

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ «ПАСИВНОГО БУДИНКУ» В
ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Розробив:

магістрант групи 6-БПм _____ А. Д. Гаврилко
(підпис, дата)

Керівник:

д. т. н., професор _____ О. І. Філоненко
(підпис, дата)

Допустити до захисту:

завідувач кафедри БЦІ

д. т. н., професор _____ О. В. Семко
(підпис, дата)

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	10
1.1 Історичний екскурс, основні вимоги стандарту.....	10
1.2 Пасивне будівництво в Україні та нормативна база у сфері енергоефективності будівель.....	13
1.3 Основні аспекти пасивних будинків та їх пристосування до параметрів існуючої будівлі.....	16
1.4 Висновки за розділом 1	29
2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ.....	30
2.1 Загальні дані.....	30
2.2 Вихідні дані.....	30
2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій	34
2.4 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій.....	42
2.5 Визначення показників теплостійкості.....	47
2.6 Визначення енергетичних показників будинку.....	49
2.7 Висновки до розділу 2	62
3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛІ	63
3.1 Розрахунок теплотехнічних показників конструкцій.....	63
3.2 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій.....	71
3.3 Визначення показників теплостійкості.....	77
3.4 Визначення енергетичних показників будинку.....	81
3.5 Висновки до розділу 3	92
4. ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ	94
4.1 Умови будівництва.....	94
4.2 Методика виконання робіт.....	94
4.3 Безпека виконання робіт.....	96
4.4 Висновки до розділу 4	97
ВИСНОВКИ ЗА МАГІСТЕРСЬКОЮ РОБОТОЮ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотребы будівлі, кВт · год/м²;

$\Phi_{int,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k-го внутрішнього джерела Вт/м²;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-того елемента будівлі, Вт;

$\Phi_{sol,k}$ – сонячні теплонадходження;

C_m – внутрішня теплоємність будівлі, Вт · год/К;

A_{t_3} – максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря, °С;

A_f – кондиціонована площа будівлі, м²;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу, м²;

$A_{t_{роз}}$ – розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря, °С;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції застеленого елемента, м².

B' – характерний розмір підлоги, м;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застеленого елемента;

F_{cn} – площа непрозорого елемента, м²,

F_{cn} – площа світлопрозорої частини, м²;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом;

$F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів,;

$F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції;

F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління;

H_g – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

$H_{tr,adj,H}$, $H_{tr,adj,C}$ – загальні коефіцієнти теплопередачі трансмісією для режиму опалення та режиму охолодження, Вт/К;

$H_{ve,adj}$, – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

I_{cp} – середнє значення сумарної сонячної радіації, Вт/м²;

I_{max} – максимальне значення сумарної сонячної радіації, Вт/м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

L_i – лінійний розмір (проекція) i -того лінійного теплопровідного включення, м;

N_k – загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт.

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{DHW,need}$ – загальні енергопотребителі ГВП, кВт · год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

Q_{int} – теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі,
Вт · год;

Q_{ve} – сумарна теплопередача вентиляцією, Вт · год;

R_f – термічний опір підлоги, м² · К/Вт;

R_i – тепловий опір i -того шару конструкції, м² · К/Вт;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір;

R_{si} – Тепловий внутрішній поверхневий опір, м² · К/Вт ;

R_{Σ} – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м² · К/Вт ;

$R_{\Sigma cn}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки;

S_i – розрахунковий коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу окремих шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К)

d_t – еквівалентна товщина підлоги, м;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини

g_n – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння;

k_i – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К);

$q_{ve,k,mn}$ – величина витрати повітря, м³/год;

Ψ_1 – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К;

α_B, α_3 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

$\alpha_{3,л}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м² · К);

$\alpha_{H,0}, \alpha_{C,0}$ – довідкові безрозмірні числові параметри, що дорівнюють 1;

α_H, α_C – безрозмірні числові параметри

δ_i , – товщина i -того шару опорядження, м;

$\eta_{H,gn}, \eta_{C,gn}$ – безрозмірні коефіцієнти використання надходжень для опалення та для охолодження;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

λ_{ip} , – теплопровідність i -того шару опорядження, Вт/(м · К);

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, що дорівнює 0,33 Вт · год/ м³ · К.

