерел енергії, підтверджує доцільність проектування пасивних будинків в кліматичних і регіональних умовах Луганської області;

2. Існуюча нормативно-правова документація не в повному обсязі враховує специфіку малоповерхового будівництва енергоефективних будівель, що ні орієнтує на застосування ефективних, але щодо дорогих заходів з енергозбереження.

3. Проведено дослідження архітектурно-планувальних і конструктивних рішень застосовуються в проектуванні енергоефективних будівель, результати якого були застосовані при проектуванні житлового будинку;

4. Проведено розрахунок теплового захисту будівлі. Всі розраховані значення задовольняють вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013)». Аналіз вологісного режиму дозволяє переконатися у відсутності зони утворення конденсату в конструкціях;

5. Проведено розрахунок тепловтрат і енергоспоживання будівлі, а також аналіз місцевих енергетичних ресурсів, на підставі яких, було вирішено використовувати рекуператор EFFECTER A-400 і котел STROPUVA U15 потужністю 15 кВт.

Список використаних джерел

1. И. А. Башмаков. Потенциал энергосбережения в России // Энергосбережение - 2009. - № 1 - С.28.
2. И. А. Башмаков. Энергоэффективность зданий в России и в зарубежных странах // Энергосбережение.- 2015. - № 3 - С.24.
3. Ю. А. Табунщиков. Энергоэффективные здания и инновационные инженерные системы // АВОК.- 2014. - № 1 - С.6.
4. Ю. А. Табунщиков, Ю. В. Миллер. Энергоэффективность зданий и сооружений. Новые своды правил // Энергосбережение.- 2013. - № 5 - С.21.
5. Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. Индивидуальный жилой дом высоких технологий // АВОК.- 2012. - № 8 - С.10.
6. Ю. А. Табунщиков, В. И. Ливчак, В. Г. Гагарин, Н. В. Шилкин. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК.- 2009. -№ 5 - С.38.
7. Ю. А. Матросов. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути её решения - М., НИИСФ, 2008, – 496с.
8. Н. В. Шилкин. «Пассивные» здания: возможности современного строительства // Энергосбережение. – 2011. - № 4 - С.34.
9. М. М. Бродач, В.И. Ливчак. Здание с близким к нулевому энергетическим балансом // АВОК.- 2011. - № 5 - С.4.
10. Мащенко С.О. Теорія та методологія «зеленого будівництва» / С.О. Мащенко, М.С. Вовк, Р.А. Алієв // Економічний простір.- 2016.- № 113 - С. 220-230.
11. Вольфганг Файст. Основные положения по проектированию пассивных домов // М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. - 144 стр.
12. Stephania Kambouris. «Зеленое» строительство: рейтинговые системы оценки // АВОК.- 2010.- № 7 - С.28.
13. Ю. А. Табунщиков, Ю. В. Миллер. Исследование теплопотребления здания в суточном и годовом циклах методом математического моделирования:

диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.03 / Миллер Юлия Владимировна; [Место защиты: Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН].- Москва, 2015. - 157 с.

14. Е. Г. Малявина. Детали в разработке климатической информации специализированного "типового года"/Е. Г. Малявина, Д. С. Иванов, П. А. Журавлев, О. Ю. Крючкова // Жилищное строительство, 2013, N N 6.-С.36-38

15. С. В. Онищенко. Автономные энергоэффективные жилые здания усадебного типа.: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Онищенко Сергей Владимирович; [Место защиты: ГОУВПО "Московский государственный строительный университет"].- Москва, 2009.- 164 с.: ил..

16. Україна. Огляд енергетичної політики – 2006 / Міжнародне енергетичне агентство; Під ред. К. Манділ. – Paris: IEA Publications, 2006. – 377 с.

17. Углубленный обзор политики и программ Украины в области энергоэффективности // Секретариат Энергетической Хартии, 2013. – 144 с.

18. Green Light Action 2020 Can business help the world become more sustainable? [Электронный ресурс] / World Economic Forum. – Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2013. – 12 p. – Режим дос тупу : <http://www.wbcsd.org/Web/NewsDocuments/GreenLight5thEditionAction2020.pdf>.

19. Офіційний сайт Екологічної спільноти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ecorussia.info/ru/ecopedia/greenbuildingreview#paragraph_1959.

20. Березіна, С.В. Системи екологічного управління [Текст]: Довідниковий посібник з впровадження міжнародних стандартів серії ISO 14000 / С. В. Березіна. – К.: Aiva Plus Ltd, 2009. – 62 с.

21. WBCSD and partners identify actions to accelerate Energy Efficiency in Poland's Building Market [Электронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wbcsd.org/home.aspx>.

22. LEED is transforming the way we think about how buildings and communities are designed, constructed, maintained and operated across the globe [Электронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.usgbc.org/leed>.

23. Train to be an Assessor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.breem.org>.
24. Бродач, Марианна. Рынок зеленого строительства в Украине [Електронний ресурс] / Марианна Бродач, Гай Имз // Здания высоких технологий. – 2013. – Зима. – С. 18–29. – Режим доступу: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/42.pdf.
25. Linking a world of environmentally preferable products and services [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.globalecolabelling.net/>.
26. Проект Закону про енергетичну ефективність житлових та громадських будівель [Електронний ресурс]: № 9683 від 12.01.2012 // Офіційний веб портал Верховної Ради України. – Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=42294.
27. А. В. Туликов. Совершенствование государственного регулирования в области повышения энергоэффективности зданий // Энергосбережение.- 2016.- № 2 - С.4.
28. Дик ван Дейк. Европейские стандарты энергоэффективности зданий // Энергосбережение.- 2011.- № 7 - С.72.
29. Ю. А. Табунщиков. Энергосбережение и энергоэффективность – мировая проблема предельной полезности // Энергосбережение. – 2010. - № 6 -С. 4.
30. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель (+ 2006, 2013). – К.: Мінрегіон України, 2016. – 33 с.
31. Ю. А. Табунщиков. Здания с нулевым энергетическим балансом – миф или реальность? // АВОК.- 2010.- № 8 - С.4.
32. В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, С. И. Крышов, О. И. Пономарев. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки // АВОК.- 2009.- № 6 - С.48.
33. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.- К.: Мінрегіонбуд України, 2010.- 132 с.
34. Г. М. Бадьин. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 432 с.

35. А. С. Горшков, Н. И. Ватин, С. В. Корниенко, И. И. Пестряков. Соответствие стен из автоклавного газобетона современным требованиям по тепловой защите зданий // Энергосбережение.- 2016.- № 3 - С.62.

36. Рекомендации АВОК «Энергоэффективные здания» // АВОК.- 2001.- № 6 - С.22.

37. Е. Г. Малявина. Теплотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. - 144 с.

