

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Проектні рішення з розробки системи енергоспоживання
енергозберігаючого будинку»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ Синявський О.Ю.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Панько М.О.
(підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ Радько І.П.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

доцент, к.т.н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
„ ” 2025 р.
число місяць рік

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Панько Маргарита Олегівна
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Тема бакалаврської роботи: «Проектні рішення з розробки системи енергоспоживання енергозберігаючого будинку»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026. 05. 31
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до проекту:

- 1) загальна площа будинку – 148,3 м²;
- 2) кількість мешканців – 4 особи;
- 3) система опалення – тепловий насос типу «ґрунт-вода»;
- 4) система гарячого водопостачання – сонячні вакуумні колектори;
- 5) система електропостачання – фотоелектрична установка з акумуляторними батареями;
- 6) розрахункова температура внутрішнього повітря – 20 °С;
- 7) район будівництва – Україна.

Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Провести аналіз сучасних систем енергозабезпечення енергозберігаючих будинків та відновлюваних джерел енергії.
2. Виконати теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будинку.

3. Визначити теплові втрати будинку та теплові навантаження.
4. Виконати розрахунок системи опалення та обґрунтувати вибір теплового насоса.
5. Виконати розрахунок системи гарячого водопостачання та вибрати сонячні колектори.
6. Виконати розрахунок системи освітлення будинку.
7. Розрахувати параметри фотоелектричної системи, вибрати інвертор та акумуляторні батареї.
8. Розробити схеми систем енергозабезпечення будинку.
9. Провести техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.
10. Розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Перелік графічних документів:

- 1) План енергозберігаючого будинку.
- 2) Схема системи опалення з тепловим насосом.
- 3) Схема системи гарячого водопостачання із сонячними колекторами.
- 4) Схема фотоелектричної системи електропостачання.
- 5) Результати теплотехнічного розрахунку будинку.
- 6) Техніко-економічні показники проєкту.

Дата видачі завдання 30.10.2025

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Радько І.П.

Завдання прийняв до виконання _____ Панько М.О.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ БУДИНОК.....	14
1.1. Визначення та створення пасивного будинку.....	14
1.1.1 Історія пасивного будівництва.....	14
1.1.2 Стандарт пасивного будинку.....	15
1.1.3 Визначальні складові пасивного будинку.....	18
1.1.4 Сучасні матеріали, переваги і недоліки для будівництва енергоефективного будинку.....	22
Висновок до розділу 1.....	27
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	28
2.1 Опис побудови.....	28
2.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень.....	29
2.2.1 Визначаємо термічний опір конструкції.....	29
2.3 Визначення втрат тепла в приміщеннях.....	36
2.4 Розрахунок, скільки тепла можна отримати від електричних пристроїв та інших джерел тепла.....	42
Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГВП ТА ОПАЛЕННЯ.....	48
3.1 Вибір теплового насосу.....	48
3.1.1 Розрахунок котельних установок.....	51
3.2 Визначення теплового навантаження на ГВП та площі колектора.....	52
3.3 Що таке тепловий насос?.....	55
3.4 Різновидність теплових насосів.....	61
3.4.1 Ґрунтовий тепловий насос або “ґрунт-вода”.....	61
3.4.2 Тепловий насос “вода-вода”.....	63
3.4.3 Тепловий насос “повітря-вода”.....	66

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						5

3.4.4 Тепловий насос “повітря-повітря”	68
Висновки до розділу 3	71
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ.....	72
Вибір інвертору.....	72
4.2 Вибір акумуляторних батарей та їх кількості.....	73
Висновки до розділу 4.....	78
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	79
5.1 Розрахунок затрат на будівництво.....	80
5.2 Визначення експлуатаційних витрат.....	81
5.2.1 Амортизаційні відрахування.....	82
5.2.2 Розрахунок річних витрат на технічне обслуговування і поточні ремони.....	83
5.2.3 Визначення вартості використаної електроенергії.....	84
5.4 Розрахунок часу окупності будинку.....	85
Висновки розділу 5.....	86
ВИСНОВКИ.....	87
Список використаної літератури.....	89

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						6

ВСТУП

Енергоефективний або пасивний саме так називають будинок, де споживання енергії для опалення, світла та інших потреб його власника зведена до мінімуму або зовсім відсутня. Будівництво енергозберігаючих будинків останнім часом набувають все більшої популярності, адже можна отримати не тільки житло своєї мрії з комфортними умовами, а й домогтися низького споживання енергії. У таких будинках автоматично підтримується вологість, оптимальна температура і чисте повітря. Але чи можна побудувати такий будинок в українських реаліях, не витратитися в холодну пору на опалення і самостійно забезпечити себе електрикою? Відповідь багатьох фахівців однозначно так! Адже з кожним роком енергоефективних будинків стає все більше.

Енергоефективний, енергозберігаючий, пасивний і активний – в чому різниця?

З точки зору витрат теплоенергії будинку бувають: енергоефективні, пасивні, активні, з низьким споживанням енергії на опалення, з нульовим і позитивним енергобалансі.

Енергоефективні будинки – це будівлі, де споживання енергії знаходиться на низькому рівні. Пасивними ж вважаються будинки, в яких витрата енергії на опалення не вище 15 кВт год /м² щорічно. До активних домівок відносяться будівлі, які оснащені автоматичним управлінням системою по типу «розумний будинок», завдяки чому постійно підтримується оптимальний мікроклімат в приміщенні з використанням незалежних джерел енергії (сонце, вітер, енергія Землі). Будинки з низьким споживанням енергії – це ті, будівлі в яких за рік витрата на опалення коливається в межах 16-35 год/м². Відносно будівель з нульовим і позитивним енергобалансі де споживання енергії зводиться до нуля або ж виробляється більше енергії, ніж споживають. Так, енергоефективний будинок допомагає розумно витратити енергію тепла і світла [1].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						7

Особливості ефективного пасивного будинку.

Історія створення стандарту пасивного будинку (Passivhaus) розпочалася у травні 1988 року завдяки спільній науковій дискусії професорів Бо Адомсона (Лундський університет, Швеція) та Вольфганга Файста (Інститут житлового будівництва і навколишнього середовища, Німеччина).

Головним осередком розвитку та контролю цієї технології став “Інститут пасивного будинку”, відкритий у 1996 році в м. Дармштадт під керівництвом В. Файста. Якщо за перші п’ятнадцять років розвитку (до 2013 року) за даним стандартом було побудовано близько 50 тисяч об’єктів (переважно в Центральній Європі), то на сьогоднішній день енергопасивні будинки стали світовим трендом автономної та екологічної архітектури [2].

Неможливо стверджувати, що тільки завдяки теплоізоляції будинок стане енергоефективним. Існують і інші конструктивні особливості, завдяки яким можна створити енергоефективний і енергозберігаючий будинок, а саме: вікна, теплоізоляція, вентиляція, правильне проектування.

Пропонується використовувати сонячні батареї або інші альтернативні системи для отримання теплової енергії з надр землі і сонця.

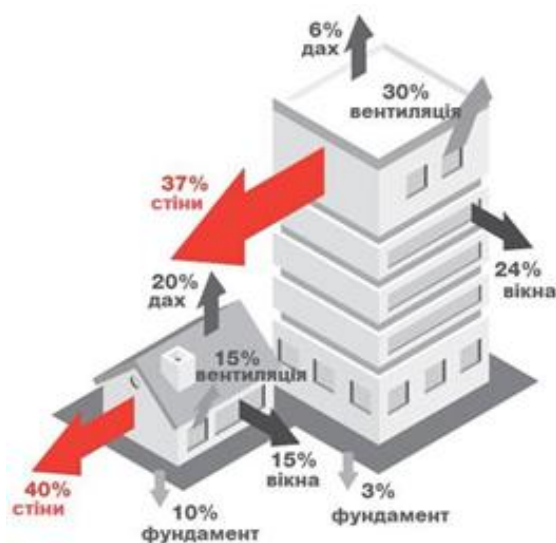


Рис.1 Тепловтрати в будинку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					8

Вікна

Велике значення для енергоефективності будинку мають вікна. Так як через них проходять достатню кількість тепла, для сучасних будинків використовують вдосконалені енергозберігаючі вікна. Для цього важливо, щоб вони відповідали двом умовам: перше – це високий опір теплопередачі, друге – їх правильне розташування. Енергозберігаючі вікна комплектуються герметичними пакетами з одно- або двокамерними пакетами з заповненням між скляними простором низько теплопровідністю речовиною (Аргон (Ar) або Криптон (Kr)) з теплою дистанційною рамкою. Розташування вікон найбільш правильніше буде з південної сторони, так як в холодну пору вони приносять більше тепла, ніж втрачають. Із західного і південного боку установку вікон зводять до мінімуму.

Теплоізоляція

Основним методом скорочення тепловтрат в енергозберігаючих спорудах є створення безперервного теплоізоляційного оболонкового контуру навколо фундаменту, стін, підлоги та даху. Утеплення виконують виключно із зовнішнього боку будівлі. Внутрішня термоізоляція не рекомендується через критичне рогіршення теплоінерційних властивостей приміщення. Завдяки правильному зовнішньому монтажу утеплювача будова функціонує за принципом термоса: ефективно утримує внутрішнє тепло під час опалювального сезону та захищає житлові кімнати від перегріву влітку.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						9

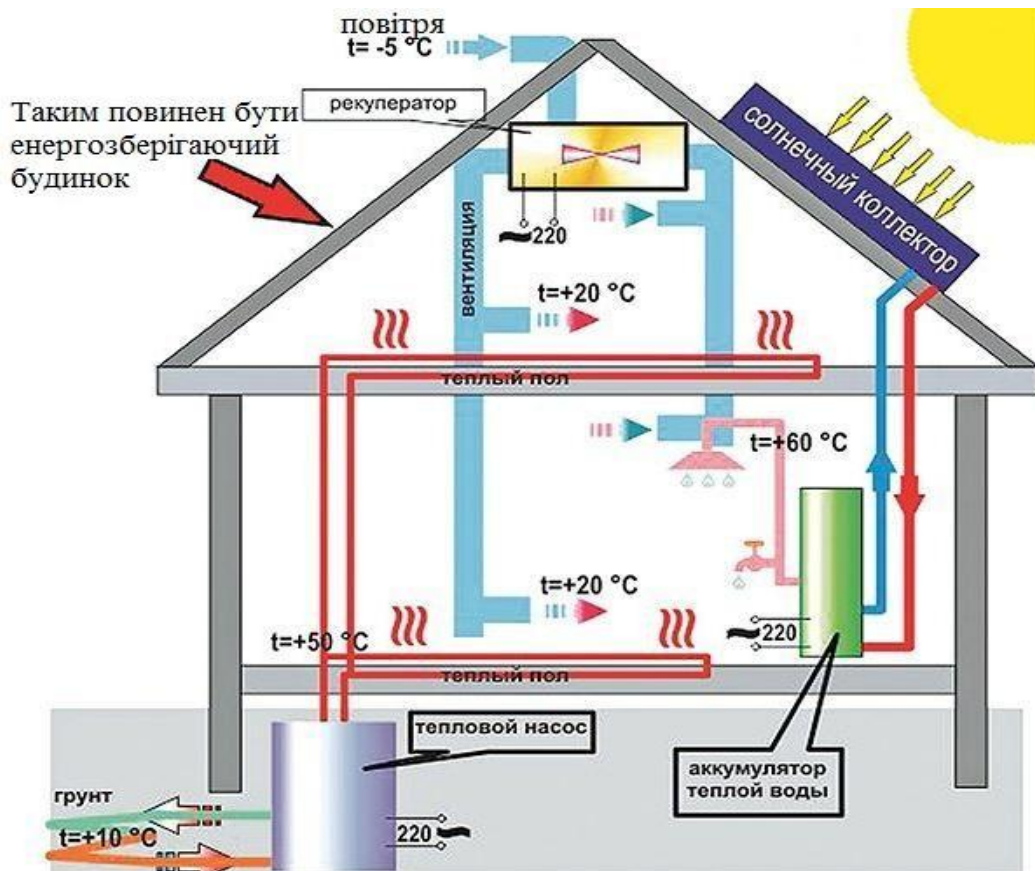


Рис. 2 Теплоізоляція будинку

Вентиляція

У енергоефективного будинку ключовою ознакою є заміна природного провітрювання механічною припливно-витяжною вентиляцією з вбудованим рекуператором. Цей пристрій функціонує як енергоощадний теплообмінник: у зимовий період холодне вуличне повітря забирає теплову енергію від внутрішнього відпрацьованого повітря, яке виводиться з приміщення. Завдяки такій термодинамічній схемі свіже повітря подається всередину будівлі підігрітим до комфортних $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Це дозволяє утримувати тепло в контурі будинку та мінімізувати теплові втрати через вентиляційну систему. У літню спеку система у зворотному режимі: гаряче припливне повітря охолоджується в рекуператорі за рахунок прохолодного повітря, що виводиться з будинку. Це знижує загальні витрати електроенергії на кондиціювання.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					10

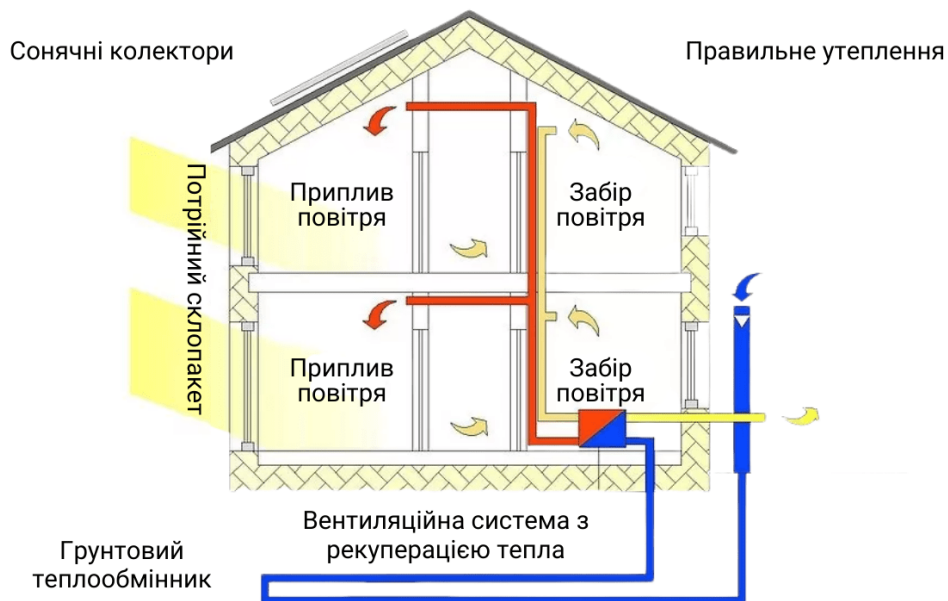


Рис. 3 Вентиляція будинку

За рахунок того, що пасивні будинки будуються герметичними і виключають руху повітря через зовнішню оболонку, рекуператори ефективно здійснюють приплив повітря в приміщення.

У нежитлових приміщеннях можна встановити автоматичну витяжну сітку, що буде працювати тільки по реальній потребі. Найчастіше в енергозберігаючих будинках використовують крім центральних рекуператорів і локальні.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					11

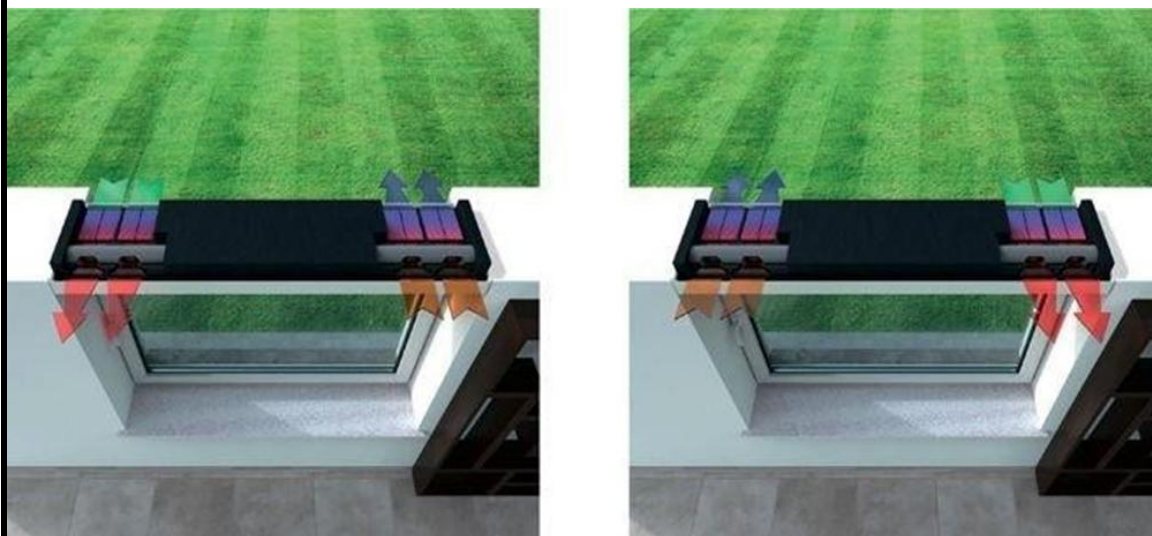


Рис. 4 Автоматична витяжна сітка

Правильне проєктування

Для енергоефективного будинку також важливо правильно спроектувати конструкцію без теплових мостів, тобто без слабких місць в конструкції більш раціонально і правильно розподіляється температура повітря, вентиляція і вологість. Кращим варіантом для енергоефективності приміщення буде будівля у вигляді кулі і в формі куба, це якщо говорити про питомі величини втрати тепла на одиницю площі. Завдяки відсутності кутом такі форми здатні мінімізувати будь-які тепловтрати.