$\tau_{H,0}, \tau_{C,0}$ – довідкові числові константи, що приймаються рівні 15 год.

D – теплова інерція шарів стінової огорожувальної конструкції;

EP – розрахункове значення питомого річного енергоспоживання будівлі, кВт · год/м² ;

F_n – опалювальна площа будинку, м²;

F_Σ – загальна площа огорожувальних конструкцій, м²;

P – зовнішній периметр підлоги, м;

R_e – опір паропроникненню, $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/\text{мг}$;

$R_{q,\text{min}}$ – нормативне значення приведенного опору теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{з}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

V_{h} – опалювальний об'єм будинку, м^3 ;

Y – коефіцієнти теплосвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огорожувальної конструкції;

μ – коефіцієнт паропроникності, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$;

P – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

E – парціальні тиски насиченої водяної пари

$n_{\text{об}}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год^{-1} ;

C – внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі $\text{Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A – площа підлоги, м^2 ;

t – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год;

w – загальна товщина зовнішньої стіни, м;

τ – часова константа будівлі, год;

v – мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с;

χ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

ВСТУП

Актуальність теми. Необхідність термомодернізації існуючих будівель на території України постійно зростає на фоні підвищення тарифів на такі послуги як опалення, гаряче водопостачання та електроенергія. Стандарт Пасивний будинок має необхідні параметри для забезпечення можливості зниження використання ресурсів, що дає змогу споживачу значно економити на комунальних послугах та підвищити рівень комфорту в будівлі.

Зв'язок роботи з науковим напрямом кафедри відповідає сучасним напрямам науково-технічної політики держави з питань енергозбереження, визначеними такими основними документами: Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (із змінами, внесеними згідно із Законом № 199-IX від 17.10.2019); Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р), а також Стратегія регіонального розвитку Полтавської області на 2021–2027 роки та План заходів з її реалізації на 2021 – 2023 роки.

Робота виконувалась на кафедрі будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у рамках держбюджетної теми «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497).

Об'єкт дослідження – енергоефективність індивідуальної забудови.

Предмет дослідження – пристосування параметрів стандарту «Пасивний будинок» до використання на території України.

Мета і задачі роботи. Головною метою роботи є модернізація існуючої будівлі для створення рівномірно комфортного житлового середовища та зменшення показників енерговитрат на опалення, охолодження та гаряче водопостачання за допомогою критеріїв, викладених у стандарті «Пасивний будинок»

Методи досліджень, які застосовуються в роботі. В ході виконання дипломної магістерської роботи було застосовано теоретичні методи дослідження, котрі включають в себе аналіз, узагальнення та пояснення результатів роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у застосуванні критеріїв стандарту «Пасивний будинок» для модернізації існуючої будівлі в поєднанні з методами розрахунків властивостей огорожувальних конструкцій за національними методиками та нормами і визначення рівня енергоефективності будівлі, необхідного для всіх умов житлового комфорту та економії на енергоспоживанні.

Практичне значення отриманих результатів. Враховуючи, що стандарт «ПБ» в індивідуальному будівництві використовувався в Україні лише для проєктування нових будівель та не має узагальненого ряду вимог для модернізації, високу практичну важливість має саме робота над їх пристосуванням до умов будівництва в Україні.

Особистий внесок магістранта полягає у перегляді та аналізі нормативної бази за стандартом «Пасивний будинок», адаптація його критеріїв ,їх порівняння з національними нормами, розрахунок теплотехнічних показників та вибір шляхів модифікації конструкцій за результатами розрахунків.

Об'єм роботи. Пояснювальна записка складається із титульного аркуша, змісту, переліку умовних позначень, вступу, основної частини, висновків та рекомендацій за результатами досліджень, списку використаних джерел та додатку. Вона викладена на 103 сторінках, включаючи 90 сторінок основної частини та 5 сторінок списку використаних джерел. Загальна кількість літературних джерел у списку становить 50. Текст основної частини містить 33 рисунки та 18 таблиць.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.