38. А. Р. Лебединский. Современные программные комплексы для проектирования тепловой защиты здания с учетом требований энергосбережения и энергоэффективности // Перспективы развития строительного комплекса - 2015. - №S1 - С.49-54.

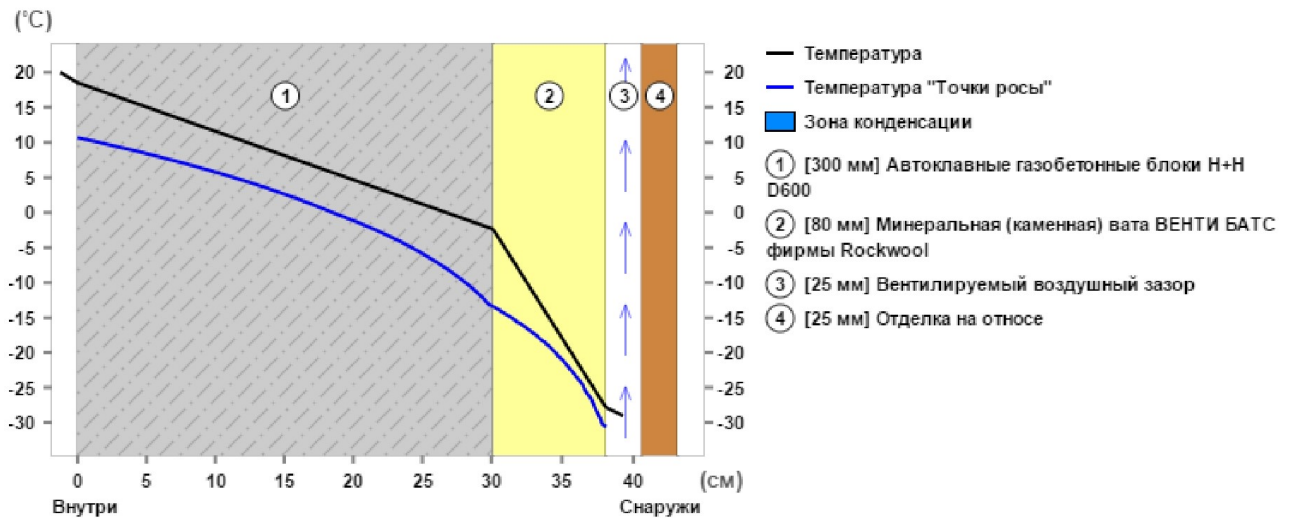
39. В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. // АВОК.- 2004.- № 3 - С.20.

40. В. В. Елистратов. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения. учеб. пособие/ В. В. Елистратов, В. А. Грилихес, Е. С. Аронова. - СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 100 с.

Додатки

А1. Результати теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій програмним комплексом SmartCalc

А1.1 Проектування наружної стени

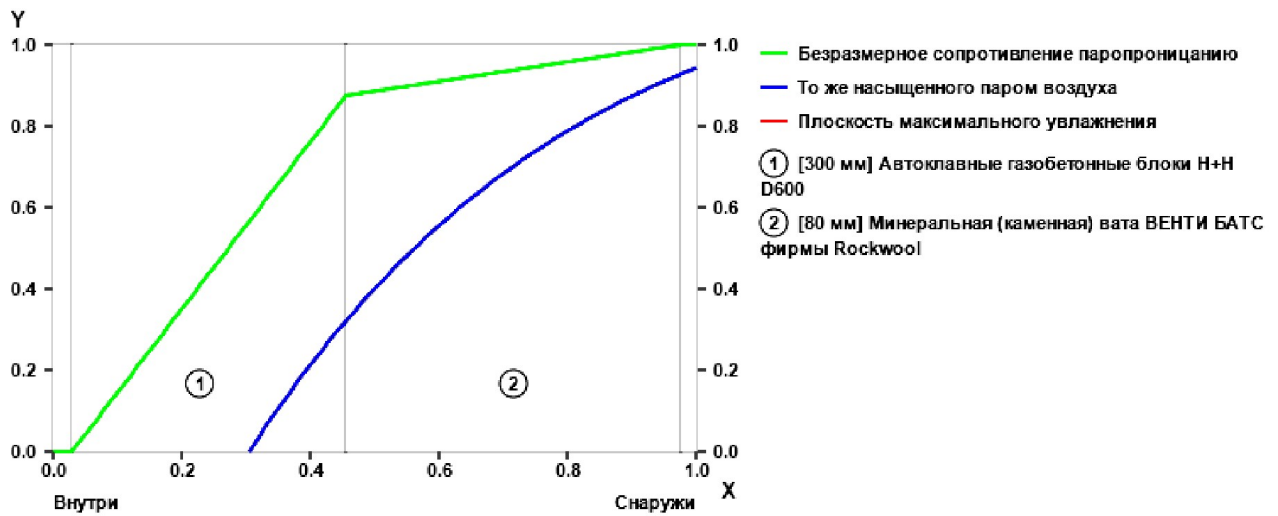


Слои конструкции (изнутри наружу)

№	Тип	Толщина	Материал	λ	R	T_{\max}	T_{\min}
			Сопротивление тепловосприятию		0,11	20,0	18,6
1	□	300	Автоклавные газобетонные блоки Н+Н D600	0,183	1,64	18,5	-2,3
2	□	80	Минеральная (каменная) вата ВЕНТИ БАТС фирмы Rockwool	0,04	2,00	-2,3	-27,8
			Сопротивление теплоотдаче		0,09	-27,8	-29,0
3			Вентилируемый воздушный зазор				29,0
4			Отделка на отnose				-29,0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции					3,64		
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]					3,85		
Требуемое сопротивление теплопередаче							
Санитарно-гигиенические требования [R _c]					1,41		
Нормируемое значение поэлементных требований [R _s]					2,03		
Базовое значение поэлементных требований [R _T]					3,23		

Розрахунок захисту від перезволоження методом безрозмірних величин

Знаходження площини максимального зволоження.



Координата плоскости максимального увлажнения	X	0.00	мм
Сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения	$R_{п(В)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Сопротивление паропроницанию от плоскости максимального увлажнения до внешней поверхности конструкции	$R_{п(Н)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации	$R_{п.тр(1)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха	$R_{п.тр(2)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Защита от переувлажнения конструкции В ограждающей конструкции нет условий для образования конденсата.			