Опалення

Для максимального комфорту в холодну пору будинок повинен бути обладнаний доброю системою опалення. Сучасні технології дозволяють використовувати кілька варіантів для отримання альтернативної енергії:

– сонячні батареї – хороший варіант для використання на протязі всього року, як правило, вони встановлюються на похилому даху. Система підключається до опалення та використовується при достатній кількості світла, якщо сонячної енергії не вистачає, то включається система опалення;

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

- теплові насоси — відмінна альтернатива газовому і електричному котла, його основний принцип роботи заснований на творі тепла. Тепло він не виробляє, а бере енергію повітря з вулиці і землі і поставляє в теплому вигляді її в приміщення. Такий насос відмінно замінює в своєму роді кондиціонер, обігрівач і котел. Використання такого насоса дешевше ніж газовий і електричний котел в 3 рази. Особливо актуально його використовувати якщо будинок оснащений водяною теплою підлогою і низькотемпературними радіаторами;
- дерев'яний котел сучасного виробництва, що працює на палетах, дрібному твердому паливі і деревних гранулах.

Дров'яний котел добре використовувати в будинках з великим споживанням газу або ж при його відсутності.

Застосування сучасних енергозберігаючих технологій дозволяє максимально створити енергоефективний будинок з низькими мінімальними витратами.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						13

РОЗДІЛ 1

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ БУДИНОК

1.1. Визначення та створення пасивного будинку.

1.1.1 Історія пасивного будівництва.

Історія пасивного будівництва розпочинається в травні 1988 року, коли Вольфганг Файст та Бо Адамсон поставили перед собою ціль – визначити фактори, які б дозволили підвищити енергоефективність будівель та встановити чіткі критерії енергозбереження. Спираючись на свої дослідження, і за допомогою архітекторів Ботт і Ріддер, вони розпочали в 1991 році будівництво в Дармштадті/Німеччина першого в світі пасивного будинку. Саме цей проект став прикладом будівництва майбутнього – високоефективний будинок з найвищим рівнем комфорту та мінімальним споживанням енергії. І протягом чверті століття даний блокований будинок для чотирьох родин демонструє високу енергоефективність, зберігаючи річне споживання енергії на рівні до 15 кВт·год/м² [1].

Не дивлячись на дешевші ціни енергії в Україні по відношенню до європейських, також потрібно йти до подібних стандартів. Пасивні будинки дуже комфортні та екологічні. В них автоматично підтримується оптимальна температура, вологість та чистота повітря. Для будівництва використовують екологічно коректні матеріали: дерево, каміння, цеглу.

Пасивний Будинок – це будівля, що об’єднує в собі неперевершений комфорт та надзвичайно низьке споживання енергії. Професійний дизайн та якісні матеріали, ефективні вікна та вентиляція з рекуперацією є важливими елементами всіх об’єктів пасивного будівництва. Зовнішній вигляд пасивного будинку може мало чим відрізнятись від стандартних навколишніх будівель, адже технологія пасивного будинку описує стандарт енергоефективності, а не метод будівництва.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					14

Пасивний будинок повинен відповідати цілі проекту – мінімальне енергоспоживання та максимальний комфорт, а вибір форми в якій це буде реалізовано залежить від побажань замовника та бачення архітектора. Сьогодні, стандарти пасивного будівництва використовуються для різноманітних типів будівель – приватні оселі, офіси, школи, дитячі садочки, спортивні зали, супермаркети, готелі та криті басейни.

1.1.2 Стандарт Пасивного Будинку.

Стандарт Пасивного Будинку – стандарт якості – не встановлює ніяких особливих методів будівництва. Архітектори можуть проєктувати пасивні будинки відповідно до власних уподобань, застосовуючи монолітні, дерев'яні, збірно-щитові чи композитні конструкції. Навіть виробники збірних будинків пропонують конструкції, придатні для пасивних будинків. Вирішальними факторами при виборі типу конструкцій, які мають важливе значення для реалізації високоякісного проєкту, є попередній досвід керівника та фахівців-проєктувальників, а також вимоги клієнтів.



Рис.1.1 Системи стін для пасивних будинків

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					15

У деяких випадках суттєве значення мають наступні чинники:

- В разі високої ціни на ділянку землі під будівництво пасивного будинку, наприклад, у межах густозаселеного міста, економічно виправданим і пріоритетним є використання легких конструкцій, принаймні для зведення зовнішніх стін;
- У будинках з особливо високим навантаженням опалення слід використовувати переважно масивні будівельні матеріали для запобігання дуже швидкому нагріванню приміщень протягом доби.

При будівництві пасивного будинку з масивних неізольованих конструкцій (наприклад, стін з вапняного піщаника або залізобетону) в якості їх ізоляції використовуються зовнішні ізоляційні оздоблювальні системи EIFS (Exterior insulation finishing system) з полістиролу (теплопровідність від 0,032 до 0,04 Вт/м·К або мінеральна вата (теплопровідність 0,04 Вт/м·К. Іноді виконується кладка з ізолюючого каменю, наприклад, пористого бетону. Як правило, товщина ізоляції EIFS становить від 200 до 300 мм. Шар ізоляції може бути включений в одношарову конструкцію товщиною до 400 мм. Нещодавно на ринку з'явилися монолітні блоки з пористого бетону або цегли, але на даний момент вони рекомендовані тільки для верхньої межі діапазону U-значень пасивних будинків.

У дерев'яних конструкціях часто застосовуються пресовані з фанери Т- балки, таким чином можна скорочувати частку теплових містків через деревину. Водночас використовуються й масивні дерев'яні конструкції, що сприяє реалізації проєктів більш широким колом майстрів. Для зменшення теплових містків нерідко використовуються змішані шари або комбінації з EIFS. Очевидно, що загальна товщина ізоляційного шару в цих конструкціях буде знаходитись в межах від 300 до 400 мм.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						16

Так само поширеними є композитні конструкції з масивних несучих елементів (армованого залізобетону або залізобетонного каркасу з компонентами зовнішніх дерев'яних панелей. Ці конструкції уніфіковані, що дозволяє скоротити час будівництва.

Бетоно-цегляні опалубки з полістиролу або полістиролбетон (PS) з керамзитом використовуються, в основному, для приватних будинків. Набувають все більшого поширення панельні стіни з вакуумною ізоляцією плівкою або сталевими пластинами. Але у зв'язку зі складною технологією їх виготовлення й, відповідно, контролю якості, вони дуже дорогі. Для стін пасивних будинків підходять навіть класичні сталеві конструкції.

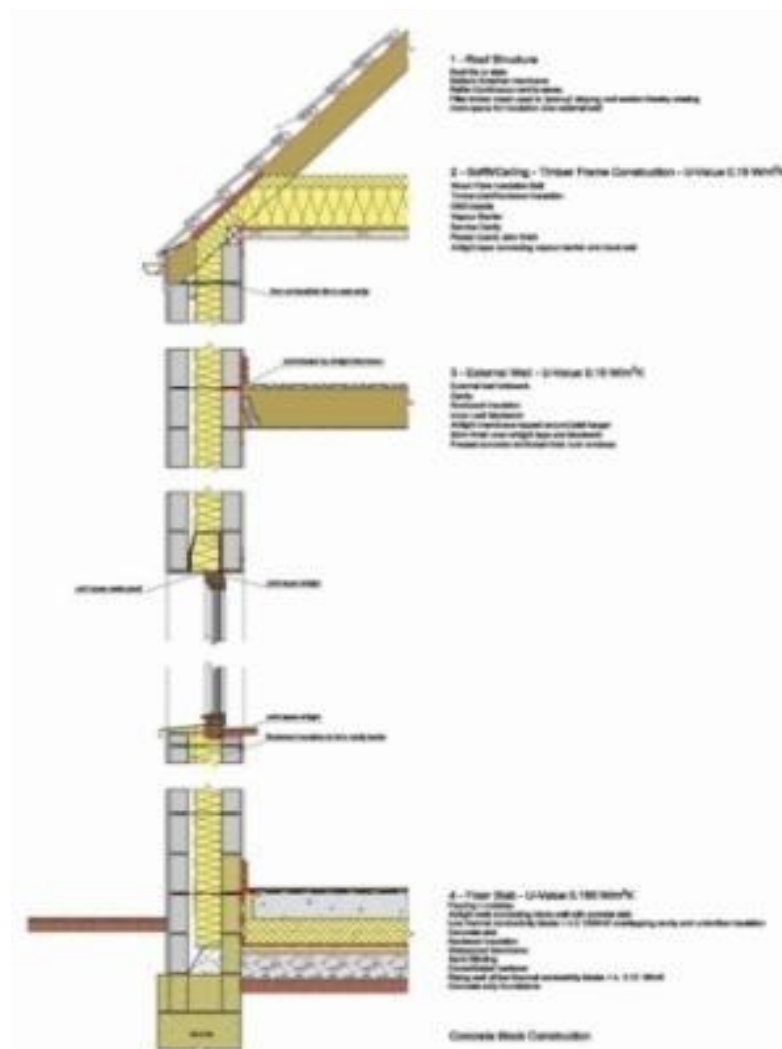


Рис.1.2 Приклад конструкції пасивного будинку

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					17

1.1.3 Визначальні складові пасивного будинку.

Пасивний будинок є не тільки енергетичним стандартом, але й цілісною концепцією забезпечення високого рівня комфорту.

Точне визначення пасивного будинку формулюється наступним чином:

Пасивний будинок – це будівля, в якій тепловий комфорт (ISO 7730) досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву (або охолодження) маси свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції [1].

Пасивний будинок потребує всього 10% енергії, яка використовується типовими будівлями Центральної Європи, тобто економія енергії становить близько 90% . Власників пасивних будинків мало непокоїть підвищення цін на енергоносії. При цьому слід враховувати, що додаткові потреби енергії можуть повністю задовольнятися за рахунок відновлювальних джерел.

Пасивний Будинок не є торговою маркою, це будівельна концепція, яка відкрита для всіх!

Визначальні елементи пасивного будинку.

Пасивний Будинок поєднує в собі високий рівень комфорту з дуже низьким споживанням енергії. Його визначальними елементами є пасивні компоненти, такі як енергетично ефективні вікна і високий рівень ізоляції та рекуперації тепла.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						18

П'ять важливих технологічних складових пасивного будинку:

1. Теплоізоляція виключно високого рівня;
2. Добре ізольовані віконні рами з потрійним низько емісійним склом;
3. Конструкції без теплових містків;
4. Герметична зовнішня оболонка будівлі;
5. Комфортна вентиляція з високою ефективністю рекуперації тепла.



Рис.1.3 Важливі складові пасивного будинку

Нижче наведені основні вимоги до пасивного будинку:

- Пасивні будинки споживають менше 15 кВт/(м²/рік) енергії для опалення або охолодження житлової площі
- Навантаження опалення/охолодження обмежене до 10 Вт/м².

- Використання первинної енергії не може перевищувати 120 кВт/м².
- Пасивні будинки повинні бути герметичними з обмеженими нормами повітрообміну $n_{50} = 0,6 \text{ год}^{-1}$.
- У більш теплому кліматі та/або протягом літніх місяців частота перегрівання не перевищує 10% (температура в приміщеннях понад + 25 °C) .

Розробка проектів та будівництво Пасивних Будинків не є складним процесом . Але, як і будь-яка інша діяльність, вони потребують ґрунтовних знань. Архітектори, інженери та фахівці будівельної галузі мають достатньо професійних знань та практичного досвіду. Будь-які додаткові знання та практичний досвід, необхідні для проектування та будівництва Пасивних Будинків, за бажання, можна набути з помірними зусиллями.

З метою сприяння практичній реалізації цього процесу Інститут Пасивного Будинку (Німеччина) ввів додаткові кваліфікації: «Сертифікований Проектувальник Пасивного Будинку» та «Сертифікований Консультант Пасивного Будинку». Ці кваліфікації захищаються та є доступними тільки для кваліфікованих спеціалістів.

Право на їх отримання можна здобути двома способами:

1. Шляхом проходження письмового іспиту згідно з існуючими законами.
2. Через документальне узаконення вже збудованого Пасивного Будинку, який був сертифікований Інститутом Пасивного Будинку (Німеччина), або через сертифікацію завершеної реконструкції будівлі (стандарт EnerPHit), якщо конкретний фахівець несе відповідальність за її планування.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						20

Головні критерії для планування Пасивного Будинку.

Стандарт Пасивного Будинку – це якість, комфорт та енергоефективність. Завдяки доступності свого опалення та кондиціонування, Пасивні Будинки вимагають дуже мало енергії для досягнення комфортної температури протягом всього року. Одночасно із забезпеченням чудового комфорту, зовнішня оболонка Пасивного Будинку також захищає конструктивні компоненти будівлі.

Ключовим при цьому є використання конструктивних компонентів високої якості. Але просте використання компонентів Пасивного Будинку не робить будівлю Пасивним Будинком. Критично важливе значення для задоволення Стандарту Пасивного Будинку має ретельне планування взаємодії між цими компонентами.

Головний інструмент для планування Пасивного Будинку – програма «Пакет Планування Пасивних Будинків РНРР» допомагає проектувальникам визначити, чи буде ретельно, з дотриманням усіх вимог спроектована будівля відповідати наступним критеріям Стандарту Пасивного Будинку:

- Питоме споживання енергії на опалення будівлі ≤ 15 кВт год/(м²/рік), або навантаження опалення ≤ 10 Вт/м².
- Питоме споживання енергії на охолодження будівлі ≤ 15 кВт год/(м²/рік).
- Щорічний період перегріву (температура в приміщенні вище 25°C) $\leq 10\%$.
- Результат тесту на герметичність $n_{50} \leq 0,6$ год-1 зміни повітря.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						21

- Загальний попит на первинну енергію ≤ 120 кВт/(м²/рік).

1.1.4 Огляд сучасних матеріалів переваги і недоліки для будівництва енергопасивного будинку.

Енергоефективність - основна характеристика будинків від Evrodim.

Застосована нами технологія будівництва дозволяє комфортно почуватися в будинку за будь-якої погоди. Досягається така зручність за рахунок матеріалів, які ми використовуємо при зведенні будинків, SIP-панелі та газоблок.



Рис.1.4 SIP-панелі

Міцність, тепло, швидкість та екологічність - такими словами варто описати SIP-панель. Будинки, зведені за такою технологією, характеризуються високим рівнем теплоізоляції. І взимку, і влітку в такому домі буде комфортна температура.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						22

Будинок із SIP-панелей зводиться досить швидко 1,5 - 2 місяці. І все це завдяки використанню канадської технології (SIP). Він міцний та надійний. А термін його служби становить більше 80 років.

Разом з тим, дім побудований із сендвіч-панелей, є екологічним. Часто технологію SIP називають – зеленим будівництвом. Екологічність таких будинків проявляється і в матеріалі, який використовується при будівництві (95% SIP-панелі – дерев’яні тріски та натуральні смоли для склеювання OSB-плит і пінополістиролу), і в турботі про навколишнє середовище в будівництві не використовується важка техніка, яка забруднює повітря, та залишається мінімум будівельних відходів.



Рис.1.5 Будинок із SIP-панелей

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						23

ГАЗОБЛОК



Рис.1.6 газоблок

Описати газоблок, як будівельний матеріал, можна такими словами: тепло, зручність, економія та довговічність.

Спеціальна пориста структура цього матеріалу (він на 70% складається з повітря) зберігає тепло в домі. Завдяки такій теплоізоляції, власники будинку платитимуть за комунальні послуги значно менше.