За визначенням Інституту пасивного будівництва [1] Пасивний Будинок — будівля, в якій тепловий комфорт досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву (або охолодження) маси свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції.

1.1 Історичний екскурс, основні вимоги стандарту.

Концепція «Пасивний Будинок» була розроблена професором Бо Адамсоном з Лундського університету (Швеція) і Вольфгангом Файстом, який на той час працював в Інституті Житла та Довкілля (Institut für Wohnen und Umwelt), а згодом, в 1996 році став засновником Інституту Пасивного Будинку міста Дармштадт (Німеччина).

Стандарт «Пасивний будинок» не передбачає чітких вимог до методів будівництва, так як дана концепція заснована на фізичних принципах, які можуть бути досягнені з використанням різного типу матеріалів, залежно від побажань розробників та замовників. Також універсальність стандарту дозволяє не тільки проєктувати нові споруди, а й модернізувати існуючі, незалежно від початкової конструкції. Перший у світі пасивний будинок було збудовано у 1991 році як експеримент. З 2015-го року крім основного виду пасивного будинку, що зараз має назву «Passive House Classic», додано дві нові категорії сертифікації «Passive House Plus» та «Passive House Premium». Попит енергії на опалення пасивного будинку, як і раніше не може перевищувати $15 \text{ кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \text{ на рік})$, та замість попиту на первинну енергію, який використовувався раніше, відтепер буде використовуватися попит на первинну енергію від поновлюваних джерел енергії. Тож для категорії «Passive House Classic» це значення буде дорівнювати $60 \text{ кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \text{ на рік})$.



Рис. 1.1-Перший Пасивний Будинок, 1991 рік, Дармштадт, Німеччина
(<https://passiv.de/>)

Будівля, побудована як «Passive House Plus» не може споживати відновлюваної первинної енергії більше, ніж $45 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \text{ на рік})$ та має генерувати принаймні $60 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \text{ на рік})$ енергії по відношенню до площі будівлі. Для «Passive House Premium» попит на енергію дорівнює $30 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \text{ на рік})$, та мінімум $120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \text{ площі})$ енергії, яка виробляється будівлею.[6]



Рис.1.2-: Класи Пасивного Будинку (<https://passiv.de/>)

Технології «пасивного будинку» за критеріями Інституту пасивного будівництва [1] передбачають виконання ряду вимог:

- 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 ° С) $\leq 10\%$.
- Результат тесту на герметичність (n50) $\leq 0,6$ год-1 зміни повітря.
- Загальний попит на первинну енергію ≤ 120 кВт/(м²/рік).



Рис.1.4-Важливі технологічні складові Пасивного Будинку

(<https://passivehouse-igua.com/>)

Зазвичай нові будівлі зводяться з розрахунку служби терміном до 50 років, а нові технології виникають кожні 10 років, зносити та будувати заново не є раціональним рішенням, тож Інститутом пасивного будівництва розроблено покрокові рекомендації з модернізації існуючих житлових будівель. Так одним з напрямків роботи Інституту є енергетичне переоснащення існуючих будівель за стандартом EnerPHit, що базується на стандарті пасивного будинку. EnerPHit та можливість його застосування в умовах індивідуального житлового будівництва в Україні є основою даної магістерської роботи.

Враховуючи, що стандарт модернізації не пристосовано до умов будівництва в Україні надалі в роботі буде дотримано все ж таки стандарту «Пасивний будинок» та посилення до його вимог для точності розрахунків та зручності в роботі.

1.2 Пасивне будівництво в Україні та нормативна база у сфері енергоефективності будівель.

В Україні стандарт «Пасивний будинок» використовується з 2008 року та саме поняття не виокремлене в будівельних нормах. Правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель визначаються Законом про енергетичну ефективність будівель [43]

Статтею 6 цього закону встановлено, що мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель розраховуються за методикою визначення енергетичної ефективності будівель затвердженої наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169 [44]

Методика також встановлює перелік показників енергетичної ефективності будівель та обов'язкові параметри, що враховуються при визначенні енергетичної ефективності будівлі, такі як місцеві кліматичні умови, функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення, геометричні (враховуючи

розташування та орієнтацію огорожувальних конструкцій), теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі, енергетичний баланс будівлі, санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі, нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та їх елементів (у тому числі обладнання), інженерних систем, технічні характеристики інженерних систем, використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації, та їх вплив на показники енергоефективності будівель. Також дана методика встановлює порядок визначення кондиціонованої площі та об'єму будівлі [44].