Послойный расчет защиты от переувлажнения

Слой конструкции (изнутри наружу)

№	Толщина	Материал	μ	R_n	X	$R_{n(e)}$	$R_{n,mp(1)}$	$R_{n,mp(2)}$
1	300	Автоклавные газобетонные блоки Н+Н D600	0.16	1.88	268.9	1.62	0.00	0.00
2	80	Минеральная (каменная) вата ВЕНТИ БАТС фирмы Rockwool	0.3	0.27	80(134.8)	0.00	0.00	0.00

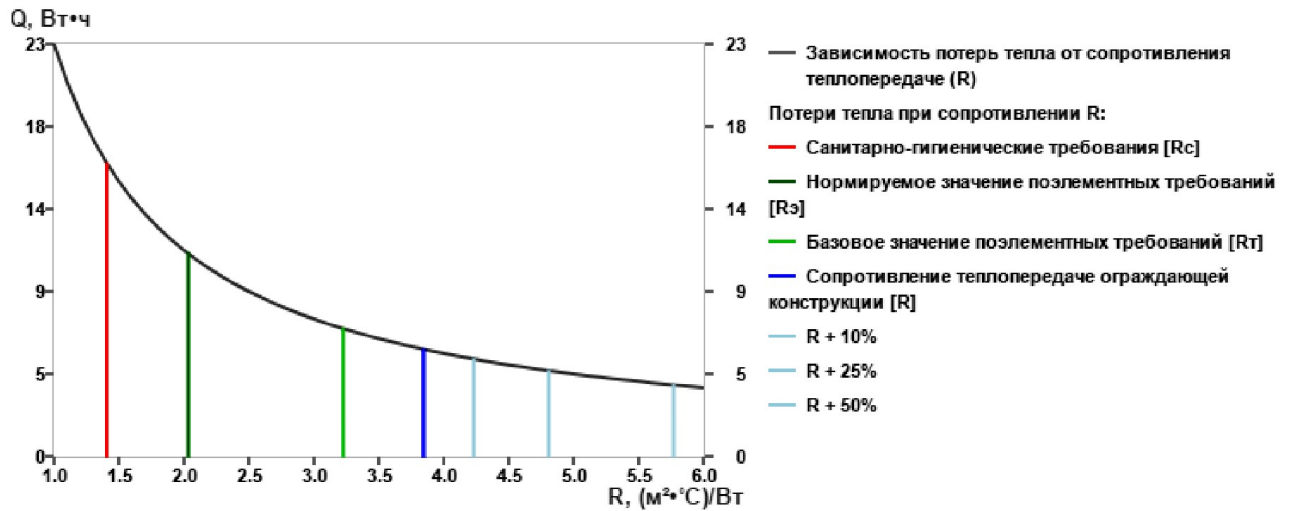
Автоклавные газобетонные блоки Н+Н D600

Толщина слоя	0	300 мм
Координата плоскости возможной конденсации	X_i	258.9 мм

Защита от переувлажнения конструкции: $R_{п(В)} > R_{п.тр(1)}$, $R_{п(В)} > R_{п.тр(2)}$

Слой ограждающей конструкции удовлетворяет нормам по защите от переувлажнения.

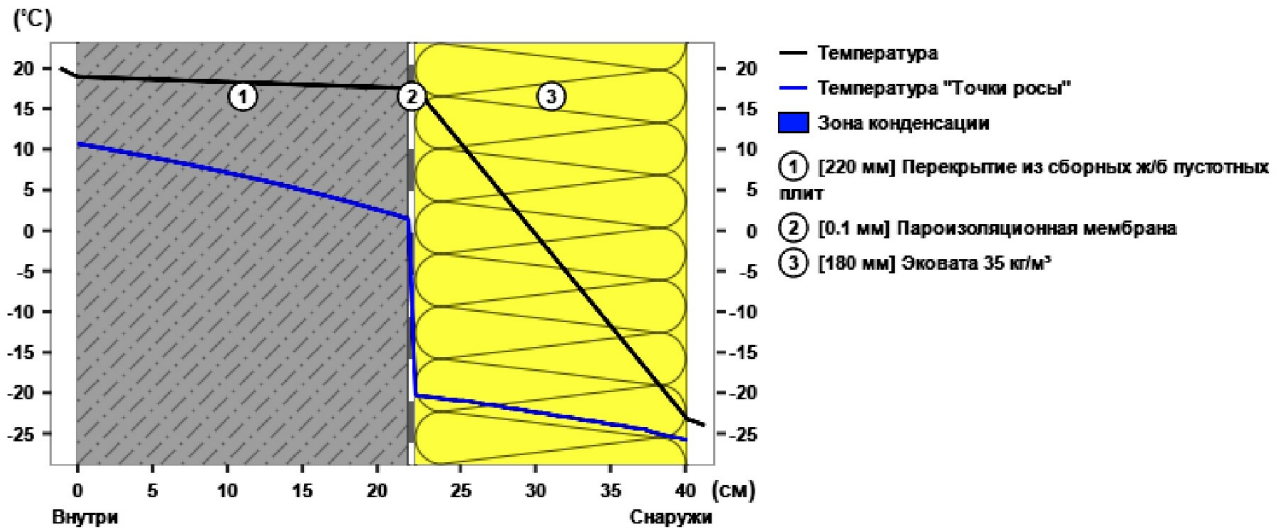
Теплові втрати через квадратний метр огорожувальної конструкції



Потери тепла в час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	± R %	Q	± Q, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [R _c]	1.41	-63.40	16.26	10.31
Нормируемое значение поэлементных требований [R _z]	2.03	-47.14	11.26	5.31
Базовое значение поэлементных требований [R _t]	3.23	-16.10	7.10	1.14
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	3.85	0.00	5.95	0.00
R + 10%	4.23	10.00	5.41	-0.54
R + 25%	4.81	25.00	4.76	-1.19
R + 50%	5.77	50.00	3.97	1.98
R + 100%	7.69	100.00	2.98	-2.98
Потери тепла за отопительный сезон: 32.57 кВт·ч				

A1.2 Проектирования горизонтного перекрытия

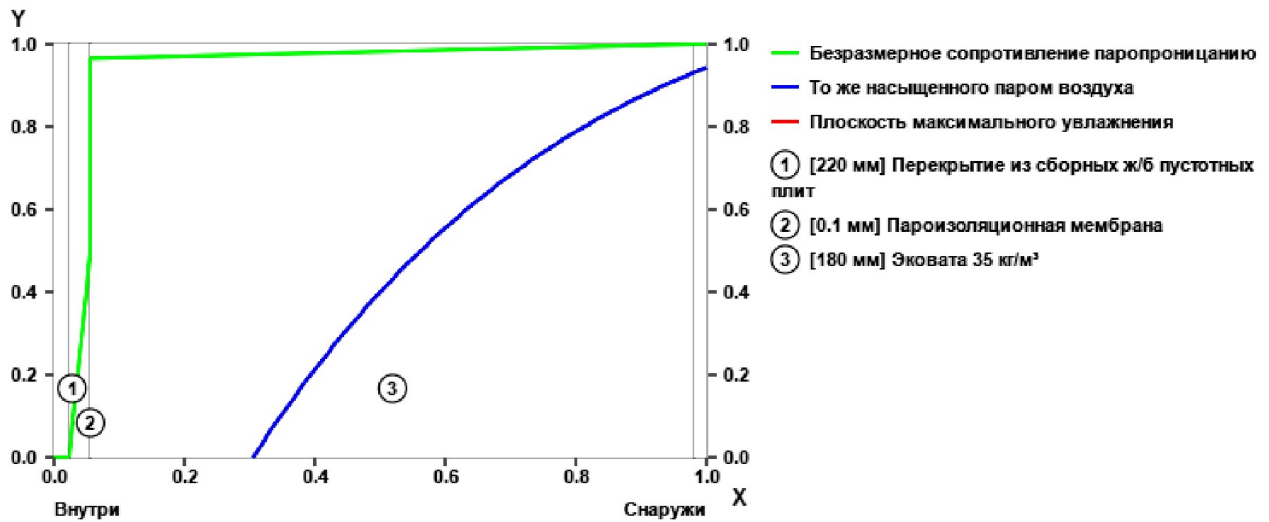


Слой конструкции (изнутри наружу)