Будинок з газоблоку, без перебільшення, є довговічним, міцним та надійним. Якщо ви своєчасно та регулярно доглядатимете за ним, то він добросовісно прослужить 80-100 років. Такий дім не боїться дощу, снігу, морозів та інших несприятливих погодних умов.

Цей матеріал зручний в обробці та укладанні. Таким чином, ваш дім буде збудований легко та швидко. І як результат - гарний, якісний та надійний будинок.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						24



Рис.1.7 будинок з газоблоку

Етапи зведення енергоефективного будинку.

Енергоефективні будинки з SIP-панелей та газоблоку мають такі ж самі етапи будівництва, як і звичайні цегляні. Але термін реалізації кожного з них значно коротший. Тож в результаті ваш дім буде набагато теплішим та зведеним швидше.

1. Проектування.

Щоб перейти до наступного етапу, вам потрібно визначитись з кількістю поверхів, площею та плануванням будинку. Ми пропонуємо 12 типових проектів будинків одно- та двоповерхові площею від 63 м² до 219 м². Кожен із них має свої переваги. Також працюємо з індивідуальними проектами, задовольняючи потреби кожної родини.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						25

2. Закладення фундаменту.

Фундамент – опора, надійність та довговічність вашого будинку. Цей етап є одним з найважливіших у будівництві. Фахівці компанії Evrodim, закладаючи фундамент по всім нормам та правилам, забезпечують вашому майбутньому будинку багаторічну службу.

3. Зведення стін.

Стіни енергоефективного будинку мають зберігати тепло та бути міцними. Для зведення – коробки дому ми використовуємо SIP-панелі та газоблок. Ці матеріали є надійними та швидкі у будівництві.

4. Покрівля даху.

Естетичний, практичний та довговічний матеріал для покрівлі даху - це металочерепиця. Наша компанія якраз її і використовує. За рахунок утеплення даху (ці роботи також ми виконуємо) ви почуватимете себе комфортно.

5. Установка дверей та вікон.

Обличчя вашого дому - двері та вікна. Важливо, щоб вони були якісні та надійні. Їхня основна функція - зберігати тепло. Ми використовуємо металопластикові вікна з подвійними склопакетами та металеві вхідні двері.

6. Оздоблювальні роботи.

Це завершальний етап у будівництві. Його місія - надати споруді привабливого та довершеного вигляду. Крім естетики, оздоблення будинку служить його захистом від корозії та погодних руйнувань.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						26

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Таким чином, пасивний будинок – це хороша інвестиція: саме так розкривається будівля, не завдає шкоди навколишньому середовищу та робить величезні заощадження на опаленні та електроенергії в майбутньому. Однак перед тим, як вирішити спорудити типовий чи пасивний будинок, потрібно провести детальний розрахунок (який наведений у розділах 2-5), оскільки, за приблизними підрахунками, енергоефективний будинок коштуватиме в середньому на 100 000 гривень дорожче.

З точки зору зниження витрат можна розглянути варіант, при якому енергоефективність знижується приблизно до 50-70 кВт·год/м² на рік, але такий захід значно зменшить витрати на будівництво. У сучасній економічній ситуації таке рішення є одним із найвигідніших.

Беручи до уваги тенденції поширення використання пасивних енергетичних продуктів за європейським стандартом, ми обчислимо енергоефективний будинок у цегли, який використовує (частково) відновлювані джерела енергії (для освітлення, гаряче водопостачання та горіння). Для роботи електричних пристроїв використовується електрична мережа.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						27

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Опис побудови.

Будівля, що буде розраховуватись знаходяться в м. Тальне Черкаська обл. Щоб розрахувати будівлю, прийняті наступні погодні параметри, які внесені до табл. 2.1 [8].

Таблиця 2.1 – Вихідні параметри для розрахунку теплових навантажень.

Ср. річна °C	Абсолютний min	Абсолютний max	Ср. °C max за найбільш спекотний місяць	Ср. °C max за найбільш холодний місяць	Ср. °C max за найбільш холодні 5 днів	Середньодобова температура Повітря		Ср. °C за найбільш холодний період
						Тривалість опалювального періоду, діб	Ср. °C	
+7,7	- 34	+ 39	+ 30	- 11	- 22	176	- 1,1	- 25

Порахуємо системи теплопостачання двоповерхового будинку. Цей будинок має два поверхи, підвальні приміщення та масандру. Для будівництва фундаменту будинку (який будується на ущільненому ґрунті) були використані такі елементи: підготовка бетону, екструдованого пінополістиролу, стяжка з цементно-піщаної суміші та мощена плитка. Перегородка між поверхами виконана: вапняно-піщаний розчин, валковий дерев'яний щит, пароізоляція, сухий прожарений пісок, повітряний зазор, колоди та дошки. Перегородка між другим поверхом та Масандрою зроблена: написання з вогнестійкого гіпсокартону, пароізоляційного сентиментального, мінеральної вати та водовідштовхувальної вітрозахисної синтетичної плівки.

Стіни будинку були побудовані з таких матеріалів: внутрішня штукатурка, несуча цегляна стіна, екструдований полістирол та облицювальна цегла.

Таблиця 2.2 – Розрахункові геометричні характеристики будівлі.

№ поверху	Площа, м ²	Розмір вікон, м	Кількість вікон, шт.	Площа вікон, м ²	Розмір дверей, м	Кількість дверей, шт.	Площа дверей, м ²	Висота поверху, м
1-й	77.3	1,8x1,7	2	3,06	1,7x2,1 1.1x2 2.8x2,4	2 1 2	3,57 2.2 6,72	2,6
		1,3x0,9	3	1,17				
		0,86x0,8	1	0,68				
		0,5x0,4	2	0,2				
2-й	71	1,97x1,6	1	3,15	-	-	-	2,5
		1,37x0,8	3	1,096				
		0,47x0,3	2	0,141				

2.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень.

2.2.1 Визначаємо термічний опір конструкції.

Визначаємо термічний опір будівельної оболонки (R_o), товщину ізоляції та коефіцієнт тепловіддачі (K).

Під час розробки проекту необхідно приділяти велику увагу дизайну зовнішніх огорож та оцінці їх термічного опору. Правильно обрана конструкція огорожі та її термостійкість R_o суворо виправдані, забезпечують, з одного боку, необхідний мікроклімат, тобто санітарно-

гігієнічні умови, необхідні для перебування людини в приміщеннях будівлі розрахована, по-друге, рентабельність завдання. Розрахунок проводиться за стандартами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [9] з прийнятим доповненням. Згідно з додатком, при реконструкції будинку або капітального ремонту для міст у першій зоні розрахований тепловий опір не повинен бути меншим, ніж необхідний тепловий опір. У цьому випадку ми приймаємо термічний опір, необхідний для зовнішньої стіни = $2,1 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$, горищний поверх = $2,4 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$, підлога = $2,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

Як відомо, опір теплопередачі корпусу дорівнює сумі теплових опорів, вони долають тепловий потік під час переходу від одного середовища до іншого.

Таблиця 2.3 – Зовнішня поверхня огорожувальної конструкції.

Зовнішня поверхня огорожувальної конструкції	α_H
1. Для горищних підлог і неопалюваних підвалів з отворами для світла в стінах, а також зовнішніх стін з повітряним зазором	12
2. Для перекриття над неопалювальним підвалом без настінних отворів, розташованих над рівнем землі та над неопалюваними технічними підвалами, розташованими нижче рівня землі	6
3. Для зовнішніх стін, покриттів, стель на проходах і в холодному підвалі (без огорожувальних стін) в Пн кліматичній зоні	23
4. Для стелі в холодних підвалах (є вихід зовнішнього повітря), стелі в холодному підвалі (з навколишніми стінами) і холодних підлог в Пн кліматичній зоні	17

Термічний опір огорожень визначають за формулою:

$$R_o = R_b + \Sigma R_i + R_{b.п.} + R_H \cdot (m^2 \cdot ^\circ C / Bt) \quad (2.1)$$

де: $R_b = 1/\alpha_b$ опір тепло сприйняттю внутрішньої поверхні (α_b – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, що огорожують, $8,7 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

$\Sigma R_i = \lambda_i/\delta_i$ – загальний термічний опір всіх матеріальних шарів охолодження

(λ_i – теплопровідність і δ_i – товщина шарів), $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{b.п.}$ – термічний опір замкнутого повітряного прошарку, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

$R_H = 1/\alpha_H$ – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні (таблиця 2.3), $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$$R_o > R_{тр.} \quad (2.2)$$

Коефіцієнт тепловіддачі (K) – обернений тепловий опір (R_o) і визначається за формулою:

$$K = 1/ R_o \quad (2.3)$$

Тепловий опір вікон будинку приймається відповідно до призначення будівлі та різниці температур. Пропонується прийняти склопакет.

Коефіцієнт тепловіддачі вікна визначається формулою:

$$K_{вік} = 1/ R_{вік} \quad (2.4)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						31

де: $R_{\text{вік}}$ – термічний опір вікна, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{ст}}$ – термічний опір огорожувальної стіни, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Таблиця 2.4 – Термічні опори (R_o) вікон.

Заповнення світового отвору	R_o
1. Вікно з двоспальним склом	0,5
2. Двокамерний склопакет з віконним відбиттям	0,76
3. Склопакети в пластикових або дерев'яних кріпленнях	0,42
4. Двошаровий склопакет в дерев'яних або пластикових перев'язках	0,53

Так само коефіцієнт тепловіддачі вікон визначає коефіцієнт тепловіддачі зовнішніх дверей. Проект прийняв подвійні зовнішні двері та двоє одинарних.

Згідно ДБН В.2.6-31:202, тепловий опір дверей повинен бути не менше $0,6 R_{\text{тр}}$ від зовнішньої стіни.

Термічний опір для утеплених підлог ($R_{y.n}$) визначають з виразу:

$$R_{y.n} = R_{n.n} + \Sigma(\delta_{y.c.} / \lambda_{y.c.}) \quad (2.5)$$

де: $\Sigma(\delta_{y.c.} / \lambda_{y.c.})$ – сума термічних опорів шарів, що утеплюють;

$R_{n.n}$ – умовне значення термостійкості теплопередачі 1, 2, 3 та 4 зон неізолюваних підлог на лагах становить відповідно $R1 = 2,0 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R2 = 4,2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R3 = 8,5 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R4 = 14,1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					32

Розраховуємо товщину ізоляції, тепловий опір і коефіцієнт тепловіддачі для перекриття даху. Дані прошарки дахового перекриття наведені у таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Вид шарів огородження.

№ п\п	Вид шару огородження.	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \text{Вт/ м}^\circ\text{С}$
1	залізобетонна плита	0,21	1,91
2	утеплювач «ROOFROCK 30 E»	X	0,0369
3	теплоізоляція	0,01	0,16

1) Розраховуємо товщину утеплювача «ROOFROCK 30 E» [10] з формули термічного опору огорожувальних конструкцій:

$$R=R_{\text{тр.}}= 1/\alpha_b + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_H \quad (2.6)$$

$$2,4 = 1/8,7 + 0,21/1,91 + X/0,0369 + 0,01/0,16 + 1/12 \quad (2.7)$$

$$x = 0,088$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_x = 0,09\text{м}$.

2) Знаходимо термічний опір:

$$R_o = 1/8,7 + 0,21/1,91 + 0,09/0,0369 + 0,01/0,16 + 1/12 = 2,81 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт} \quad (2.8)$$

$$R_o > R_{\text{отр.}} \quad 2,81 > 2,4 \quad (2.9)$$

3) Розраховуємо коефіцієнт теплопередачі дахового перекриття за формулою:

$$K = 1/ R_o = 1/2,81 = 0,356 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт} \quad (2.10)$$

Визначаємо товщину ізоляції, тепловий опір і коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої стінки. Ці шари зовнішньої стінки показані в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6 – Види шарів огороження.

№п/п	Вид шару огороження	δ , м	λ , Вт/ м °С
1	стіна з глиняної цегли	0,4	0,51
2	утеплювач "ISOVER Akuplat+"	X	0,037
3	теплоізоляційний шар	0,19	0,04
4	плити з гіпсу	0,04	0,34

1) Розраховуємо товщину утеплювача "ISOVER Akuplat+" [11] з формули термічного опору конструкцій, що огорожують:

$$R=R_{\text{тр.}}= 1/\alpha_b + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_H \quad (2.11)$$

$$2,1 = 1/8,7 + 0,4/0,51 + X/0,037 + 0,19/0,04 + 0,04/0,34 + 1/23 \quad (2.12)$$

$$x = 0,03$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_x = 0,032$ м.

2) Знаходимо термічний опір:

$$R_o = 1/8,7 + 0,4/0,51 + 0,032/0,037 + 0,19/0,04 + 0,04/0,34 + 1/23 = 6,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.13)$$

$$R_o > R_{\text{отр.}} \quad 6,67 > 2,1 \quad (2.14)$$

3) Визначаємо коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни за формулою:

$$K = 1/ R_o = 1/6,67 = 0,149 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.15)$$

Визначаємо товщину утеплювача, термічний опір і коефіцієнт теплопередачі для підлоги. Дані прошарки підлоги наведені в таблиці 2.7:

Таблиця 2.7 – Види шару огородження.

№п/п	Вид шару огородження	δ , м	λ , Вт/ м °С
1	лінолеум	0,02	0,6
2	залізобетонна плита	0,21	1,92
3	утеплювач мінвата “Isover KT-40” [12]	X	0,040

1) Визначаємо товщину утеплювача:

$$R=R_{тр.}= 1/\alpha_b + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_H \quad (2.16)$$

$$2,2 = 1/8,7 + 0,02/0,6 + 0,21/1,92 + X/0,040 + 1/6 \quad (2.17)$$

Приймаю товщину утеплювача $\delta_x=0,07$ м.

2) Знаходимо термічний опір чотирьох зон за формулою:

$$R_{під} = R_{нп} + \Sigma \delta_n / \lambda_n \quad (2.18)$$

де $R_{нп}$ – термічний опір не утепленого полу по зонам.

$$R_{під1} = 2 + 0,02/0,6 + 0,07/0,040 = 3,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.19)$$

$$R_{під2} = 4,2 + 0,02/0,6 + 0,07/0,040 = 5,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.20)$$

$$R_{під3} = 8,5 + 0,02/0,6 + 0,07/0,040 = 10,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.21)$$

$$R_{під4} = 14,1 + 0,02/0,6 + 0,07/0,040 = 15,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.22)$$

Термічний опір повинен вдовольняти формулу:

$$R_{під} > 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (2.23)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						35

3) Визначаємо термічний опір полу розташованого на лагах по формулі:

$$R_{\text{під.лаг.}} = R_{\text{під.}} / 0,85 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.24)$$

$$R_{\text{під.лаг.1}} = 3,78/0,85 = 4,45 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.25)$$

$$R_{\text{під.лаг.2}} = 5,98/0,85 = 7,04 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.26)$$

$$R_{\text{під.лаг.3}} = 10,28/0,85 = 12,11 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.27)$$

$$R_{\text{під.лаг.4}} = 15,88/0,85 = 18,68 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.28)$$

4) Визначаю коефіцієнт тепловіддачі вікна з термічним опором вікна $0,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

$$K_{\text{вік.}} = 1/R_{\text{вік.}} \quad (2.29)$$

$$K_{\text{вік.}} = 1/0,56 = 1,78 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.30)$$

2.3 Визначення втрат тепла в приміщеннях.

Щоб правильно вибрати обігрівачі в приміщенні, потрібно знати його втрати тепла. Тому розрахунок втрат тепла є одним з головних етапів проектування системи опалення.

Для розрахунку використовуються такі дані: плани із зазначенням призначення приміщень, орієнтація будинку в кардинальних точках, призначення кожної кімнати, місце будівництва будинку, розрахунок теплотехніки зовнішніх огорож. Всі нагріті деталі на плані позначаються порядковими номерами за годинниковою стрілкою.

Витрата тепла приміщень через конверт будівель визначається додаванням основних та додаткових втрат. Основні тепловтрати $Q_{\text{осн.}}$ приміщень встановлюють за формулою:

$$Q_{\text{осн.}} = F \cdot k \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot (1 + \beta) \cdot n, \text{ кВт} \quad (2.31)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					36

де F – площа будівлі, через яку відбуваються втрати тепла, м^2

k – коефіцієнт тепловіддачі оточуючої конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$t_{\text{в}}$ – температура розрахунку повітря в приміщенні, $^\circ\text{C}$ (для житлових кімнат 20°C , для віталень та кухні 18°C , для сходів 16°C);

$t_{\text{з}}$ – розрахована зовнішня температура, $^\circ\text{C}$ (для горища 9°C);

β – додаткові втрати тепла (для будівель з одним і двома поверхами $\beta = 0,2$, а для верхніх поверхів – $\beta = 0,1$)

p – поправочний коефіцієнт з урахуванням положення огорожі на зовнішньому повітрі (для приміщень $p = 1$, для горища $p = 0,9$).