Рис.1.5 – Нормативні документи, що потребують перегляду та вдосконалення.
Курс лекцій «Навчальний проект з енергетичної ефективності та енергетичного аудиту в Україні»

(<https://eefund.org.ua/bezkoshtovniy-onlayn-kurs-z-energoaudituv-ramkakh-proektu-e-etap>)

Нормативна база у сфері енергоефективного будівництва в Україні потребує удосконалення, а особливо ряд основних документів такі як:

- ДБН В.1.2-11:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
- ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель
- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

До переліку документів, що потребують перегляду також необхідно додати норми та стандарти на конструктивні рішення теплоізоляції будівель, стандарти на методи розрахункового оцінювання енергетичних показників та стандарти на енергоефективність інженерних систем.



Рис.1.6 - Перший пасивний екобудинок в Україні. «Дім сонця» м.Київ.
2008 рік (https://passivehouse-database.org/index.php#d_1539)

1.3 Основні аспекти пасивних будинків та їх пристосування до параметрів існуючої будівлі.

Пропонуємо розглянути основні аспекти будівництва, які забезпечать дотримання стандарту та мають ключове значення під час модернізації існуючої будівлі.

Вибір розташування будівлі та орієнтація за сторонами світу. Сезонні вітри, рельєф, заплановані або існуючі зелені насадження є основними критеріями для вибору орієнтації будівлі. Найкраще підходять ділянки, на яких відсутнє затінення південної сторони, так як для надходження сонячної енергії це має ключове значення. При модернізації існуючої будівлі в Полтаві, у зв'язку з розрідженою забудовою та невеликою висотністю кварталу, необхідно передбачити засоби затінення і додати над світлопрозорими конструкціями навіси таких габаритів, щоб захищати приміщення від перегріву влітку, але не перешкоджати попаданню сонячної енергії в приміщення в зимовий період. Також розглянути можливість використання рухомих засобів затінення (ролети, жалюзі тощо). Розташування додаткових джерел енергії (сонячні батареї) також необхідно передбачити на південному фасаді.