№	Тип	Толщина	Материал	λ	R	T _{max}	T _{min}
			Сопротивление тепловосприятию		0.11	20.0	18.9
1	□	220	Перекрытие из сборных ж/б пустотных плит	1.457	0.15	18.9	17.5
2	□	0.1	Пароизоляционная мембрана		0.00	17.5	17.5
3	□	180	Эковата 35 кг/м ³	0.041	4.39	17.5	-23.2
			Сопротивление теплоотдаче		0.08	-23.2	-24.0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции					4.54		
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]					4,74		
Требуемое сопротивление теплопередаче							
Санитарно-гигиенические требования [R _с]					1.88		
Нормируемое значение поэлементных требований [R _с]					3.40		
Базовое значение поэлементных требований [R _т]					4.25		
Санитарно-гигиенические требования: R > R _с							
Ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите.							
Поэлементные требования: R > R _т							
Ограждающая конструкция удовлетворяет нормам по тепловой защите вне зависимости от иных требований.							

Розрахунок захисту від перезволоження методом безрозмірних величин

Знаходження площини максимального зволоження.



Координата плоскости максимального увлажнения	X	0.00	мм
Сопротивление паропропицанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения	$R_{п(В)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Сопротивление паропропицанию от плоскости максимального увлажнения до внешней поверхности конструкции	$R_{п(Н)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации	$R_{п.тр(1)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха	$R_{п.тр(2)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$

Защита от переувлажнения конструкции

В ограждающей конструкции нет условий для образования конденсата.

Образование конденсата в проветриваемом чердачном перекрытии или вентилируемом зазоре кровли

Сопротивление паропропицанию конструкции	$R_{п}$	14.85 $(м \cdot ч \cdot Па) / мг$
Требуемое сопротивление паропропицанию	$R_{п.тр}$	1.09 $(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$

Защита от образования конденсата в подкровельном вентилируемом пространстве: $R_{п} > R_{п.тр}$
 Ограждающая конструкция удовлетворяет нормам по защите подкровельного вентилируемого пространства от образования конденсата.

Послойный расчет защиты от переувлажнения

Слой конструкции (изнутри наружу)

№	Толщина	Материал	μ	R_n	X	$R_{п(e)}$	$R_{п.мп(1)}$	$R_{п.мп(2)}$
1	220	Перекрытие из сборных ж/б пустотных плит	0.03	7.33	-167.5	0.00	0.00	0.00
2	0.1	Пароизоляционная мембрана		7.00	0.0	0.00	0.00	0.00
3	180	Эковата 35 кг/м ³	0.35	0.51	180(307.7)	0.00	0.00	0.00

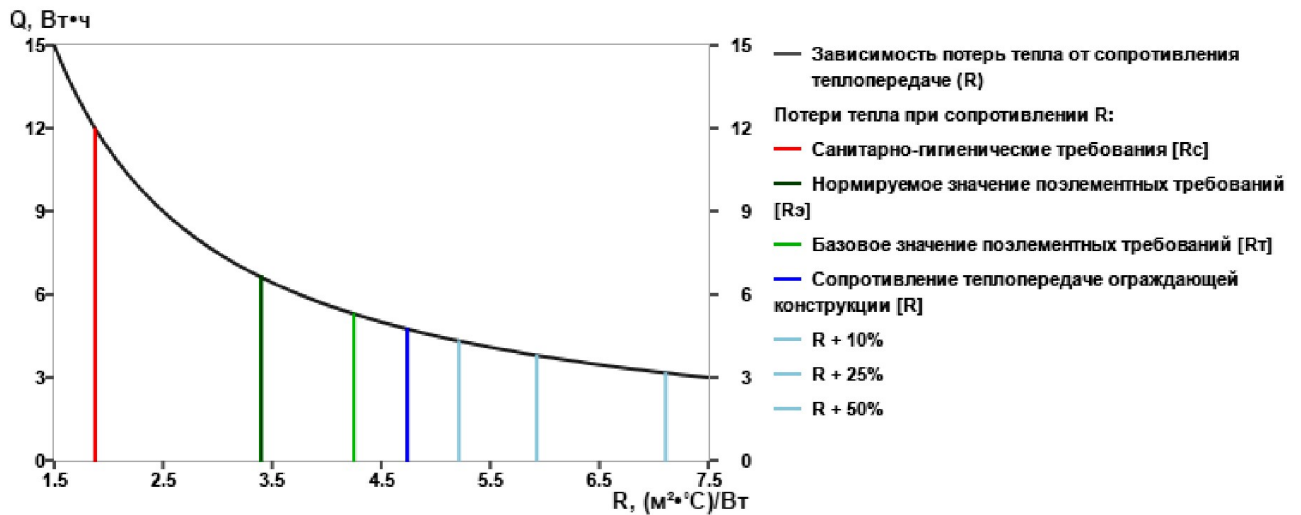
Перекрытие из сборных ж/б пустотных плит