Замінюючи отримані дані, ми отримуємо розрахункове тепло, яке витрачається через окремі огорожувальні конструкції:

Витрати зовнішніх несучих стін:

$$Q_{\text{осн.1}} = 145 \cdot 0,149 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,951 \text{ кВт} \quad (2.32)$$

Витрати віконних блоків:

$$Q_{\text{осн.2}} = 18,435 \cdot 1,1 \cdot 1,78 \cdot (18 - 9) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ кВт} \quad (2.33)$$

Витрати дверей:

$$Q_{\text{осн.3}} = (4 \cdot 2 + 6 \cdot 1) \cdot 0,6 \cdot (20 - (-22)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,388 \text{ кВт} \quad (2.34)$$

Сума втрат теплоти становитиме:

$$\Sigma Q_{\text{осн.}} = Q_{\text{осн.1}} + Q_{\text{осн.2}} + Q_{\text{осн.3}} = 0,951 + 0,36 + 0,388 = 1,699 \text{ кВт} \quad (2.35)$$

Теплота втрачена горищем:

$$Q_{\text{гор.}} = 267,08 \cdot 0,357 \cdot (18 - 9) \cdot (0,9 + 0,1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,858 \text{ кВт} \quad (2.36)$$

При розрахунку втрат тепла з приміщень обчислюється поверхня зовнішніх і внутрішніх огорож (з точністю $0,1 \text{ м}^2$) з дотриманням правил вимірювання парканів за планами та секціями будинку.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					37

Ці правила враховують складність передачі тепла на межах огорож, передбачаючи умовне збільшення чи зменшення поверхні, щоб відповідати фактичним тепловтратам.

Для визначення площі зовнішніх стін вимірюють (з точністю до $0,1 \text{ м}^2$):

На планах - довжина стінок кутових шматків уздовж зовнішньої поверхні кутів поза осями внутрішніх стін, некутні шматки - між осями внутрішніх стін;

По секціях - висота стін першого поверху від нижнього рівня підготовки ґрунтової структури на колодах до чистого рівня землі другого поверху; на проміжних поверхах - від поверхні підлоги до поверхні підлоги над землею; на верхньому поверсі - від поверхні землі до верхньої частини горищної підлоги.

Для розрахунку площі внутрішніх стін вимірюємо:

На планах - довжина стін від внутрішньої поверхні зовнішніх стін до осей внутрішніх стін між осями; в секціях - висота стін від поверхні землі до поверхні стелі.

Площа вікон та дверей визначається найменшими розмірами отворів будівлі.

Крім вертикальних огорожувальних конструкцій, втрата тепла досягається також через горищний поверх на третьому поверсі та підлогу на першому поверсі. У проекті курсу наверх, будинки ізольовані, розташовані на зсувах. Втрати тепла через підлоги визначаються смугами шириною 2 м паралельно зовнішнім стінам. Чим ближче смуга до зовнішньої стінки, тим нижче тепловий опір тепловіддачі. Ділянка $2 \times 2 \text{ м}$, що прилягає до зовнішнього кута, рахується двічі. Умовна величина термічного опору теплопередачі 1,2,3 і 4 зон не утеплених підлог на лагах складає відповідно: $R_1 = 2,0 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$, $R_2 = 4,2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$, $R_3 = 8,5 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$, $R_4 = 14,1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					38

Тепловтрати в підлогах на лагах розраховують за формулою:

$$Q_{\text{під}} := \sum_{i=1}^n \frac{F}{R_i} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_3)}{1.18} \quad \text{кВт} \quad (2.37)$$

де F_1, F_2, F_3 - площі зон, м;

R_1, R_2, R_3 - термічні опори окремих зон, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$.

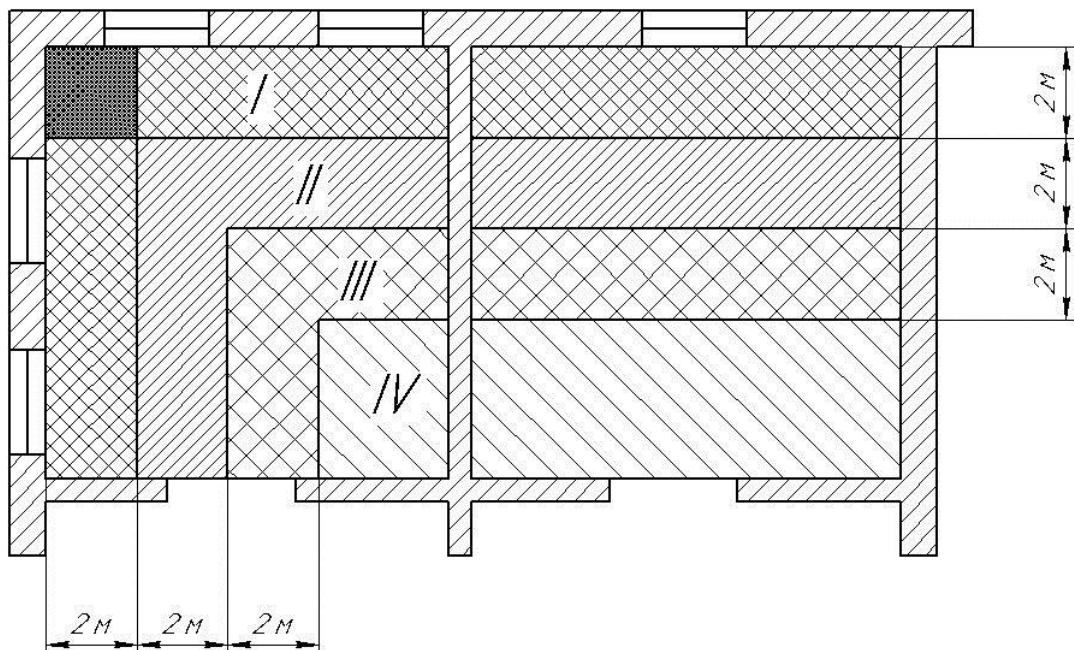


Рис. 2.1 Схема зон для визначення втрат крізь підлогу.

$$Q_{\text{під}} = \sum 111,2/7,2 \cdot (16-9)/1,18 = 91.62 \text{ кВт} \quad (2.38)$$

До додаткових втрат тепла відносяться: орієнтація приміщень щодо кардинальних точок, наявність двох або більше зовнішніх стін, проникнення зовнішнього повітря в приміщення через протікання з будівельних конструкцій (прогалини у тамбурах вікна, дверей), до зовнішніх дверей, які не обладнані повітряними або повітряними шторами. Додатково до орієнтації парканів у кардинальних точках береться для всіх вертикальних і похилих зовнішніх огорож (проектується на вертикаль), що виходять на північ, схід, північний схід та північний захід у 0,10, захід і південний схід-0,05, південь і південний захід-0.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					39

Додаткові втрати на зовнішні двері, які не обладнані повітряними або повітряно-тепловими шторами, висотою будівлі N , м: для подвійних дверей з тамбуром між ними - $0,27 \cdot N$; для подвійних дверей без тамбура - $0,34 \cdot N$, для одномісних - $0,22 \cdot N$.

Коефіцієнт наявності двох або більше зовнішніх стін враховується за рахунок збільшення розрахункової внутрішньої температури на 2°C у кутових приміщеннях будинку.

Для приміщень, які обігріваються вікнами $F_{\text{під}} = 19,176 \text{ м}^2$, втрати тепла для нагрівання проникного повітря визначаються за формулою:

$$Q_{B1} = 0,337 \cdot F_{\text{під}} \cdot N \cdot (t_b - t_3) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2.39)$$

$$Q_{B1} = 0,337 \cdot 19,176 \cdot 2,8 \cdot (18 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 0,724 \text{ кВт} \quad (2.40)$$

де: N – відстань від підлоги до стелі, $N = 2,8$, м;

Втрати тепла внаслідок нагрівання зовнішнього повітря, що надходить через зовнішні вікна в холодну пору року за відсутності повітряних штор, обчислюються за формулою:

$$Q_{B2} = 0,6 \cdot (N + 0,8 \cdot p) \cdot (t_b - t_3), \text{ кВт} \quad (2.41)$$

$$Q_{B2} = 0,6 \cdot (2,8 + 0,8 \cdot 5) \cdot (18 - (-22)) = 163,2 \text{ кВт} \quad (2.42)$$

де: p – орієнтовна кількість людей, яка знаходиться в приміщенні, $p = 5$, чол.

Тепловий внесок людей в холодну пору року обумовлений вільним теплом і визначається формулою:

$$Q_{\text{л}} = q_i \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \quad (2.43)$$

де: q_i – виділення теплоти від людини, $q_i = 90 \text{ Вт}$;

n – кількість людей, $n = 5$, чол.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						40

$$Q_{\text{л}} = 90 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,45 \text{ кВт} \quad (2.44)$$

Теплові надходження від електричного освітлення $Q_{\text{ел}}$, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ел}} = J \cdot F \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \quad (2.45)$$

де: J – розрахункова питома потужність, $J = 5 \text{ Вт/м}^2$

F – площа приміщення, м^2 .

$$Q_{\text{ел}} = 5 \cdot 111,2 \cdot 10^{-3} = 0,556 \text{ кВт} \quad (2.46)$$

Дані підставляємо в формулу, і розраховуємо теплову потужність опалення:

$$Q_o = 0,951 + 0,858 + 91,62 + 0,388 + 0,556 + 6,301 - (3,15 - 5,9) = 103,424 \text{ кВт} \quad (2.47)$$

Загальну теплову потужність ΣQ_o , розраховуємо за виразом:

$$\Sigma Q_o = K_z \cdot Q_o = 1,1 \cdot 103,424 = 113,77 \text{ кВт} \quad (2.48)$$

де: K_z – коефіцієнт запасу, $K_z = 1,1$.

В інших будівлях обчислюємо теплоємність методом теплоємності, розрахованим за сукупними показниками, результати наведені в таблиці 2.9.

Обчислення споживання тепла для багатоповерхових будинків для опалення обчислюється за формулою:

$$Q_o := K \cdot \sum_{i=1}^n (q_i - F_i) \cdot 10^{-3} \quad \text{кВт} \quad (2.49)$$

$$Q_o = 1,15 \cdot \sum (120 - (-267,08)) \cdot 10^{-3} = 0,445 \text{ кВт} \quad (2.50)$$

де: K – коефіцієнт будівельних матеріалів, для цегляної кладки $K = 1,15$;
 q_i – питоме навантаження поверху, Вт/м² (довідникове значення);
 F_i – площа поверху будівлі, м².

2.4 Розрахунок, скільки тепла можна отримати від електричних пристроїв та інших джерел тепла.

Ми визначаємо енергію, яку можна отримати від мешканців будинку та електроприладів:

У будинку проживатиме четверо сімей: двоє дорослих та двоє дітей. Норма харчування для дорослої людини – від 2600 до 3000 калорій на день, що еквівалентно калорійності в 126 Вт. Тепловіддача дитини оцінюватиметься в половині тепловіддачі у дорослої людини. Мешканці будинку проводять в середньому 2/3 від загального часу в будинку. Відповідно до вищенаведених даних, обчислюємо потужність тепловіддачі, $Q_{\text{виділ.м}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.м}} = 2 \cdot 126 = 252 \text{ Вт} \quad (2.51)$$

Таблиця 2.8 – Вихідні дані для розрахунку освітлення приміщень.

Назва	Площа приміщення, м ²	Найменша освітленість, Е, Лк
1	2	3
Кухня	9,73	150
Загальна кімната	15,91	150
Їдальня	10,93	150
Санвузол	8,99	50
Котельня	10,92	20
Тамбур	4	50
Хол	13,3	50
Гараж	15,4	50
Кабінет	18,6	300
Спальня	31,9	150
Хол	22,4	50
Спальня	20,97	150
Санвузол	7,82	50
Гардеробна	6,9	20

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					42

Розрахунок кількості ламп у будівлі: У цьому будинку є 14 різних кімнат, в яких є світлодіодні світильники потужністю 12 Вт. Тому для визначення їх кількості проводиться розрахунок. Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Приймаємо до обслуговування LED лампи $P_{\text{лампи}} = 36 \text{ Вт}$

Таблиця 2.9 Кількість ламп в приміщеннях.

Назва	Кількість ламп, шт.
1	2
Кухня	2
Їдальня	4
Тамбур	2
Хол	2
Гараж	10
Хол	2
Спальня	6
Санвузол	2
Загальна кімната	6
Котельня	1
Санвузол	2
Гардеробна	4
Кабінет	5
Спальня	6
Всього:	56

Розраховуємо загальну потужність ламп, $P_{\text{сум}}, \text{Вт}$:

$$P_{\text{сум}} = 56 \cdot 36 = 2016 \text{ Вт} \quad (2.52)$$

Для даного розрахунку потужності освітлення потрібно врахувати коефіцієнт попиту, для цього типу будівлі він становить 0,8.

Далі рахуємо розрахункову потужність лампи з урахуванням коефіцієнта попиту, $P_{\text{осв}}, \text{Вт}$:

$$P_{\text{осв}} = 2016 \cdot 0,8 = 1613 \text{ Вт} \quad (2.53)$$

LED лампи є енергоефективнішими, ніж лампи розжарювання, які перетворюють в тепло близько 85% енергії. ALED лампи не більше 20%. Розраховуємо потужність тепловіддачі ламп, $Q_{\text{виділ.л.}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.л.}} = 1613 \cdot 0,2 = 322,6 \text{ Вт} \quad (2.54)$$

Побутова техніка виділяє близько 30% тепла з максимальним споживанням електроенергії. Для обчислення цієї потужності потрібно використовувати таблицю. 2.10.

Таблиця 2.10 – Потужність споживачів.

№	Назва споживча	Потужність, Вт	Кількість, шт.	Загальна потужність, Вт
1	2	3	4	5
1	Кухонна витяжка	300	1	300
2	Пральна машина	1500	1	1500
3	Праска	1400	1	1400
4	Кавова машина	2000	1	2000
5	Посудомийна машина	1500	1	1500
6	Пилосос	1200	1	1200
7	Мікрохвильова піч	1300	1	1300
8	Чайник	2300	1	2300

9	Холодильник	500	1	500
10	Телевізор	200	4	800
11	Комп'ютер	250	2	500
12	Електрична плита	4000	1	4000
13	Вентиляційна	2500	12	2500
14	Гральна приставка	195	1	195
15	Праски для завивання волосся	90	1	90
16	Роутер Wi-Fi	7	1	7
17	Праски для завивання волосся	90	1	90
18	Принтер	45	1	45
19	Ноутбук	50	1	50
20	Акваріум	30	1	30
21	Кімнатні люмінесцентні лампи	18	2	36
22	Зарядки для мобільних телефонів	4	4	16
23	Всього:			20359

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						45

Відповідно добова середня потужність споживачів електроенергії приблизно становить 3970 Вт. Розраховуємо потужності тепловиділення електроприладів, $Q_{\text{виділ.п.}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.п.}} = 3970 \cdot 0,3 = 1191 \text{ Вт} \quad (2.55)$$

Розрахуємо сумарну потужності тепловиділення, $Q_{\text{виділ.}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.}} = Q_{\text{виділ.м}} + Q_{\text{виділ.л.}} + Q_{\text{виділ.п.}} = 252 + 322,6 + 1191 = 1765,6 \text{ Вт} \quad (2.56)$$

Складаємо баланс тепловтрат:

$$9875,6 \geq 1765,6 \text{ Вт} \quad (2.57)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					46

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У даному розділі виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій енергозберігаючого будинку та визначено теплові втрати через стіни, підлогу, вікна, двері та покриття будівлі. За результатами розрахунків встановлено необхідну товщину теплоізоляційних матеріалів та підтверджено відповідність термічного опору огорожувальних конструкцій нормативним вимогам.

Проведений аналіз показав, що застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів забезпечує високі теплозахисні характеристики будівлі та сприяє зменшенню втрат теплової енергії в холодний період року.

У результаті розрахунку визначено сумарні теплові втрати будинку, які становлять 9875,6 Вт. Також розраховано внутрішні тепловиділення від мешканців, освітлювальних приладів та побутового електрообладнання, сумарна потужність яких становить 1765,6 Вт.

Отримані результати свідчать про необхідність використання ефективної системи опалення для компенсації теплових втрат будинку. Розраховані теплові навантаження є вихідними даними для подальшого вибору теплового насоса та розрахунку системи гарячого водопостачання, що розглядаються в наступному розділі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					47

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ

3.1 Вибір теплового насосу.