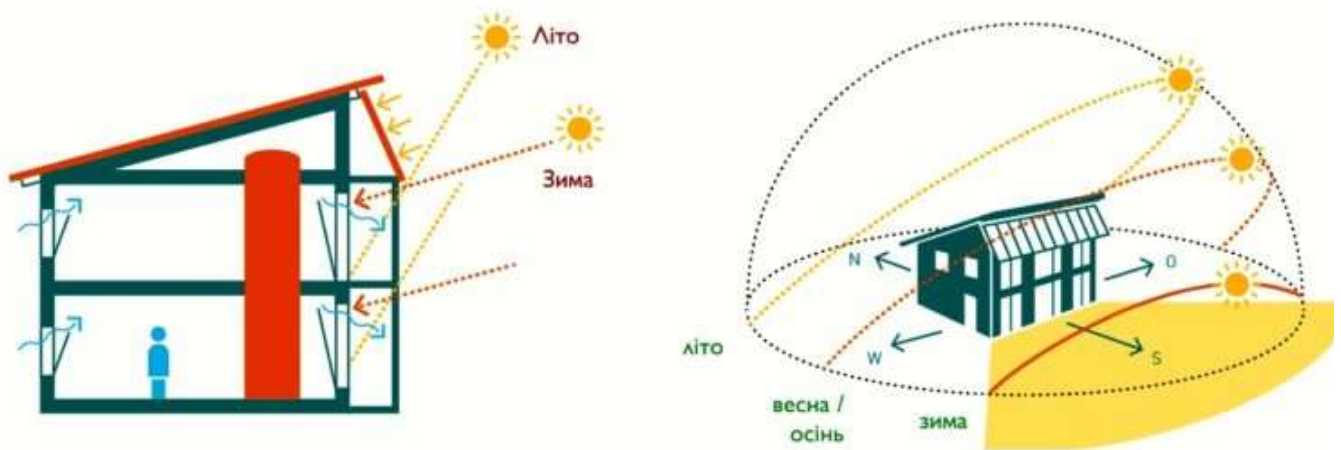


Рис.1.4-Орієнтація будинку за сторонами світу

(<https://comfortsellers.com.ua/pasyvnyy-budynok-shcho-tse-perevahy-ta-nedoliky/>)

Об'ємно-планувальне рішення будівлі. Напівсфера є оптимальним варіантом для максимального обсягу та мінімальній площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, але тільки для новобудов, тож даний аспект при модернізації існуючої будівлі враховано не буде.

Утеплення зовнішніх конструкцій. Даний аспект модернізації є досить важливим та стосується усіх видів огорожувальних конструкцій від фундаментів до даху. Різноманіття матеріалів та технологічних рішень для таких конструкцій дозволяє досягти бажаних результатів при різних вихідних даних. Утеплення раціональніше улаштувати зовні, а особливу увагу необхідно приділяти стикам конструкцій. Для мінімізації містків холоду, що утворюються на місцях стиків конструктивних елементів, місцях проходження кабелів і труб крізь ізольовану оболонку будівлі, з'єднаннях різних будівельних матеріалів, швах примикань прибудов та еркерів, а також мансардних, слухових вікнах і горіщних люках.

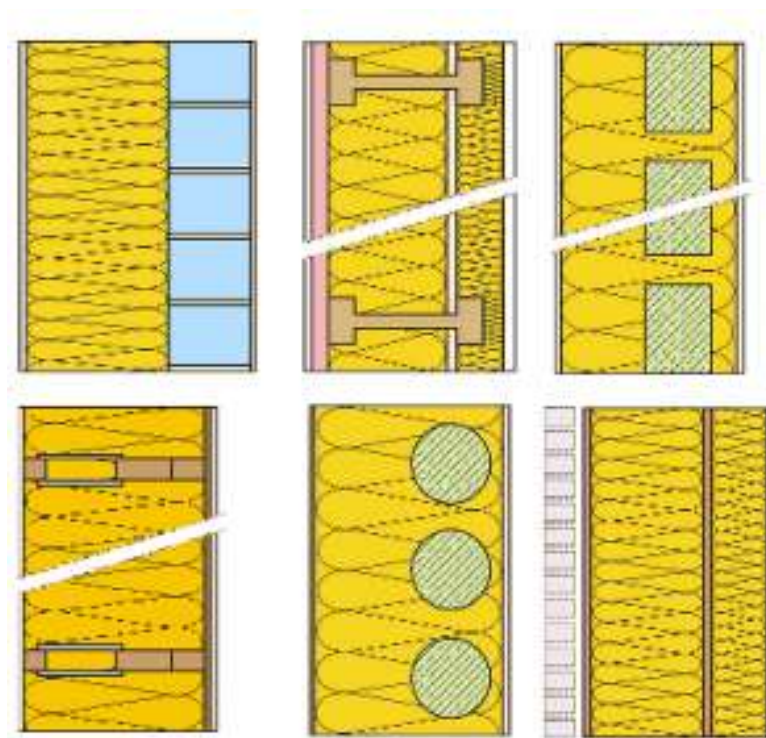


Рис.1.4-Приклади утеплених конструкцій, що відповідають вимогам пасивного будинку. (<https://passivehouse-igua.com/passive-house/the-level-of-insulation-passive-houses/>)