Толщина слоя	d	220 мм
Координата плоскости возможной конденсации	X_i	-167.5 мм

Защита от переувлажнения конструкции

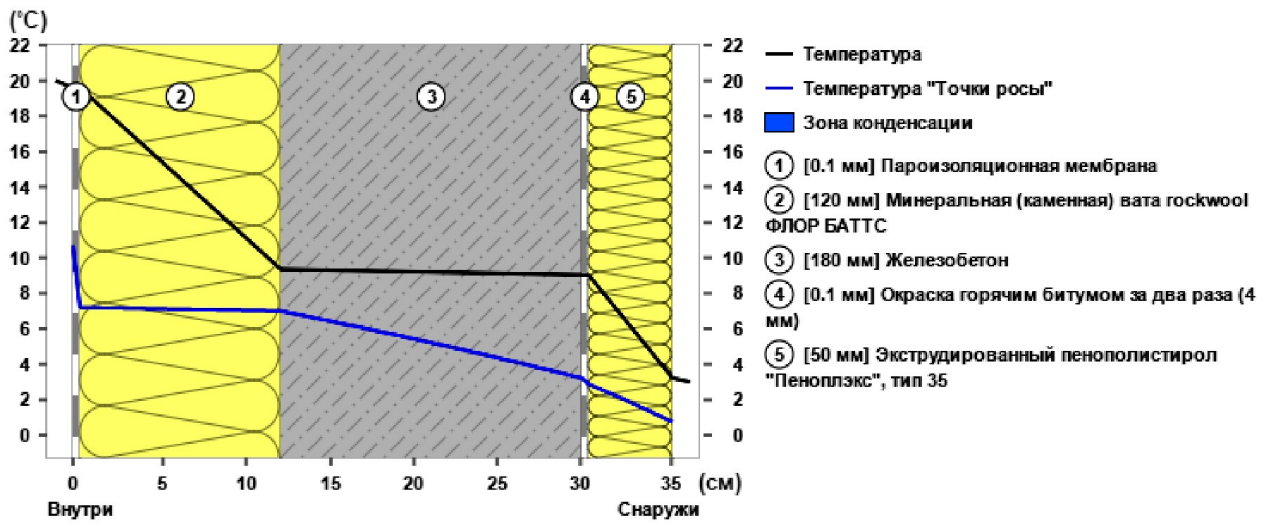
В выбранном слое ограждающей конструкции нет условий для образования конденсата.

Теплові втрати через квадратний метр огорожувальної конструкції



Сопротивление теплопередаче	R	± R %	Q	± Q, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [R _с]	1.88	-80.39	12.20	7.37
Нормируемое значение поэлементных требований [R _э]	3.40	-28.27	6.74	1.90
Базовое значение поэлементных требований [R _т]	4.25	-10.34	5.39	0.56
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	4.74	0.00	4.83	0.00
R + 10%	5.21	10.00	4.39	-0.44
R + 25%	5.92	25.00	3.87	-0.97
R + 50%	7.11	50.00	3.22	-1.61
R + 100%	9.48	100.00	2.42	-2.42
Потери тепла за отопительный сезон:	26.44 кВт·ч			

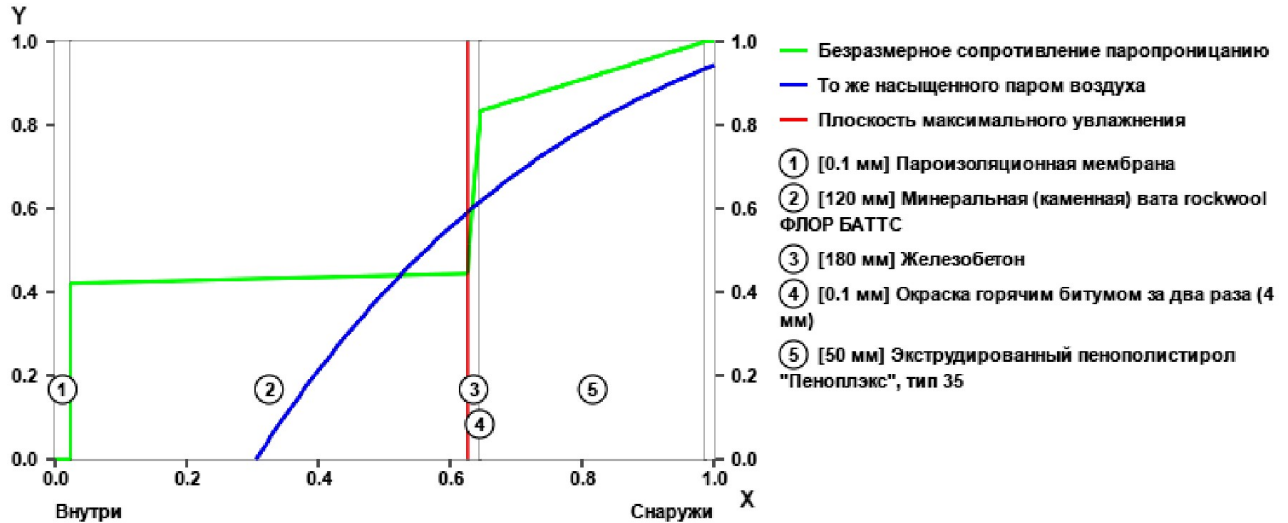
A1.3 Проектування перекриття над холодним підпіллям



Слои конструкции (изнутри наружу)

№	Тип	Толщина	Материал	λ	R	T_{max}	T_{min}
			Сопротивление тепловосприятию		0.11	20.0	19.6
1	□	0.1	Пароизоляционная мембрана		0.00	19.6	19.6
2	□	120	Минеральная (каменная) вата Rockwool ФЛОР БАТТС	0.041	2.93	19.6	9.4
3	□	180	Железобетон	2.04	0.09	9.4	9.0
4	□	0.1	Окраска горячим битумом за два раза (4 мм)		0.00	9.0	9.0
5	□	60	Экструдированный пенополистирол "Пеноплэкс", тип 35	0.03	1.67	9.0	3.2
			Сопротивление теплоотдаче		0.06	3.2	3.0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции						4.68	
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]						4.86	
Требуемое сопротивление теплопередаче							
Санитарно-гигиенические требования [R_c]						2.53	
Нормируемое значение поэлементных требований [R_s]						3.40	
Базовое значение поэлементных требований [R_T]						4.25	
Санитарно-гигиенические требования: $R > R_c$							
Ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите.							
Поэлементные требования: $R > R_T$							
Ограждающая конструкция удовлетворяет нормам по тепловой защите вне зависимости от иных требований.							

Розрахунок захисту від переуволоження методом безрозмірних величин Знаходження площини максимального зволоження.



Координата плоскости максимального увлажнения	X	120.10	мм
Сопротивление паропропицанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения	$R_{п(В)}$	7.40	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Сопротивление паропропицанию от плоскости максимального увлажнения до внешней поверхности конструкции	$R_{п(Н)}$	9.26	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации	$R_{п.тр(1)}$	-1.14	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$
Условие ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха	$R_{п.тр(2)}$	5.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / м$

Защита от переувлажнения конструкции: $R_{п(В)} > R_{п.тр(1)}$, $R_{п(В)} > R_{п.тр(2)}$

Ограждающая конструкция удовлетворяет нормам по защите от переувлажнения.