Окрім споживання тепла на опалення будинку, тепловий насос повинен генерувати тепло для гарячої води (ГВП). У житловому будівництві вони керуються максимальним споживанням гарячої води з розрахунку близько 50 л/добу на людину при температурі 45 °С, що відповідає додатковому споживанню тепла приблизно 0,25 кВт на людину з опалювальним періодом 8:00.

У нашому випадку насос буде розташовуватися в котельні. Потужність працюючого теплового насоса повинна перекривати потужність, обчислену для системи опалення:

$$Q_{\text{опал.}} = 9875,6 \rightarrow 9800 \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Щоб вибрати тепловий насос, потрібно знати його потужність охолодження. Q_k

Для монтажу ми приймаємо тепловий насос Octopus IS 48 [13] з потужністю охолодження 6 кВт. Теплова потужність насоса Octopus IS 48 - 10 кВт. Ми перевіряємо точність вибору типу насоса. Перевіряємо правильність вибору теплового насоса:

$$Q_{\text{п.в.}} = Q_{\text{т.н.}} + Q_o \text{ Вт} \quad (3.2)$$

де: $Q_{\text{т.н.}}$ – потужність теплового насосу.

$$Q_{\text{п.в.}} = 10000 - 9875,6 = 124,4 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					48

Дивлячись на результат $Q_{п.в.}$, можна сказати що тепловий насос обраний правильно.

Розраховуємо площу, необхідну для відбору потужності:

$$F_E = Q_K / q_E, \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

де: q_E – потужність, яка відбирається з ґрунту, ($q_E = 30\text{-}35 \text{ Вт/м}^2$).

Q_K – холодопродуктивність теплового насосу, $Q_K = 6 \text{ кВт}$.

$$F_E = 6000 / 35 = 171,4 \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

Щоб відводити тепло від заданої ділянки землі, необхідно прокласти полімерні труби в ґрунт в декілька петель (поліетиленова труба, жорсткість PN10).

Окремі ланцюги труб повинні бути однакової довжини і не повинні містити недоступних з'єднань.

Знаходимо кількість необхідних контурів труб (поліетиленові труби 25х3,0) довжиною = 100 м, , труб. конт.:

$$X = F_E \cdot 3 / 100 = 171,4 \cdot 3 / 100 = 5 \rightarrow \text{труб. конт.} \quad (3.6)$$

Вибрано: 5 трубних контурів 100 м довжиною ($\varnothing 28 \text{ мм} \times 3,0 \text{ мм}$, по = 0,379 л/м).

Лінія подачі: труба 9 м довжиною, розміром PE 28х2,5. Розраховуємо кількість теплоносія:

$$m = X \cdot L \cdot V + L_K \cdot V_T, \text{ л} \quad (3.7)$$

де: L_K – довжина падаючої лінії, м ($L_K = 9 \text{ м}$);

V_T – об'єм трубопроводу, л ($V_T = 0,415 \text{ л}$).

$$m = 5 \cdot 100 \cdot 0,379 + 9 \cdot 0,415 = 193,24 \rightarrow 195 \text{ л} \quad (3.8)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						49

Продуктивність теплового насосу Octopus IS 48 складає $V_{\text{нас}}=3000$ л/ч.

Розраховуємо витрати на кожний трубний контур, $Q_{\text{вит}}$, л/ч на труб.

$$Q_{\text{вит}} = V_{\text{нас}} / X = 3000 / 5 = 600 \text{ л/ч} \quad (3.9)$$

Відповідно 600 л/ч на труб. контур $\rightarrow 0,600 \text{ м}^3$

Значення R втрати тиску/м трубопроводу, Па/м:

$$R = 309,7 \text{ Па/м (для труби } 28 \times 3,0); \quad (3.10)$$

$$R = 33,3 \text{ Па/м (для труби } 28 \times 2,5). \quad (3.11)$$

Розраховуємо тиск трубного контуру, $\Delta p_{\text{трубн.конт.}}$, Па:

$$\Delta p_{\text{трубн.конт.}} = \Delta p \cdot L = 309,7 \cdot 100 = 30970 \text{ Па} \quad (3.12)$$

Розраховуємо тиск падаючої лінії, $\Delta p_{\text{пад.лінії}}$, Па:

$$\Delta p_{\text{пад.лінії}} = \Delta p \cdot L_K = 33,3 \cdot 9 = 299,7 \text{ Па} \quad (3.13)$$

У табл. 3.1 приведені паспортні дані теплового насосу Octopus IS 48.

Таблиця 3.1 Технічні характеристики теплового насосу Octopus IS 48.

Тип	Octopus IS 48
Теплова потужність, кВт	10
Холодопродуктивність, кВт	6
Споживана електрична потужність, кВт	3
Тиск, Па	9500
Продуктивність, л/ч	380
Номінальна напруга, В	1050x850x2250

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					50

Відповідно з паспортних даних теплового насосу Ostorus IS 48, його тиск становить:

$$\Delta p_{\text{тепл.насосу}} = 9500 \text{ Па} \quad (3.14)$$

Знаходимо загальний тиск в контурі, $\Delta p_{\text{заг.}}$, Па:

$$\Delta p_{\text{заг.}} = \Delta p_{\text{трубн.конт.}} + \Delta p_{\text{пад.лінії}} + \Delta p_{\text{тепл.насосу}}$$

$$\Delta p_{\text{заг.}} = 30970 + 299,7 + 9500 = 40770 \text{ Па} \rightarrow 40770 \text{ мбар} \rightarrow 4,07 \text{ м.вод.ст} \quad (3.15)$$

3.1.1 Розрахунок котельних установок.

Тип та кількість установок котлів вибираються відповідно до потужності установки котла. Ця потужність - це сума розрахункових теплових потужностей: системи опалення та вентиляції; технічні системи теплопостачання; гаряче водопостачання; власні потреби котельні.

Річне споживання палива в системі теплопостачання, кг або м^3 рівна:

$$B = K \cdot (Q_{\text{річ.}} / Q_{\text{н}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{к.у}}) \quad (3.16)$$

де: K – коефіцієнт запасу ($K = 1,1 \dots 1,2$);

$Q_{\text{річ.}}$ – витрата теплоти за рік, мДж/рік; ($Q_{\text{річ.}} = 75,147 \text{ мДж/рік}$);

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ – нижча теплота згорання робочого складу палива, мДж/кг (для загаподібного палива $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 301 \text{ мДж/ м}^3$);

($\eta_{\text{к.у}} = 0,8 \dots 0,9$).

Річна витрата палива системою теплопостачання, при опалюванні газом, кг або м^3 рівна:

$$B = 1,1 \cdot (75,147 / 301 \cdot 0,8) = 343279,48 \text{ м}^3 \quad (3.17)$$

Щоб задовольнити потреби до гарячої води та опалення вибираємо котел КСВа-3,15 [14], що працює на газі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						51

При виборі котлів вони виходять з теплової енергії, яку споживає вся система. У цих випадках при використанні сонячної енергії навантаження, що споживається котлом, буде пропорційно меншою. Різниця між максимальною потужністю котла та витраченим навантаженням використовується в цьому випадку як потужність у режимі очікування.

3.2 Визначення теплового навантаження на ГВП та площі колектора.

Фактичне навантаження гарячої води для житлових будинків, тобто кількість тепла, необхідного для нагріву води для побутових потреб, сильно залежить від звичок жителів будинку.

Щоденне споживання гарячої води, G_d , л/добу:

$$G_d = N \cdot m, \text{ л/добу} \quad (3.18)$$

де: N – норма споживання однією людиною гарячої води з температурою 55°C за добу;

m – кількість мешканців.

$$G_d = 60 \cdot 5 = 300 \text{ л/добу} \quad (3.19)$$

Тепер ми знаємо добові витрати гарячої води, які становлять $G_d = 300$ л/доба, обираємо акумуляторний бак Termico (300 л), і в залежності від цього об'єму, обрано розширювальний бак мембранний Varem об'ємом 8 л.

Річна витрата гарячої води:

$$G_{\text{рік}} = 300 \cdot 365 = 109500 \text{ л/добу} \quad (3.20)$$

Оскільки середня температура вхідної води приблизно 15°C , вона повинна бути нагріта до 55°C .

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						52

Визначаємо температуру на яку воду потрібно буде нагрівати:

$$t = t_H - t_C, ^\circ\text{C} \quad (3.21)$$

де: t_H – температура, на яку потрібно нагріти воду;

t_C – середня температура вхідної води.

$$t = 55 - 15 = 40^\circ\text{C} \quad (3.22)$$

Враховуємо, що для нагрівання одного літра води на один градус треба затратити енергію рівну 1 ккал.

Кількість енергії необхідної для нагрівання цієї кількості води:

$$E = G_d \cdot t = 300 \cdot 40 = 12000 \text{ ккал} \quad (3.23)$$

Переводимо цю енергію в кВт·год:

$$W = E / 859,8, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3.24)$$

де: 859,8 – число ккал за 1 кВт·год.

$$W = 12000 / 859,8 = 13,96 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3.25)$$

Для даної площі в липні сонячна енергія на 1 м^2 становить $5,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2 / \text{добу}$, а в лютому $1,99 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2 / \text{день}$. Сучасний сонячний колектор здатний поглинати до 80% сонячної енергії.

Вибираємо колектори Termiso, в яких є трубки діаметром 58 мм і довжиною 1800 мм і, отже, площа поглинання вакуумної трубки становить $0,08 \text{ м}^2$. Ми обчислюємо сонячне тепло, яке трубка може отримувати та передавати відповідно у липні та лютому.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					53

У цьому випадку завдання – забезпечити гарячою водою сім'ю з 5-х чоловік. Правильним рішенням буде вважатися підбір кількості труб колектора відповідно до місяця, протягом якого максимальний ККД. Тому обрано 2 колектора RUCELF SCV-58-1800-30 [15], данні якого задані в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри RUCELF SCV-58-1800-30.

Тип	Кількість трубок, шт.	Довжина та ширина, мм	Вага, кг	Глибина, мм (при куті нахилу, 45°)
SCV-58-1800-30	21	2600x1750	101	1950

Згідно з наведеними вище розрахунками та знаючи розмір приміщення, де буде працювати установка, ми можемо вибрати допоміжне обладнання, необхідне для сонячної системи [15]:

- Акумуляторний бак Termico (300 л);
- Кран кульовий (Dn20) в кількості 7 шт.;
- Датчик температури (3 шт.);
- Насос циркуляційн Sprut LRS 25-6 ($Q = 0,3 \text{ м}^3/\text{год}$, $P = 50 \text{ кПа}$);
- Запобіжний клапан, 3/4 ";
- Повітря відділювач автоматичний, 3/4 ";
- Клапан зворотний, 3/4 ;
- Розширювальний бак мембранний ELBI;
- Контролер електронний SR 868 C8Q;
- Теплоносій (антифриз) 10 л;
- Елел. тен., потужністю 2,2 кВт;
- Труба мідна, DN20 (3/4) довжина 35 м;
- Теплоізоляція K-Flex ECO (високотемпературна) ($\varnothing 22 \times 13 \text{ м}$).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						54

3.3 Що таке тепловий насос?

Останні часом у мережі стрімко зростає інтерес до альтернативного опалення, а саме до теплових насосів. Оскільки для багатьох ця технологія ще в новину, у користувачів виникає безліч запитань: “Що це таке”?, “Як він виглядає”?, та “За яким принципом працює”?. У цьому матеріалі ми просто, зрозуміло та без складних термінів відповімо на головні питання про теплові насоси та розберемося в усіх нюансах їхнього використання.

Теплові насоси – це теплові двигуни, призначені для виробництва тепла за допомогою зворотного термодинамічного циклу. Теплові насоси передають теплову енергію від низькотемпературного джерела до системи опалення з більш високою температурою. Під час роботи теплового насоса витрати енергії не перевищують кількість виробленої енергії. Передавати тепло з холодного тіла (грунту, води, повітря) можна лише за рахунок роботи (у випадку теплового насоса - витрати електричної енергії на роботу компресора, циркуляційні насоси тощо) або інший процес компенсації.

Як працює тепловий насос.

Тепер поговоримо про роботу теплового насоса. Щоб зрозуміти принцип роботи теплового насоса, нам потрібно зрозуміти певні речі.

1. Тепловий насос здатний виділяти тепло навіть при температурі нижче нуля.

Більшість майбутніх власників не можуть зрозуміти принцип теплового насоса повітря-вода (в принципі, будь-який повітряний тепловий насос), оскільки вони не розуміють, як тепло можна витягувати з повітря при низькій температурі взимку. Повернемося до основ термодинаміки та пригадаємо визначення тепла.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						55

Тепло - це форма руху речовини, яка є випадковим рухом частинок, що утворюють тіло (атоми, молекули, електрони тощо).

Навіть при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, коли вода замерзає, у повітрі все ще залишається тепло. Він набагато менший, ніж, наприклад, при температурі $+36\text{ }^{\circ}\text{C}$, але, тим не менш, при нульовій і негативній температурі атоми рухаються, а значить, виділяється тепло.

Рух молекул і атомів повністю припиняється при температурі $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає абсолютній нульовій температурі. Тобто взимку, при температурі нижче нуля на повітрі, є неякісне тепло, яке можна відводити і переносити в будинок.

2. Робоча рідина в теплових насосах є холодоагентом (фреоном). R-410A холодоагент, що використовується в теплових насосах. Що таке холодоагент? Холодоагент – активна речовина в тепловому насосі, яка відводить тепло з охолодженого об'єкта під час випаровування і передає тепло робочому середовищу (наприклад, воді чи повітрю) під час конденсації.



Особливістю холодоагентів є те, що вони здатні кипіти як при негативних температурах, так і при відносно низьких температурах. Крім того, холодоагенти можуть переходити з рідких на газоподібні та навпаки. Саме під час переходу з рідкого стану в газоподібний стан (випаровування) тепло поглинається, а під час переходу з газоподібного стану в рідкий (конденсація) тепло передається (термічне відділення).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						56

3. Робота теплового насоса можлива завдяки чотирьом ключовим компонентам.

Для розуміння принципу роботи теплового насоса його пристрій можна розділити на 4 основні елементи:

- 1) Компресор, який стискає холодоагент для підвищення його тиску та температури.
 - 2) Розширювальний клапан - термостатичний клапан, що значно знижує тиск холодоагенту.
 - 3) Випарник – теплообмінник, в якому низькотемпературний холодоагент поглинає тепло з навколишнього середовища.
 - 4) Конденсатор – теплообмінник, в якому холодоагент, який вже нагрівається після стиснення, передає тепло робочому середовищу опалювального контуру.
- Це чотири компоненти, які дозволяють холодильникам виробляти теплові насоси для холодної та теплової енергії.

Принцип роботи теплового насоса.

Зараз ми спробуємо детально описати кожен крок теплового насоса. Як було сказано раніше, робота теплових насосів базується на термодинамічному циклі. Це означає, що робота теплового насоса складається з декількох етапів циклу, які постійно повторюються у певній послідовності.

Робочий цикл теплового насоса можна розділити на чотири етапи:

1. Поглинання тепла з навколишнього середовища (кипіння холодоагенту). Холодоагент надходить у випарник (теплообмінник), який знаходиться в рідкому стані і має низький тиск. Як ми вже знаємо при низьких температурах, холодоагент може кипіти і випаровуватися. Процес випаровування необхідний, щоб речовина поглинала тепло.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						57

Згідно з другим законом термодинаміки, тепло переноситься з тіла з високою температурою в тіло з меншою температурою. Саме на цьому етапі роботи теплового насоса низькотемпературний холодоагент, що проходить через теплообмінник, відводить тепло з теплоносія (розсолу), який раніше піднімався з колодязів, куди він брав тепло низький вміст ґрунту (у випадку наземних водяних теплових насосів на землі).

Справа в тому, що температура підземного ґрунту в будь-який час року становить $+ 7-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. При використанні геотермального теплового насоса ґрунт-вода встановлюються вертикальні зонди, уздовж яких розсіл (теплоносії) циркулює. Завдання теплоносія полягає в нагріванні до максимальної температури, можливої під час циркуляції через датчики глибини.

Коли теплоносії видалив тепло з землі, він потрапляє в теплообмінник теплового насоса, де передає своє тепло холодоагенту, який має нижчу температуру. А згідно з другим законом термодинаміки відбувається передача тепла: тепло від більш гарячого розсолу передається на менш нагрітий холодоагент.