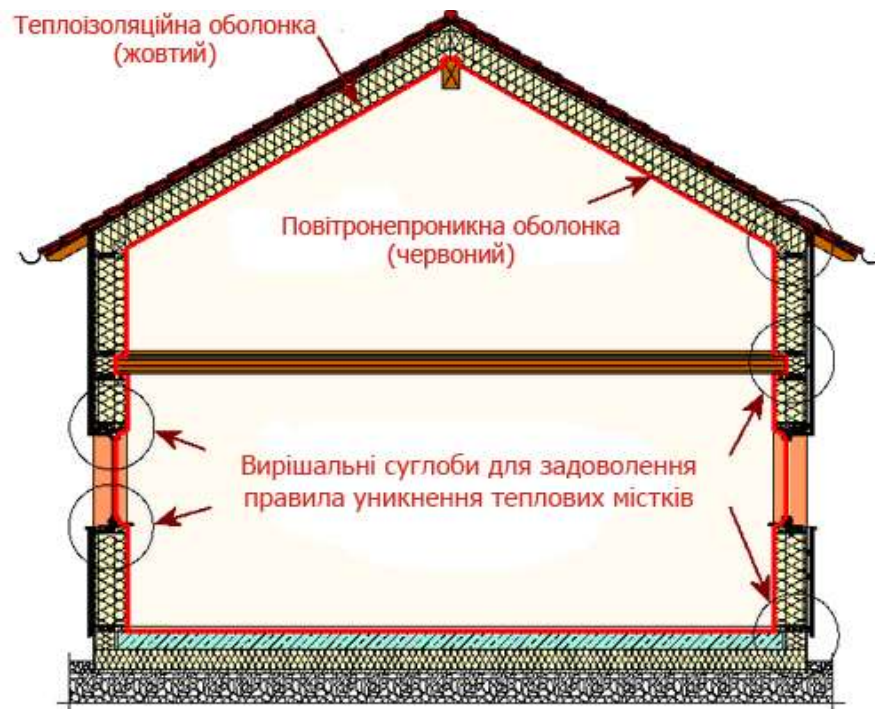


Рис.1.5-Основні місця утворення теплових містків

(<https://passivehouse-igua.com/passive-house/thermal-bridges/>)

Для задоволення критерію «конструювання без теплових містків» тепловтрати від них мають бути менше ніж граничне значення лінійного коефіцієнта теплопередачі, що дорівнює $0,01 \text{ Вт/м}^2$. При дотриманні цього критерію мінімізується можливість утворення холодних і вологих зон та знижується трудомісткість розрахунку по визначенню теплової енергії на опалення.

Одним з важливих аспектів утеплення будівлі є заміна вікон та дверей на ті, що задовільняють вимоги енергоефективності. Рекомендується використовувати в пасивному будівництві теплі вікна, що згідно з європейськими нормами (EN 10077) мають коефіцієнт теплопередачі менше $0,8 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Теплі вікна є вирішальними у забезпеченні комфорту в приміщенні та мають такі особливості [6]

- Потрійне скління з двома низькоемісійними покриттями і заповненням інертним газом або аналоги такої конструкції.
- Теплоізольоване з'єднання скління з віконною рамою, застосування спеціальних дистанційних рамок по краях склопакетів;
- Теплоізольовані віконні рами.

Для дверей важливо зберігати тепло від сонячних променів та водночас не пропускати холодне повітря усередину будинку, тож температура внутрішньої поверхні дверей має бути досить висока. Відповідно до EN 10077, середній коефіцієнт теплопередачі $U=0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ для дверей має бути закладений при проектуванні пасивного будинку.



Рис.1.6-Приклад вхідних дверей для холодного клімату
(<https://www.passivhausfenster.com/en/homeowners>)

Герметичність будівлі. Даний аспект будівництва стосується не тільки пасивних будинків та має значний вплив на якість та довговічність служби конструкцій. Внаслідок руху теплого повітря з водяною парою зсередини назовні, будівельні конструкції руйнуються та пошкоджуються. Також герметичність будівлі значно підвищує комфорт у житлових приміщеннях, що часто є одним з основних факторів при виборі житла.