Послойный расчет защиты от переувлажнения

Слой конструкции (изнутри наружу)

№	Толщина	Материал	μ	R_n	X	$R_{п(e)}$	$R_{п.мп(1)}$	$R_{п.мп(2)}$
1	0.1	Пароізоляційна мембрана		7.00	0.0	0.00	0.00	0.00
2	120	Минеральная (каменная) вата Rockwool ФЛОР БАТТС	0.3	0.40	120(321.6)	7.40	-1.14	5.00
3	180	Железобетон	0.03	6.00	-6205.2	0.00	0.00	0.00
4	0.1	Окраска горячим битумом за два раза (4 мм)		0.48	0.0	0.00	0.00	0.00
5	50	Экструдированный пенополистирол "Пеноплэкс", тип 35	0.018	2.78	50(60.4)	0.00	0.00	0.00

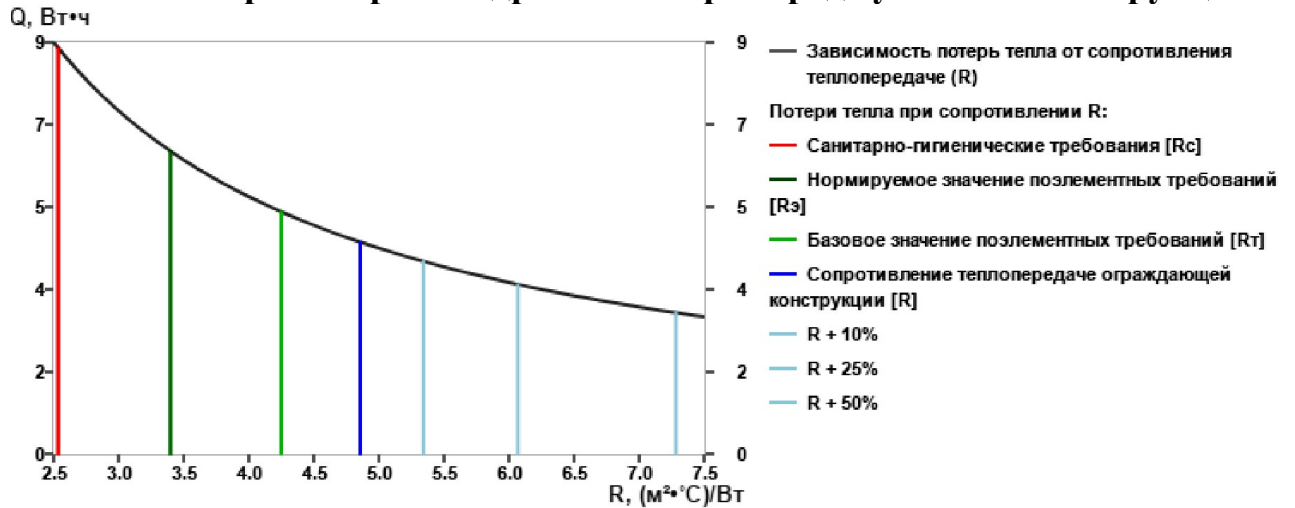
Пароізоляційна мембрана

Толщина слоя	d	0.1	мм
Координата плоскости возможной конденсации	X_i	0.0	мм
Сопротивление паропропицанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости возможной конденсации	$R_{п(В)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Сопротивление паропропицанию от плоскости возможной конденсации до внешней поверхности конструкции	$R_{п(Н)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Требуемое сопротивление паропропицанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации	$R_{п.тр(1)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$
Требуемое сопротивление паропропицанию из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха	$R_{п.тр(2)}$	0.00	$(м^2 \cdot ч \cdot Па) / мг$

Защита от переувлажнения конструкции

В выбранном слое ограждающей конструкции нет условий для образования конденсата.

Теплові втрати через квадратний метр огорожувальної конструкції



Потери тепла в час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	± R %	Q	± Q, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [R _c]	2.53	-47.80	9.04	4.32
Нормируемое значение поэлементных требований [R _э]	3.40	-29.98	6.74	2.02
Базовое значение поэлементных требований [R _т]	4.25	-12.48	5.39	0.67
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	4.86	0.00	4.72	0.00
R + 10%	5.34	10.00	4.29	-0.43
R + 25%	6.07	25.00	3.77	-0.94
R + 50%	7.28	50.00	3.14	-1.57
R + 100%	9.71	100.00	2.36	-2.36
Потери тепла за отопительный сезон: 25.81 кВт·ч				

Додаток Б

Таблица Б1 – Розрахунок загальних тепловтрат будівлі

№ помещения	Назначение помещения	Поверхность ограждения				Площадь ограждения, м ²	Разность температур (tв-тн) °С	Поправочный коэффициент, n	Сопrotивление ограждения теплопередаче Rсл, (м ² ·°С)/Вт	Процентная добавка к основной потере тепла	Суммарные потери тепла помещения, Q _{пом} , Вт·ч
		Условное обозначение	Ориентация по сторонам света	размеры, м							
				a	b						
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
1 этаж											
101	Служебного назначения	НС	СВ	3,3	2,06	5,30	49	1	3,84	0,15	77,79
		ОК	СВ	1,5	1,0	1,50	49	1	0,68	0,15	124,30
		НС	СЗ	3,3	3,56	9,65	49	1	3,84	0,15	141,67
		НД	СЗ	2,1	1,0	2,10	49	1	2,30	0,15	51,45
		ПП				6,30	17	0,9	4,86	0	19,86
											415,07
102	С/у	НС	СВ	3,3	2,50	8,25	49	1	3,84	0,1	115,87
		ПП				8,43	17	0,9	4,86	0	26,55
											142,42
103	Тамбур	НС	СВ	3,3	2,45	5,99	49	1	3,84	0,1	84,06
		НД	СВ	2,1	1,0	2,10	49	1	2,30	0,15	51,45
		ПП				3,92	17	0,9	4,86	0	12,35
											147,86
104	Кладовка	НС	СВ	3,3	2,05	6,77	49	1	3,84	0,1	95,02
		ПП				3,28	17	0,9	4,86	0	10,34
											105,35
105	Лестничная площадка	НС	СВ	3,3	4,56	13,15	49	1	3,84	0,15	193,06
		ОК	СВ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0,15	186,45
		НС	ЮВ	3,3	3,06	10,10	49	1	3,84	0,05	135,38
		ПП				12,54	17	0,9	4,86	0	39,52
											549,27

1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
106	Кухня	НС	СЗ	3,3	4,56	12,80	49	1	3,84	0,15	187,92
		ОК	СЗ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0,15	186,45
		НС	ЮЗ	3,3	4,56	12,80	49	1	3,84	0	163,41
		ОК	ЮЗ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		ПП				19,10	17	0,9	4,86	0	60,18
											760,09
107	Гостинная	НС	ЮЗ	3,3	4,50	12,95	49	1	3,84	0	165,35
		ОК	ЮЗ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		ПП				27,63	17	0,9	4,86	0	87,06
											410,08
108	Спальня	НС	ЮЗ	3,3	4,56	13,15	49	1	3,84	0	167,88
		ОК	ЮЗ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		НС	ЮВ	3,3	5,06	14,45	49	1	3,84	0,5	276,72
		ОК	ЮВ	1,5	1,5	2,25	49	1	0,68	0,5	243,20
		ПП				21,28	17	0,9	4,86	0	67,06
											912,52
Общие теплопотери 1 этажа											3442,66
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
2 Этаж											
201	С/у	НС	СВ	3,3	2,81	9,27	49	1	3,84	0,15	136,16
		НС	СЗ	3,3	2,34	7,72	49	1	3,84	0,15	113,39
		ПЧ				5,63	44	0,9	4,74	0	47,07
											296,61
202	Коридор	НС	СВ	3,3	6,25	18,73	49	1	3,84	0,1	263,00
		ОК	СВ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0,1	178,35
		ПЧ				13,44	44	0,9	4,74	0	112,27
											548,70