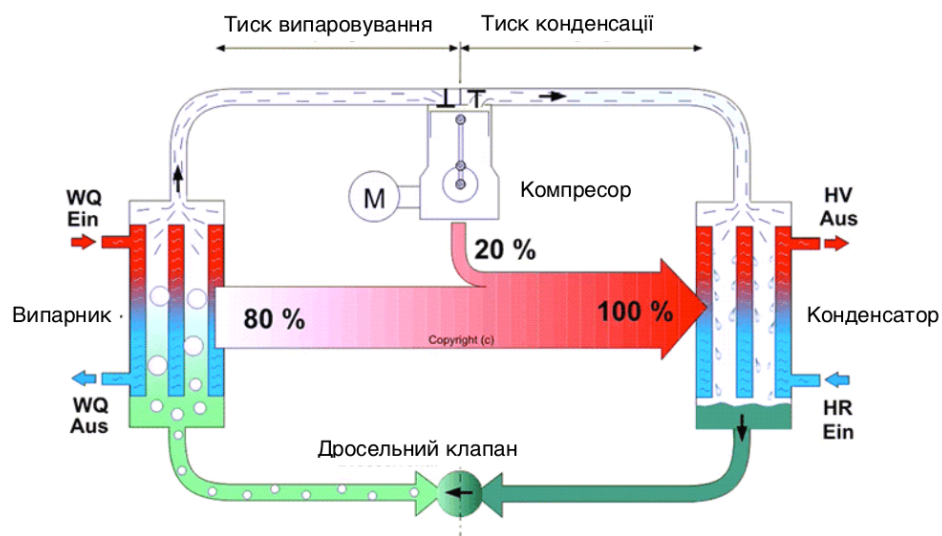


Рис. 3.1 Принцип роботи теплового насоса.

Тут дуже важливий момент: поглинання тепла можливе під час випаровування речовини і навпаки, передача тепла відбувається під час конденсації. При нагріванні холодоагенту він змінює свій фазовий стан: холодоагент переходить з рідкого в газоподібний стан (відбувається процес кипіння холодоагенту і він випаровується).

Після проходження через випарник холодоагент перебуває у газовій фазі. Це вже не рідина, а газ, який відводив тепло від теплоносія (розсолу).

2. Стиснення холодоагенту компресором.

На наступному етапі холодоагент у газоподібному стані надходить у компресор. Тут компресор стискає фреон, який нагрівається до певної температури через різке підвищення тиску. Компресор у звичайному побутовому холодильнику працює аналогічно. Єдина суттєва відмінність компресора холодильника від компресора теплового насоса - значно нижчі показники.

ВІДЕО: Як холодильник працює з компресором. Режим доступу:

<https://www.youtube.com/watch?v=L1za37pKAMo>

3. Передача тепла в систему опалення (конденсація).

Після стиснення в компресорі холодоагент, який має високу температуру, потрапляє в конденсатор. У цьому випадку конденсатор – це також теплообмінник, в якому тепло передається від холодоагенту до робочого середовища опалювального контуру під час конденсації (наприклад, вода в системі підлогового опалення або космічні радіатори утеплювач).

У конденсаторі холодоагент із газової фази знову повертається до рідини. Цей процес супроводжується виділенням тепла, яке використовується для системи опалення будинку та гарячого водопостачання (ГВП).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						59

4. Знизити тиск холодоагенту (розширення).

Тепер рідкий холодоагент повинен бути готовий до повторення робочого циклу. Для цього холодоагент проходить через вузький отвір клапана регулювання температури (редуктор тиску). Потім через вузький отвір дросельної заслінки, холодоагент розширюється, внаслідок чого його температура та тиск знижуються.

Цей процес можна порівняти з розпиленням аерозолю з аерозольної банки. Після обприскування спрей може ненадовго стати холоднішим. Іншими словами, відбулося різке падіння тиску аерозолю через форсування, температура також падає.

Тепер холодоагент знову знаходиться під таким тиском, що він може кипіти і випаровуватися, що нам потрібно, щоб поглинати тепло з теплоносія.

Призначення розширювального терморегулюючого клапана – знизити тиск фреона, послабивши його на виході з вузького отвору. Фреон знову готовий до кипіння і поглинає тепло.

Цикл повторюється, поки система опалення та побутової гарячої води не отримає необхідну кількість тепла від теплового насоса.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						60

3.4 Різноманітність теплових насосів.

3.4.1 Ґрунтовий тепловий насос або “ґрунт-вода”.

Завдяки сонячним променям, які постійно проникають в атмосферу та земну поверхню, відбувається постійний теплообмін. Ось так земна поверхня отримує теплову енергію цілий рік.

Повітря частково поглинає тепло від сонячної енергії. Залишки сонячної теплової енергії майже повністю поглинається землею.

Крім того, геотермальне тепло надр землі постійно забезпечує температуру ґрунту $+ 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (з глибини 1,5-2 метри і менше). Навіть у холодну зиму температура на глибинах води залишається в межах $+ 4\text{-}6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Саме це низькоякісне тепло з ґрунту, води та повітря передає тепловий насос із навколишнього середовища в контур опалення приватного будинку, після підвищення рівня температури охолодження до $+ 35\text{-}80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

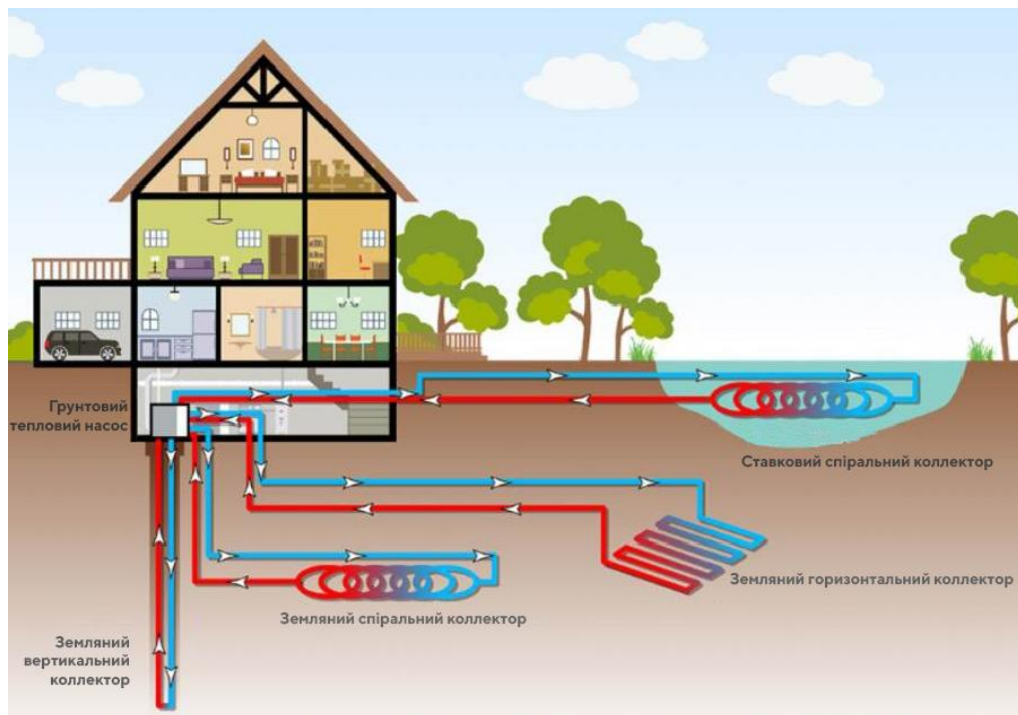


Рис.3.2 Принцип роботи ґрунтового теплового насосу

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					61

Розглянемо існуючі типи теплових насосів “грунт-вода”:

1. Грунтові зонди. Використовують глибинне тепло землі. Вони вводяться вертикально у ґрунт на глибину до 150 метрів. Довжина труб та відстані між ними залежать від характеристик ґрунту та від потужності відбору тепла, тобто від кількості енергії, необхідної для опалення будинку.

2. Грунтові колектори. Використовують тепло безпосередньо з-під поверхневих шарів. Вони укладаються горизонтально у ґрунт нижче рівня промерзання, який для умов України розташований приблизно на глибині 1,2 м. Колектори зазвичай мають нижчу вартість монтажу у порівнянні з ґрунтовими зондами, але потребують значного вільного місця. Може працювати мінімум 50 років.

3. Використання ґрунтових використовуються як джерело тепла. Вода прокачується через геотермічну колодязну установку, і після відбору тепла вода повертається у водоносні шари ґрунту. Така технологія також дозволяє отримати високий коефіцієнт ефективності теплового насоса. А також незначна площа.

Основними перевагами теплового насоса “грунт-вода” є:

1. На відміну від повітряних систем, геотермальний контур використовує постійний температурний потенціал ґрунту ($+ 7 \dots + 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$), що виключає падіння потужності під час низьких температур. А також забезпечує кондиціонування приміщень у літній період із мінімальним енергоспоживання;
2. Низькі інвестиційні витрати, висока надійність та річна ефективність теплового насоса;
3. Експлуатаційний термін внутрішніх компонентів становить 15-20 років, а геотермального колектора – понад 50-100 років;
4. Жодних викидів вуглицю (CO_2), ризиків вибоху, отруєння газом, як це буває з твердопаливними чи газовими котлами.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						62

Недоліки теплового насоса “грунт-вода” є:

1. Відносно високі інвестиційні втрати (грунтові зонди).
2. Виникнення “повітряних мішків” під час неправильного прокладання труб (грунтові колектори).
3. Фільтрсердловини із часом забруднюються та перестає працювати (грунтові колектори).
4. Потреба у великій площі для розташування підземного колектора (грунтові колектори).
5. Потреба у великій площі для розташування підземного колектора (грунтові колектори).
6. Підвищені втрати на технічне обслуговування відкритої системи (використання ґрунтових використовуються як джерело тепла).
7. Необхідність аналізу води (використання ґрунтових використовуються як джерело тепла).

3.4.2 Тепловий насос “вода-вода”.

Тепловий насос за принципом “вода-вода” найчастіше використовується для гарячого водопостачання та опалення, а також для нагріву води в басейні. Тепло при низькій температурі черкається з водойми або з підземних вод, оскільки температура води стабільна навіть взимку і коливається від +7 до +12 °С.

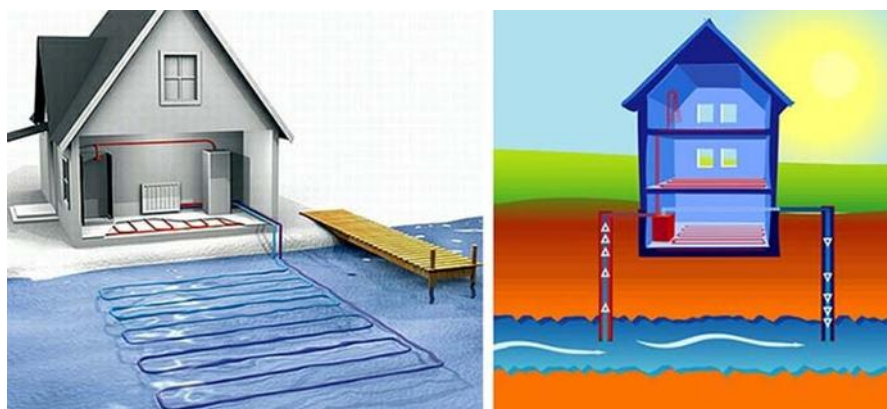


Рис. 3.3 Принцип роботи теплового насоса “вода-вода”

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						63

Розглянемо існуючі типи теплових насосів “вода-вода”:

1. Якщо поблизу є водойма, ланцюг теплового насоса встановлюється на дні. Цей варіант буде ідеальним у випадках, зовнішній контур дуже короткий, у зимовий період вода зберігає плюсову температуру, а вода має високий коефіцієнт тепловіддачі. Але для такого теплового насоса необхідні дві умови – вода повинна текти і її має бути багато;

Якщо на доступній глибині є ґрунтові води, можна використовувати тепловий насос “вода-вода” або “вода-повітря”. Завдяки високій теплоємності підземних вод можна отримати високі врожаї системи. При температурі підземних вод з температурою + 12 °С кількість тепла, необхідного для насоса, завжди гарантується. Вода тече з колодязя в тепловий насос, вона притягує тепло і вже охолоджена вода переходить в інший колодязь, який знаходиться далеко від самої установки.

2. Воду можна брати з будь-якого резервуару, єдине, про що завжди слід пам’ятати, це те, що тепловий насос “вода-вода” завжди потребує попередньо підготовленої води, очищеної та з необхідним рівнем рН (водневий показник). Такі умови необхідні для тривалої експлуатації установки без поломки, тому додатково потрібно встановити спеціальне обладнання водоочищення.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						64

Основними перевагами теплового насоса “вода-вода” є:

1. У нього найвищий показник трансформації тепла який варіюється в межах 4,5-6,5, що робить їх лідерами ринку. На відміну від менш ефективних повітряних аналогів.
2. Ефективність системи взагалі не залежить від погодних умов на вулиці. Навіть у -30°C (коли зовсім лютий мороз) насос буде працювати на максимальній потужності, оскільки температура підземних вод не змінюється. А у влітку систему можна використовувати для кондиціонування практично без увімкнення компресора – просто проганяючи холодну воду зі свердловини через фанкойли або холодні стіни.
3. Завдяки відсутності зовнішнього повітряного вентиляційного блока, система працює беззвучно для оточення. Весь комплекс обладнання інтегрується виключно в підземний контур та внутрішнє технічне приміщення.
4. Компресор працює в стабільному режимі, зовнішній геометричний контур (труб в землі / воді) може служити від 50 до 100 років.

Недоліки теплового насоса “вода-вода”:

1. В нього дуже висока вартість на етапі впровадження. Основна частина витрати бюджету йде не на сам насос, а на буріння свердловин, земляні роботи, закупівлю труб та системи водоочищення. Потрібно залучати важку техніку для буріння або проводити масштабні розкопки.
2. Домішки заліза, солі жорсткості, бруд та відхилення рівня рН швидко руйнують техніку. Для захисту основного блока обов'язково встановлюється проміжний теплообмінник та комплекс фільтрації, без яких обладнання загрожує швидка поломка.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						65

3.4.3 Тепловий насос “повітря-вода”:

Тепловий насос з принципом роботи “повітря-вода” працює з сонячною енергією при температурі від -25 до + 35 °С. Ці теплові насоси дуже практичні при наявності існуючої системи центрального опалення, оскільки вони можуть значно знизити витрати на опалення. Вуличне повітря завжди доступне в необмеженій кількості, тим більше, що установка системи займає мало часу і коштує не так дорого.

Тепловий насос “повітря-вода” встановлюється в житловому будинку або будь-якій іншій зовнішній будівлі. Для захисту установки від вологості та опадів використовується спеціальний кожух, покритий порошковою фарбою. Існує також захист від обмерзання, завдяки чому насос може працювати навіть при температурі нижче нуля.

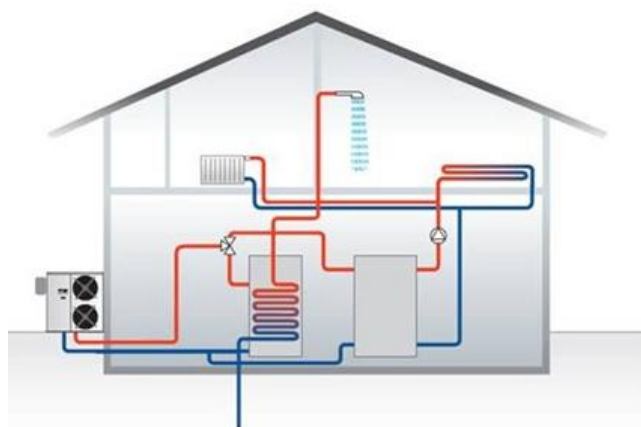


Рис. 3.4 Принцип роботи теплового насоса “повітря-вода”

Основними перевагами теплового насоса “повітря-вода” є:

1. Не потрібно встановлювати повітропровід, щоб постійно подавати свіже повітря в приміщення. Робота над впуском повітря в приміщення здійснюється завдяки безшумному осьовому вентилятору. За рівнем шуму ця установка виграє серед усіх аналогів, оскільки немає абсолютно ніяких вібрацій пристрою і немає шуму від поданого повітря.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					66

2. Два контури, призначені для подачі та виведення повітряного потоку, з'єднуються з будівлею трубою, яка знаходиться в землі, що також є великою перевагою.
3. Практично повна відсутність втрат на теплообмінниках та різному обладнанні, що необхідно при роботі теплових насосів із системою “грунт-вода”; “вода-вода”. Через наявність фреона в ланцюзі між теплообмінником і насосом не потрібно постійно контролювати роботу установки.
4. Величезний плюс у тому, що не доведеться витратити гроші на дорогі фільтри та підготовку води. Крім того, така система – це повноцінне рішення “все в одному”, яке надійно гріє дім взимку та охолоджує влітку, працюючи без перерв цілий рік.

Недоліки теплового насоса “повітря-вода” є:

Мінус є, але він охоплює всі переваги цього типу насосів. Безперебійне опалення можливе лише в країнах з теплим кліматом і м якою зимою, температура взимку не повинна опускатися нижче -7°C . Слід враховувати зниження ефективності низкотемпературного джерела тепла під час морозів. Оптимальна температура джерела тепла для теплового насоса – $+10^{\circ}\text{C}$. В таких умовах ККД насоса може досягати 300%. Тому чим нижче температура низкотемпературного тепла, тим нижчий ККД.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						67

3.4.4 Тепловий насос “повітря-повітря”.

Тепловий насос, заснований на принципі “повітря-повітря”, схожий на систему кондиціонування, влітку він може охолоджувати приміщення, а взимку може обігрівати будівлю. Система включає зовнішній блок і внутрішній блок, також можлива установка каналного опалення та кондиціонування.



Рис. 3.5 Принцип роботи теплового насосу “повітря-повітря”

Повітря, що проходить через теплообмінник до теплового насоса, воно передає своє тепло в випарник і знову залишає будівлю. Крім того, тепло розподіляється по фреонових лініях між внутрішніми блоками та насосом. Завдяки цій операційній системі можна досягти високої продуктивності з низькими втратами енергії.

Зовнішній блок монтують на вулиці, зазвичай встановлюють на даху або на стіні, але в деяких випадках це можливо на землі біля будинку. Пристрій або внутрішні блоки, якщо їх більше, ніж один розміщений у підвісній стелі або встановлений на стінах. Завдяки тепловим насосам “повітря-повітря” ви зберігаєте первісний інтер’єр і підтримуєте естетику проекту на початковому рівні.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						68

На сьогодні існує два типи теплових насосів “повітря-повітря”: промислові та побутові теплові насоси “повітря-повітря”. Побутові насоси працюють за допомогою потоку повітря і досі застосовуються в житлових будинках, їх можна використовувати не тільки для опалення, але і для нагріву води. Для цих цілей також використовуються промислові версії теплових насосів, але обсяги тут значно відрізняються, приблизно в кілька разів. Промислові теплові насоси базуються на термодинамічному перенесенні теплової енергії. Робоче тіло (холодоагент) поглинає теплову потужність із навколишнього середовища, після чого компресор підвищує її потенціал для обігріву об’єкта.

Основними перевагами теплового насоса “повітря-повітря” є:

1. Це найбюджетніший тип теплового насоса, закупівля та встановлення якого коштують у рази дешевше за водяні чи геотермальні аналоги. Інтеграція системи не потребує капітальних будівельних, земляних чи бурових робіт і виконується протягом одного робочого дня.
2. На відміну від інерційної водяної підлоги, обладнання подає тепле повітря після запуску та прогріває кімнату за лічені хвилини. Повне перекриття теплових та холодних навантажень об’єкта протягом року за рахунок функції перемикання між режимами опалення та кондиціонування. Відсутність води у контурі виключає ризик пошкодження чи розриву труб під час тривалою простою системою або вимкнення світла.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						69

Недоліки теплового насоса “повітря-повітря” є:

1. Зі зниженням температури на вулиці тепла потужність падає, а в сильні морози (-20°C ... -25°C) енергоспоживання пристрою помітно зростає порівняно з роботою в районі 0°C . Тому продуктивність і коефіцієнт ефективності системи на пряму залежить від погоди.

2. Тепле повітря завжди піднімається в гору, тому під стелею буде тепліше, ніж біля підлоги. Крім того, один внутрішній блок (спліт-система) ефективно гріє лише ту кімнату, де він встановлений, кращим рішенням треба встановити для всього будинку або можна встановити каналні повітроводи.

3. Для нагріву води в ванні (душі) чи на кухні доведеться купувати окремий електричний бойлер.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						70

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У даному розділі виконано розрахунок системи опалення та гарячого водопостачання енергозберігаючого будинку. На основі визначених теплових навантажень проведено вибір обладнання, яке забезпечує комфортні умови проживання та ефективне використання енергетичних ресурсів.

Для покриття потреб будинку в тепловій енергії обрано тепловий насос типу «грунт-вода» Octorus IS 48. Використання такого обладнання дозволяє ефективно використовувати низькопотенційну енергію ґрунту, зменшувати споживання традиційних енергоносіїв та забезпечувати стабільну роботу системи опалення протягом року. Обраний тепловий насос має теплову потужність 10 кВт, що відповідає розрахунковим потребам будинку.

Для забезпечення потреб мешканців у гарячому водопостачанні виконано розрахунок теплового навантаження та обрано систему сонячних колекторів. За результатами розрахунків прийнято два вакуумні сонячні колектори SCV-58-1800-30 та накопичувальний бак Termico об'ємом 300 л, що дозволяє ефективно використовувати сонячну енергію для нагрівання води та зменшити витрати на її підготовку.

Також у розділі розглянуто принцип дії та особливості різних типів теплових насосів, наведено їх переваги та недоліки. Проведений аналіз підтвердив доцільність застосування теплового насоса типу «грунт-вода» для даного об'єкта як одного з найбільш ефективних рішень для енергозберігаючого будинку.

Отже, обрана система опалення та гарячого водопостачання забезпечує необхідні теплові потреби будинку, сприяє підвищенню енергоефективності та створює передумови для зменшення експлуатаційних витрат у майбутньому.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						71

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

4.1 Вибір інвертору

Сумарна потужність усіх ламп становить:

$$P_{\text{сум.}} = 2016 \text{ Вт} = 2,016 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

Визначаємо загальну споживану потужність освітленням:

$$W_{\text{пр.}} = P_{\text{сум.}} \cdot t, \text{ кВт} \cdot \text{год/тиждень} \quad (4.2)$$

де: t – час роботи всіх ламп на тиждень, $t = 35$ год / тиждень.

$$W_{\text{пр.}} = 2,016 \cdot 35 = 70,56 \text{ кВт} \cdot \text{год/тиждень} \quad (4.3)$$

Вводимо до експлуатації інвертор типу: FSP Xpert Solar 3000VA PWM , основні дані якого занесені до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні дані FSP Xpert Solar 3000VA PWM. [18]

Тип	FSP Xpert Solar 3000VA PWM
Потужність, Вт	2400
Діапазон вихідної напруги, В	170-280
Частота, Гц	50/60
Вихідна напруга	230
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда

Визначимо кількість енергії, що знадобиться:

$$W_{\text{тр.}} = W_{\text{пр.}} \cdot k, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{тиждень} \quad (4.4)$$

де: k – коефіцієнт, який враховує втрати в інверторі ($k = 1,2$).

$$W_{\text{тр.}} = 70,56 \cdot 1,2 = 84,672 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{тиждень} \quad (4.5)$$

$$\text{Переводимо у Ват} \cdot \text{год}: 84,672 \cdot 1000 = 84672 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень} \quad (4.6)$$

Знаходимо кількість ампер-годин на тиждень, необхідного для перекриття навантаження змінного струму:

$$q_{\text{тиж.змін}} = W_{\text{тр.}} / U_{\text{зов.}}, \text{ А} \cdot \text{год} / \text{тиждень} \quad (4.7)$$

де: $U_{\text{зов.}}$ – напруга зовнішньої батареї інвертору FSP Xpert Solar 3000VA PWM
($U_{\text{зов.}} = 24 \text{ В}$)

$$q_{\text{тиж.змін}} = 84672 / 24 = 3528 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.8)$$

Денне значення використаних ампер-годин:

$$q_{\text{доб.}} = q_{\text{тиж.змін}} / 7 \text{ днів} = 3528 / 7 = 504 \text{ А} \cdot \text{год} / \text{добу} \quad (4.9)$$

4.2 Вибір акумуляторних батарей та їх кількості.

Ми обчислюємо загальну ємність акумулятора, яка враховує кількість днів без сонця:

$$q_N = q_{\text{доб.}} \cdot N_{\text{бс}}, \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.10)$$

де: $N_{\text{бс}}$ – не сонячні дні (2 дні),

$q_{\text{доб.}}$ – добова ємність, необхідна для навантаження протягом одного дня.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					73

$$q_N = 504 \cdot 2 = 1008 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.11)$$

Розраховуємо заряд акумуляторної батареї з урахуванням глибини розряду:

$$q_\gamma = q_N / \gamma, \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.12)$$

де: γ – коефіцієнт використання ($\gamma = 0,5$).

$$q_\gamma = 1008 / 0,5 = 2016 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.13)$$

Рахуємо необхідну ємність акумуляторних батарей:

$$q_{\text{заг.}} = q_\gamma \cdot \alpha \quad (4.14)$$

де: α – коефіцієнт, який враховує зменшення ємності при зниженні температури ($\alpha = 1,04$).

$$q_{\text{заг.}} = 2016 \cdot 1,04 = 2097 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.15)$$

Вводимо до експлуатації прийняті акумуляторні батареї SIAP 4BS 252, основні дані якого занесені до табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні дані SIAP 4BS 252. [19]

Виробник	SIAP
Тип	4BS
Ємність, А·год ($q_{\text{ем}}$)	252
Номинальна напруга, В	2

Рахуємо кількість батарей послідовного з'єднаних:

$$N_{\text{АБК пос}} = U_i / U_{\text{ном}}, \text{ шт.} \quad (4.16)$$

де: $U_{\text{ном}}$ – номінальна ємкість батареї,

U_i – напруга інвертора 24 В

$$N_{\text{АБК пос}} = 24 / 2 = 12 \text{ шт.} \quad (4.17)$$

Рахуємо кількість батарей паралельного з'єднаних:

$$N_{\text{АБК пар}} = q_{\text{заг.}} / q_{\text{ем}} = 2097 / 252 = 8,32 = 9 \text{ паралельних груп} \quad (4.18)$$

Ми округлили, щоб забезпечити потрібний запас ємності.

Розраховуємо кількість акумуляторних батарей:

$$N_{\text{АБК}} = N_{\text{АБК пос}} \cdot N_{\text{АБК пар}} = 12 \cdot 9 = 108 \text{ шт.} \quad (4.19)$$

Якщо встановлювати панелі під кутом β від горизонталі,

середньомісячне значення загальної кількості сонячної енергії, що подається

на похилу поверхню, можна знайти за формулою:

$$E_H = R \cdot E, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{день} \quad (4.20)$$

де: E – середньомісячна денна загальна кількість сонячної енергії, що подається на горизонтальну поверхню, ($E = 3,13$),

R – коефіцієнт ефективності ($R = 1,028$)

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						75

$$E_H = 1,028 \cdot 3,13 = 3,22 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{день} \quad (4.21)$$

Беремо до установки сонячну батарею: LUXEN LNSK-340MC, та заносимо данні до таблиці.

Таблиця 4.3 – Основні дані LUXEN LNSK-340MC. [20]

Параметр	Значення
Тип	LUXEN LNSK-340MC
Напруга системи, що здається інвертором, В	24
Робоча напруга, В	32,50
Номінальна потужність, Вт	340
Тип кремнію	Монокристалічний
Струм КЗ, А	10,47
Вага, кг	21
Розміри (ДхШхВ), мм	1690 x 996 x 35

Рахуємо втрати в акумуляторних батареях:

$$q_{з-р} = q_{доб.} \cdot \zeta, \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.23)$$

де: ζ – коефіцієнт для обліку втрат на заряд-розряд акумулятора, ($\zeta = 1,2$).

$$q_{з-р} = 504 \cdot 1,2 = 604,8 \text{ А} \cdot \text{год} \quad (4.24)$$

Значення струму, яке генерується сонячними батареями:

$$I_{СБ} = q_{з-р} / i, \text{ А} \quad (4.25)$$

де: i – число пікових сонце-годин для заданої місцевості ($i = 5$).

$$I_{CB} = 604,8 / 5 = 120,96 \text{ A} \quad (4.26)$$

Визначення числа модулів, з'єднаних паралельно:

$$N_{CB \text{ пар}} = I_{CB} / I_{пр.}, \text{ шт.} \quad (4.27)$$

де: $I_{пр.}$ – максимальний струм батареї, ($I_{пр.} = 10,47 \text{ A}$).

$$N_{CB \text{ пар}} = 120,96 / 10,47 = 11,55 \rightarrow 12 \text{ шт.} \quad (4.28)$$

Визначення числа модулів, з'єднаних послідовно:

Оскільки напруга системи становить 24 В, а номінальна робоча напруга однієї панелі LUXEN становить 32,50 В, одна панель вже повністю перекриває і навіть перевищує напругу системи. Для PWM інвертора на 24 В панелі не можна з'єднувати послідовно, тому що напруга стане занадто високою для його контролера, тому:

$$N_{CB \text{ пос}} = U_{\text{системи}} / U_{пр} = 24 / 32,50 \rightarrow 1 \text{ шт.} \quad (4.29)$$

Визначаємо загальну кількість фотоелектричних модулів:

$$N_{CB} = N_{CB \text{ пар}} \cdot N_{CB \text{ пос}} = 12 \cdot 1 = 12 \text{ шт.} \quad (4.30)$$

Визначаємо площу, яку будуть займати всі батареї, м^2 :

$$S_{CB} = N_{CB} \cdot f_{CB} = 12 \cdot 1,68 = 20,16 \text{ м}^2 \quad (4.31)$$

де: f_{CB} – площа однієї сонячної панелі ($f_{CB} = 1,68 \text{ м}^2$)

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					77

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У цьому розділі був проведений розрахунок фотоелектричної системи для живлення освітлювальних приладів енергозберігаючого будинку. Визначено сумарну потужність освітлювального навантаження, яка становить 2,016 кВт, а також розраховано тижневе споживання електричної енергії з урахування втрат в інверторі.

На основі отриманих результатів було обрано інвертор типу FSP Xpert Solar 3000VA PWM потужністю 2400 Вт, параметри якого забезпечують надійну роботу системи освітлення. Для накопичення електричної енергії та забезпечення автономної роботи системи виконано підбір акумуляторних батарей типу SIAP 4BS 252 у кількості 108 шт.

Також проведено розрахунок необхідної кількості фотоелектричних модулів. Для покриття потреб системи освітлення прийнято до встановлення 12 сонячних панелей типу LUXEN LNSK-340MC загальною площею близько 20,16 м². Отримані результати підтверджують можливість ефективного використання сонячної енергії для живлення освітлення будинку та зменшення споживання електроенергії з мережі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					78

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Сьогодні в нашій країні спостерігається різке зростання цін на всі види енергоресурсів, тому більшість людей намагаються використовувати різні методи для зменшення використання певних видів енергоресурсів.

Щоб знизити витрати на опалення свого будинку, потрібно ретельно підходити до вибору матеріалу, з якого буде побудований цей будинок, також важливо дотримуватися будівельних норм.

Для автоматизації приватного будинку було обрано тепловий насос для опалення, сонячні колектори для гарячого водопостачання, а також фотоелектричну систему для забезпечення роботи електроосвітлення.

В економічній частині було розрахована доцільність заміни використання традиційних енергетичних ресурсів приватним будинком енергоносіями з використанням відновлюваних джерел енергії.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						79

5.1 Розрахунок затрат на будівництво.

Побудова капітальних витрат на впровадження відновлюваних джерел енергії в будинку вказана в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Зведенні капітальні витрат.

Тип обладнання	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Тепловий насос Octorus IS 48	1	160 000	160 000
Комплектуючі до теплового насосу	1	65 000	65 000
Колектори SCV- 58- 1800-30	2	39 000	78 000
Комплектуючі до колектора	1	80 000	80 000
Гібридний інвертор FSP Xpert Solar 3000VA PWM	1	12 300	12 300
Акумулятор SIAP 4BS 252	108	5 000	540 000
Сонячна батарея LUXEN LNSK-340MC	12	4 500	54 000
Всього:			989 300

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						80

Сумуємо вартість монтажно-налагоджувальних робіт:

$$K_{\text{мн}} = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{пр}} / 1000, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де: Ч – чисельність інженерів-монтажників, необхідних для виконання даних робіт, (Ч = 4 чол.);

a – годинна вставка інженерів-монтажників, (a = 280 грн/год);

t – час на виконання монтажно-налагоджувальних робіт, (t = 180 год);

K_д – коефіцієнт враховуючий розмір доплат, (K_д = 1,1);

K_{см} – коефіцієнт враховуючий відрахування на соц., заходи, (K_{см} = 1,22);

K_{пр} – коефіцієнт, що враховує інші затрати, (K_{пр} = 1,05).

$$K_{\text{мн}} = \sum (4 \cdot 280 \cdot 180) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 / 1000 = 284,075 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Знаючи габарити обладнання, розрахуємо скільки коштів необхідно для його транспортування

$$K_{\text{тран-заг}} = K_{\text{обл}} \cdot 0,03 = 989\,300 \cdot 0,03 = 29\,679 \text{ грн} \quad (5.3)$$

Розраховуємо величину проектних капіталовкладень, K_{пр}, тис. грн.:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{обл}} + K_{\text{мн}} + K_{\text{тран-заг}} = 989\,300 + 284,075 + 29\,679 = 1\,019\,263 \text{ грн} \quad (5.4)$$

5.2 Визначення експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати – це операційні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені у грошовій формі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						81

До основних елементів експлуатаційних витрат належать:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- витрати на обслуговування та ремонт обладнання (C_t);
- вартість споживаної електроенергії об'єкта проектування (C_e).