1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
203	Лестничная площадка	НС	СВ	3,3	4,56	13,15	49	1	3,84	0,15	193,06
		ОК	СВ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0,15	186,45
		НС	ЮВ	3,3	3,06	10,10	49	1	3,84	0,05	135,38
		ПЧ				12,54	44	0,9	4,86	0	102,29
											612,04
204	Спальня	НС	СЗ	3,3	5,78	17,17	49	1	3,84	0,15	252,18
		ОК	СЗ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0,15	186,45
		НС	ЮЗ	3,3	4,56	12,80	49	1	3,84	0	163,41
		ОК	ЮЗ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		ПЧ				30,02	44	0,9	4,86	0	244,82
											1003,85
205	Спальня	НС	ЮЗ	3,3	4,5	12,95	49	1	3,84	0	165,35
		ОК	ЮЗ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		ПЧ				25,16	44	0,9	4,86	0	205,1567
											528,17
206	Спальня	НС	ЮЗ	3,3	4,56	13,15	49	1	3,84	0	167,88
		ОК	ЮЗ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0	162,13
		НС	ЮВ	3,3	5,06	14,45	49	1	3,84	0,5	276,72
		ОК	ЮВ	1,5	1,50	2,25	49	1	0,68	0,5	243,20
		ПЧ				21,28	44	0,9	4,86	0	173,57
											1019,02
Общие теплопотери 2 этажа											4008,40
Общие теплопотери здания											7451,06

Додаток В

Таблица В1 – Характеристики сонячного випромінювання в середні розрахункові дні місяця на горизонтальній нерухомій поверхні на території Луганської області.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Количество дней в месяце	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Порядковый номер среднего расчетного дня	17	46	75	105	135	162	198	228	258	289	319	344	
δ_n , град	-20,92	-13,29	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,97	-19,15	-23,05	
V , рад	0,28	0,77	1,27	1,79	2,31	2,77	3,39	3,91	4,42	4,96	5,47	5,9	
Декретное время	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
твр, мин	-9,33	-14,26	-9,36	-0,24	3,94	0,81	-6,01	-4,69	4,64	14,62	15,15	7,14	
Время захода, ч	16,43	17,65	18,9	21,14	22,36	23,18	22,93	21,73	20,2	18,6	16,32	15,76	
Продолжительность светового дня, ч	6,49	8,79	11,44	14,22	16,8	18,33	17,61	15,26	12,51	9,64	7,08	5,69	
Время восхода, ч	9,94	8,87	7,46	6,92	5,56	4,85	5,33	6,47	7,69	8,96	9,23	10,07	
При чистой атмосфере	Энергии прямого солнечного излучения, поступающего на гор. поверхность на 1 м^2 в течение расчетного светового дня, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$	309,04	1121,47	2274,52	4530,03	5816,58	7384,19	6282,30	4816,52	2912,77	1260,83	364,29	168,02
	Энергии диффузного солнечного излучения, поступающего на гор/ поверхность на 1 м^2 в течение расчетного светового дня, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$	254,58	498,96	845,03	1075,51	1597,27	1448,97	1690,02	1404,90	1022,43	608,27	312,71	184,93
	Энергии солнечного излучения, поступающего на гор/ поверхность на 1 м^2 в течение расчетного светового дня, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$	563,62	1620,43	3119,55	5605,54	7413,85	8833,16	7972,32	6221,42	3935,20	1869,10	677,00	352,95
	Месячная сумма энергии прямой солнечной радиации, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$	9,58	31,40	70,51	135,90	180,31	221,53	194,75	149,31	87,38	39,09	10,93	5,21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Месячная сумма энергии диффузной солнечной радиации, кВт·ч/м ²	7,89	13,97	26,20	32,27	49,52	43,47	52,39	43,55.	30,67	18,86	9,38	5,73
Месячная сумма энергии полной солнечной радиации, кВт·ч/м ²	17,47	45,37	96,71	168,17	229,83	265,00	247,14	192,86	118,06	57,94	20,31	10,94
Ср-дневная плотность прямого излучения, Вт/м ²	47,64	127,63	198,79	318,55	346,15	402,89	356,79	315,69	232,81	130,76	51,44	29,55
Ср-суточная плотность прямого излучения, Вт/м ²	12,88	46,73	94,77	188,75	242,36	307,67	261,76	200,69	121,37	52,53	15,18	7,00
Ср-дневная плотность диффузного излучения, Вт/м ²	39,25	56,78	73,85	75,63	95,05	79,06	95,98	92,08	81,72	63,08	44,15	32,52
Ср-суточная плотность диффузного излучения, Вт/м ²	10,61	20,79	35,21	44,81	66,55	60,37	70,42	58,54	42,60	25,34	13,03	7,71
Среднедневная плотность полного излучения, Вт/м ²	86,89	184,41	272,64	394,18	441,20	481,95	452,77	407,77	314,52	193,84	95,59	62,07
Среднесуточная плотность полного излучения, Вт/м ²	23,48	67,52	129,98	233,56	308,91	368,05	332,18	259,23	163,97	77,88	28,21	14,71

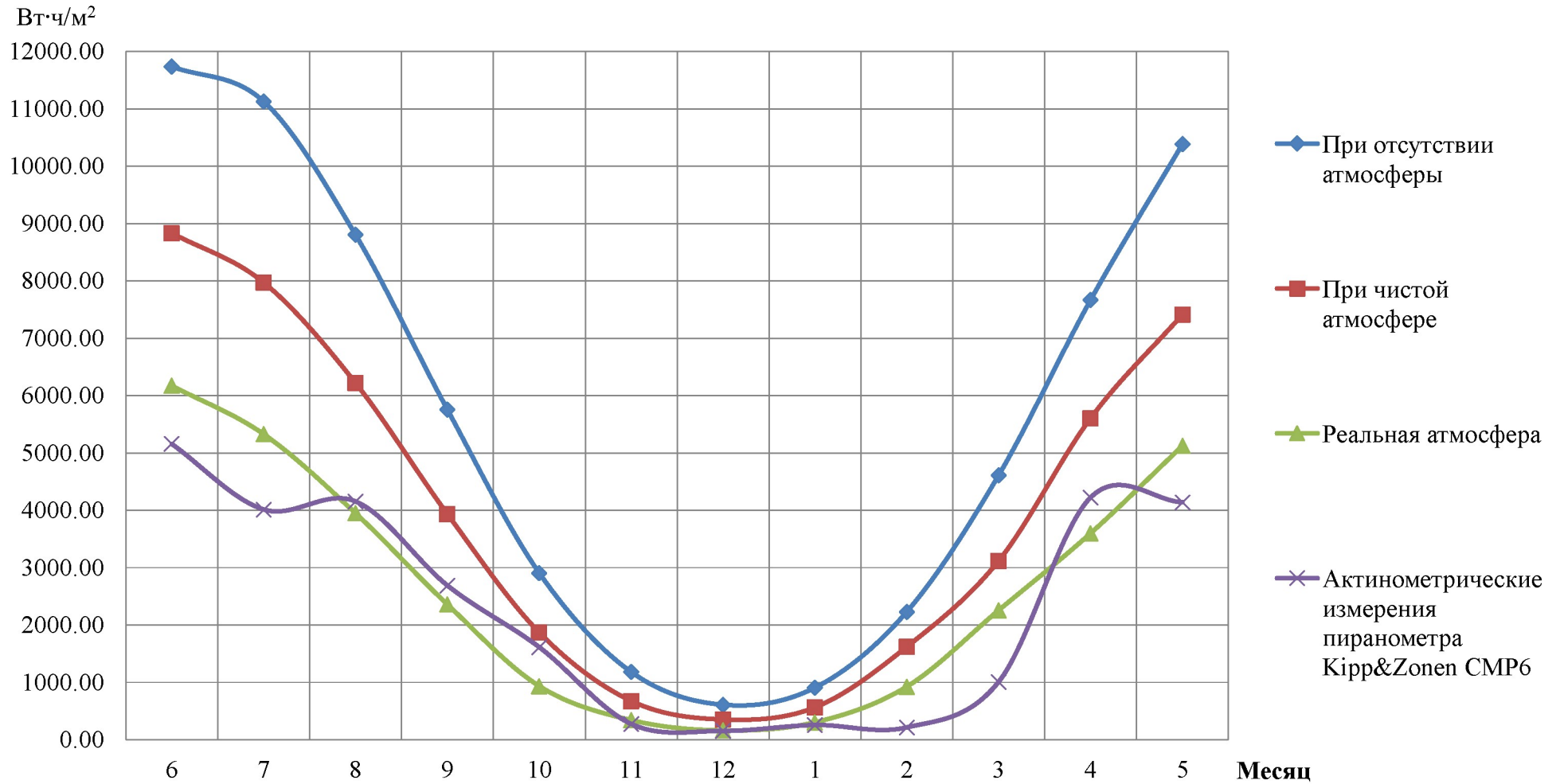


Рисунок В1 - Графік енергії сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню площею 1 м² протягом розрахункового світлового дня, розташовану на широті м.Севєродонецк

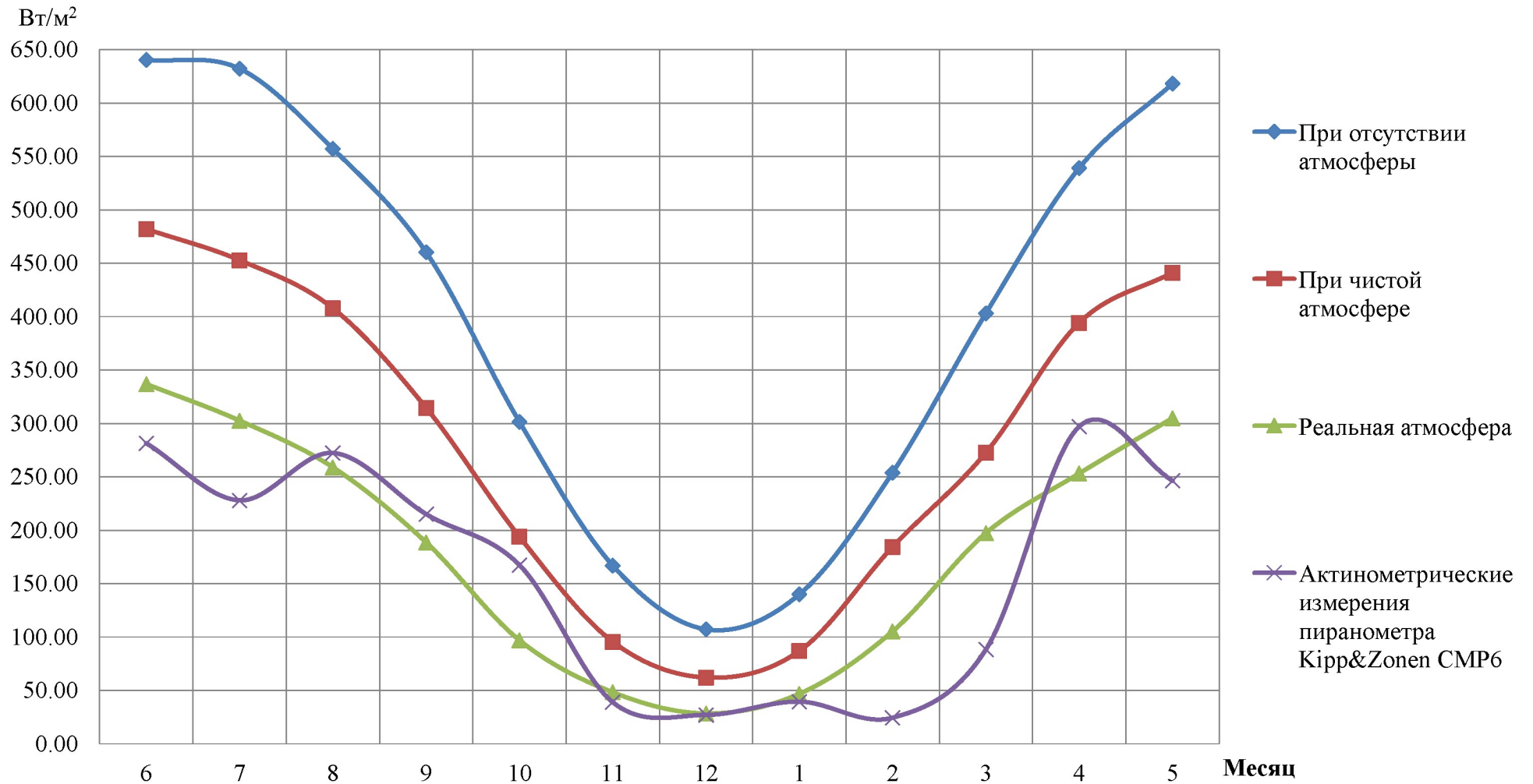


Рисунок В2 - Графік зміни середньоденний щільності повного сонячного випромінювання на горизонтальну поверхню площею 1 м^2 розташовану на широті м Северодонецк