5.2.1 Амортизаційні відрахування

Амортизація основних засобів визнається виходячи з терміну її використання. Строк корисного використання (експлуатації) основних фондів та нематеріальних основних фондів визначається незалежно на основі очікуваних економічних вигод, технічних та якісних характеристик основних фондів, моральної та фізичної амортизації, а також інших факторів, які можуть впливати на можливість використання.

Податковий кодекс України дозволяє використовувати простий метод (пропорційний), при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується протягом строку корисного використання матеріальних активів.

Ми обчислюємо норму амортизації за прямолінійним методом, постійно протягом усього періоду амортизації:

$$H_a = (\Phi_n - Л) / (\Phi_n - T_n) \cdot 100 \% \quad (5.5)$$

де: Φ_n – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів, грн;

$Л$ – ліквідаційна вартість основних коштів, в даному випадку їх визначити неможливо, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється приймати ($Л = 0$);

T_n – строк корисного використання (амортизаційний період), рік, ($T_n = 12$).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					82

$$H_a = (1\,019\,263 - 0) / (1\,019\,263 - 12) \cdot 100 \% = 100 \% \quad (5.6)$$

Тоді річні амортизаційні відрахування за прямолінійним методом:

$$C_o = (\Phi_n - H_a) / 100 = (1\,019\,263 - 100) / 100 = 10\,191,63 \text{ грн/рік} \quad (5.7)$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Найменування показників	Капітальні затрати, грн	Норма амортизації, %	Найменування показників, грн
Обладнання	1 019 263	100	10 191,63

5.2.2 Розрахунок річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

Щорічні витрати на обслуговування та ремонт цих установок визначаються загалом у відсотках від інвестиційних витрат: для цього обладнання - 1%.

Розраховуємо річні витрати на технічне обслуговування та ремонт електрообладнання, $V_{\text{рем}}$, грн:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \left(R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma} + \frac{S_i \cdot P_i}{T_i} \cdot T_{\Phi} \right), \text{ грн/рік} \quad (5.8)$$

де: n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту ($n = 1$);

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, ($R_i = 280$ грн/год);

t_i – складність ремонту з категорією тяжкості ремонту в ремонтному блоці, за видами ремонту, із середнім рівнем ремонту 8 год/од.;

m_i – число ремонтів за рік, ($m_i = 1$ од.);

R_Σ – сумарна категорія тяжкості ремонту в залежності від виду електрообладнання, так як потужність від 0,5 до 5 кВт, то приймається ($R_\Sigma = 1,3$ кВт);

S_i – вартість однотипних замінних елементів, (складають 410 грн);

P_i – кількість однотипних замінних елементів, ($P_i = 5$ од.);

T_i – середній термін служби деталей даного типу, ($T_i = 19020$ год);

T_ϕ – число годин роботи обладнання в рік, ($T_\phi = 3650$ год).

$$C_T = \sum (280 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1,3 + (410 \cdot 5 / 19020) \cdot 3650) = 3305,40 \text{ грн/рік} \quad (5.9)$$

5.3 Визначення вартості спожитої електроенергії.

Розраховуємо кількість спожитої за рік електроенергії:

$$W_{ps} = T \cdot P_{m.cym}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.10)$$

де: $P_{m.cym}$ – активне навантаження всіх електроприймачів, ($P_{m.cym} = 4,272$ кВт);

T – номінальний час роботи електрообладнання на рік, ($T = 365 \cdot 10$ год).

$$W_{ps} = 365 \cdot 10 \cdot 4,272 = 15\,592,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.11)$$

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року:

$$C_e = W_{ps} \cdot C_e, \text{ грн} \quad (5.12)$$

де: C_e – тариф на електроенергію станом на 30.04.2026 р, ($C_e = 4,32$ грн/кВт · год).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						84

$$C_e = 15\,592,8 \cdot 4,32 = 67\,360,90 \text{ грн/рік} \quad (5.13)$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть, грн:

$$C = C_o + C_T + C_e = 10\,191,63 + 3305,40 + 67\,360,90 = 80\,857,93 \text{ грн} \quad (5.14)$$

5.4 Визначення часу окупності.

Визначаємо витрати на проектно-конструктивні роботи, грн:

$$E_{\text{річна}} = C - W_{\text{ps}} = 80\,857,93 - 15\,592,8 = 65\,265,13 \text{ грн/ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.15)$$

Для даного проекту, термін окупності повинен бути: до 15-20 років

Розраховуємо термін окупності для даного проекту, роки:

$$T_{\text{ок}} = \Phi_{\text{п}} / E_{\text{річна}} = 1\,019\,263 / 65\,265,13 \approx 15,6 \text{ років} \quad (5.16)$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат:

$$E_p = E_{\text{річна}} / \Phi_{\text{п}} = 65\,265,13 / 1\,019\,263 = 0,064 \% \quad (5.17)$$

Нормативне значення коефіцієнта ефективності:

$$E_n = 1 / T_{\text{он}} = 1 / 16 = 0,063 \quad (5.18)$$

Відповідно:

$$E_p \geq E_n \rightarrow 0,064 \geq 0,063 \quad (5.19)$$

$E_p > E_n$ виконується, а отже економічно підтверджується доцільність впровадження проектного варіанту.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					85

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

У даному розділі виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження системи енергозберігаючого будинку з використанням відновлюваних джерел енергії. Проведено розрахунок капітальних витрат на придбання, транспортування та монтаж обладнання, до складу якого входять тепловий насос, сонячні колектори, фотоелектрична система, інвертор та акумуляторні батареї.

Загальна величина капіталовкладень склала 1 019 263 грн. Річні експлуатаційні витрати, що включають амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання, а також оплату спожитої електроенергії, становлять 80 857,93 грн/рік.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що термін окупності запропонованої системи становить близько 15,6 року. Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень дорівнює 0,064, що перевищує нормативне значення 0,063. Це підтверджує економічну доцільність впровадження розробленої системи енергозабезпечення.

Отримані результати свідчать, що використання теплового насоса, сонячних колекторів та фотоелектричної системи дозволяє знизити залежність будинку від традиційних енергоносіїв, підвищити рівень енергоефективності та забезпечити економію коштів у довгостроковій перспективі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						86

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розглянуто питання енергозабезпечення енергозберігаючого будинку із використанням сучасних енергоефективних технологій та відновлюваних джерел енергії.

У першому розділі проведено аналіз концепції енергозберігаючих будинків, розглянуто основні принципи пасивного будівництва, сучасні теплоізоляційні матеріали та конструктивні рішення, що забезпечують мінімізацію енергоспоживання будівлі. Встановлено, що впровадження енергоефективних технологій дозволяє значно знизити витрати на опалення та електропостачання протягом усього терміну експлуатації будинку.

У другому розділі виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та визначено теплові втрати будинку. За результатами розрахунків сумарні теплові втрати склали 9875,6 Вт, а внутрішні тепловиділення від мешканців, освітлення та електроприладів – 1765,6 Вт. Отримані результати стали основою для подальшого вибору системи опалення та гарячого водопостачання.

У третьому розділі виконано розрахунок системи опалення та гарячого водопостачання. Для забезпечення потреб будинку в тепловій енергії обрано тепловий насос типу «грунт-вода» Ostorus IS 48 тепловою потужністю 10 кВт. Для гарячого водопостачання обрано систему із двох вакуумних сонячних колекторів SCV-58-1800-30 та накопичувального бака Termico об'ємом 300 л. Запропоновані технічні рішення забезпечують ефективне використання відновлюваних джерел енергії та зменшують споживання традиційних енергоресурсів.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						87

У четвертому розділі виконано розрахунок системи освітлення будинку та здійснено вибір основного обладнання фотоелектричної системи, зокрема інвертора та акумуляторних батарей. Запропонована система дозволяє забезпечити надійне електропостачання освітлення та підвищити рівень енергетичної незалежності будинку.

У п'ятому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проєкту. Загальні капіталовкладення у створення системи енергозабезпечення становлять 1 019 263 грн. Річні експлуатаційні витрати складають 80 857,93 грн, а розрахунковий термін окупності проєкту становить близько 15,6 року. Отримані результати підтверджують економічну доцільність впровадження запропонованої системи енергозабезпечення.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута. У результаті виконаних розрахунків розроблено комплексну систему енергозабезпечення енергозберігаючого будинку, що поєднує тепловий насос, сонячні колектори та фотоелектричну систему. Запропоновані рішення забезпечують зниження споживання традиційних енергоносіїв, підвищення енергоефективності будівлі, зменшення експлуатаційних витрат та скорочення негативного впливу на навколишнє середовище. Отримані результати можуть бути використані під час проєктування та будівництва сучасних енергоефективних житлових будинків.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						88

Список використаної літератури.

1. Будівництва першого Пасивного Будинку. Режим доступу:
1) <https://passivehouse-igua.com/passive-house/>
2) <https://studfile.net/preview/12643430/>
3) https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасивний_будинок
2. Офіційна база даних «пасивних будинків». Режим доступу:
<https://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-standard/>
3. Метеріали для будівництва будинку. Режим доступу:
https://www.ernst.kiev.ua/Passiv-Haus_ua.html
<https://alterair.ua/stati/passivnyi-dom/>
4. Інститут пасивного будинку. Режим доступу:
<https://passivehouse.com/en/home/institute>
5. Пасивний будинок на території України. Режим доступу:
<http://cikavosti.com/budivnitstvo-budinku-yakiy-material-krashhe/>
6. Пасивний будинок. Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасивний_будинок
7. Будівельний експерт. Режим доступу: https://vipdom-proverka-nedvizhimosti.kiev.ua/?utm_source=google&utm_medium=cp
8. Довідка. Щільність, теплопровідність, теплоємність будівельних, теплоізоляційних та інших матеріалів. Режим доступу: https://ecobogrev.com/ua/a233242-spravka-plotnost-teploprovodnost.html?srsId=AfmBOopvLwRguH2tuVeFYs32WWOLlqq_XGMrb3COhtfHvqmhovVIEtu2
9. ДСТУ - Н Б В.1.1-27 :2010. Будівельна кліматологія. Режим доступу:
<https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelna-klimatologiya.pdf>

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						89

10. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Режим доступу: https://dbn.co.ua/dbn/dbn_v.2.6-31.pdf
11. Утеплювач “Roofrock 30 E”. Режим доступу: <https://iteragroup.com.ua/ua/teploizoljacija-roofrock-30e.html>
12. Утеплювач “ISOVER Akuplat+”. Режим доступу: <https://mizol.ua/ua/154003-uteplutely-isover-akuplat-100-mm-72-kvmup-20-uppal>
13. Утеплювач мінвата “Isover KT-40”. Режим доступу: <https://bm.kiev.ua/utepluvach/minvata-isover-kt-40-50-mm-20-m2>
14. Джерело безперебійного живлення Елім ПНК-12-600 Режим доступу: <https://minus-plus.com.ua/dzherelo-bezperebijnogo-zhivlennja-elim-pnk-12-600/>
15. Акумулятор для ДБЖ 12В 200 Аг Ventura GPL 12-200. Режим доступу: <https://toptok.ua/akumulyator-ventura-gpl-12-200/>
16. Сонячні батареї Prolog Semicor. Режим доступу: <http://semicor.com.ua/ua/product/sonyachna-panel-batareya-prolog-semicor-psm-275vt/>
17. Інвертори напруги. Керівництво по експлуатації інверторів серії ПНК. Режим доступу: <https://elim-ua.com.ua/files/PNK.pdf>
18. Тепловой насос Octorus IS 48. Режим доступу: <https://energiya-prirody.prom.ua/ua/p2894082154-teplovoj-nasos-octorus.html>
19. КСВа-3,15 “ВК-32” Режим доступу: <https://megavat.com.ua/products/kotly-vodogrijni/kotly-stalevi-vodogrijni-ksva-vk-32/ksva-3-15-vk-32/>
20. Сонячний колектор RUCELF SCV-58-1800-30. Режим доступу: <https://e-ctr.com.ua/ua/teplovoe-oborudovanie/solnechnye-kollektory/solnechnyy-kollektor-rucelf-scv-58-1800-30>

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						90

21. Тепловий насос та принцип роботи. Режим доступу:

1) https://ecoaction.org.ua/teplovi-nasosy-u-opalenni.html?gad_source=1&gad_campaignid=15339288868&gclid=Cj0KCQjwio_RBhDMARIsAJPveNN_tYuQjurKNe_1a-Ky9DR5oBIAsazCWnEPVr9zm2r2qGdc21p1YOYaAvbdEALw_wcB

2) <https://aquamen.com.ua/bloh/ptyntsyp-raboty-teplovoho-nasosa>

3) <https://сахара.ua/kompaniya-statti-teplovoj-nasos-tehnologija-scho-postijno-rozvivajetsja>

22. Різновидність теплових насосів. Режим доступу:

1) <https://www.youtube.com/watch?v=spHRbfO4cNQ>

2) https://aw-therm.com.ua/teplovi-nasosi-grunt-voda-vidnovlyuvalni-dzherela-energiyi/?fbclid=IwAR2_UKvGAYbTKcxMvWFjNjvxkDDPifycP6ShS-6pN2dPiZ_p8E-VCDtO-yI

23. Гібридний інвертор FSP Xpert Solar 3000VA PWM. Режим доступу: <https://alfa.solar/uk/gibridnij-invertor-fsp-xpert-solar-3000va-pwm-id216.html>

24. Акумуляторна батарея SIAP 4BS 252. Режим доступу: https://220volt.com.ua/ua/akkumulyatornaya-batareya-siap-4bs-252/?srsltid=AfmBOor0QF4LFmTUF_CpQjcT3_TO74zFiXqKAuDpYE_dGIPZHJI-ldlhQ

25. Сонячна панель Luxen Solar LNSK-340M. Режим доступу: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-panels/luxen-maxpower-lnsk-340m?srsltid=AfmBOop4r6BwF-o4WWV9f1IEEn3IJRKtadHyQZKTmlezvmt>

26. Вантажоперевезення Дніпропетровськ. Режим доступу: <https://dptrans.com.ua/uk/dnipro/vantazhoperevezennya-dnipro/>

27. ДБН А3.1–9–2000. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Режим доступу: <http://kyiv-heritage.com/sites/default/files/ДБН%20А.3.1-9~2000%20Прийн%20в%20експл%20зах%20спор%20цив%20обор%20та%20ix%20утр%2073с.pdf>

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						91

28. ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”. Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dbn_v_2.5-28_2018.pdf
29. ДБН В.2.5-23:2025 “Проектування електроустановок житлових будинків та громадський будівель і споруд”. Режим доступу: <https://pozhezhni-systemy.org.ua/wp-content/uploads/2026/01/dbn-v-2-5-23-20>
30. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва - Дніпро: НГУ, 2018. - 15 с.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					91

ДОДАТОК А

План будинку

- поверхові плани;
- фасади;
- розміри приміщень.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						92

ДОДАТОК Б

Теплотехнічні розрахунки

- проміжні обчислення;
- таблиці коефіцієнтів теплопровідності матеріалів;
- кліматичні дані.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						93

ДОДАТОК В

Технічні характеристики обладнання

- паспорт теплового насоса Octorus IS 48;
- характеристика сонечних колекторів RUCELF SCV-58-1800-30;
- характеристики інвертора;
- характеристики акумуляторних батарей.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						94

ДОДАТОК Г

Схеми системи опалення та ГВП

- принципова схема теплового насоса;
- схема підключення сонечних колекторів;
- схема гарячого водопостачання.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						95

ДОДАТОК Д

Схема фотоелектричної системи

- схема підключення сонечних панелей;
- схема інвертора та акумуляторних батарей.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						96

ДОДАТОК Е

Економічні розрахунки

- розрахунок капітальних вкладень;
- амортизаційні відрахування;
- розрахунок терміну окупності.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						97

ДОДАТОК Е

Специфікація обладнання

- перелік обладнання із зазначенням кількості та вартості.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист
						98