Перевірка житла на герметичність відбувається за допомогою «Blower-Door Test» або перевірка тиском. Згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»[45], регламентується $n_{об}$ — середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год.⁻¹, що визначається експериментально або приймається за

будівельними нормами проектування. Для приміщень житлових та громадських будівель – за вимогами ДБН В.2.2-15. Для пасивного будівництва, зазвичай, приймаються нижчі показники. Максимальне значення $n_{50} \leq 0.6 \text{ год.}^{-1}$, а на практиці ці показники варіюються від 0,2 до 0,6 год.^{-1} . Таких результатів можна досягти за умови ретельного проектування та сумлінного виконання герметичної оболонки будівлі [1]. Хоча найважливішим параметром пасивного будинку є якісна теплоізоляція, герметичність також впливає на загальну енергоефективність будівлі і є складною з точки зору якісного виконання робіт.

Для забезпечення якісної герметизації при модернізації існуючої будівлі, необхідно встановити якісний контроль виконання робіт із заміни вікон, дверей та переглянути конструкцію даху в місцях стиків.

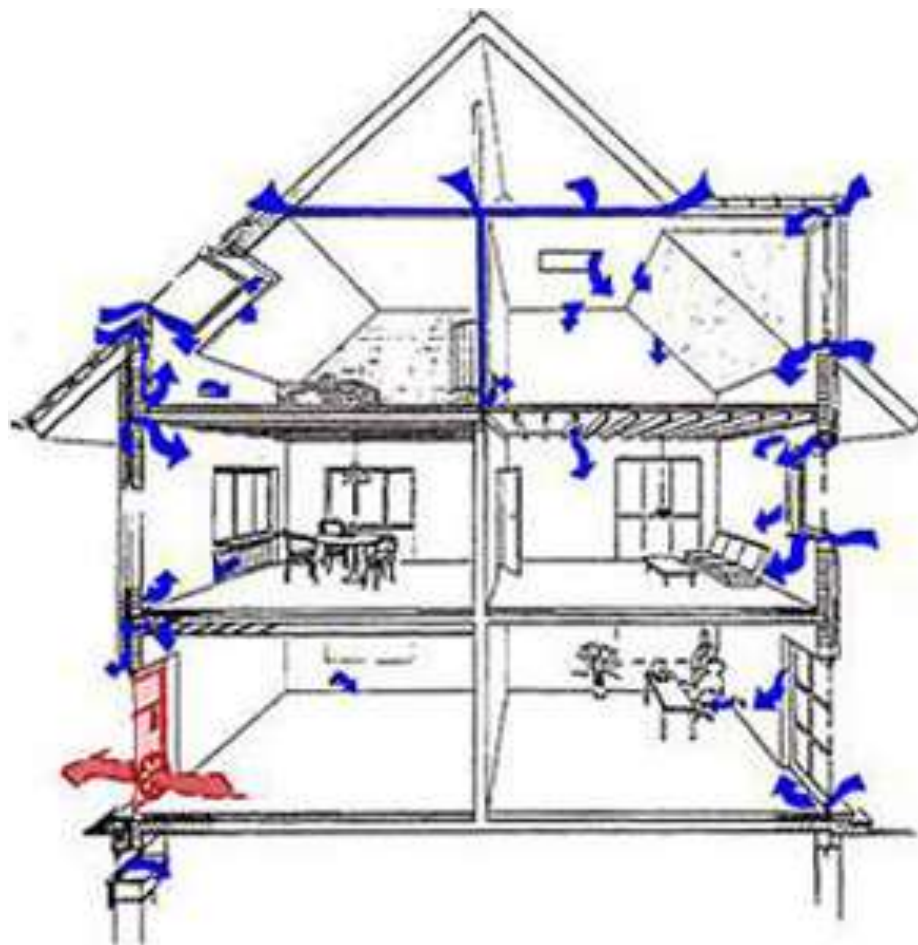


Рис.1.7-Схема розташування у будинку можливих негерметичних сполучень

(<https://blower-door-harms.de/blowerdoor-test.html>)

Якісна вентиляція будівлі. Для створення комфортного і здорового мікроклімату у герметичній будівлі обов'язковим заходом є улаштування якісної вентиляції. Повітрообмін має бути регулярним, гарантованим і достатнім, в зимову пору року це може здійснюватися лише за контрольованої, зручної в управлінні системи вентиляції. Інфільтрація, тобто вентиляція за рахунок проходження повітря через негерметичну оболонку будівлі для пасивного будинку недопустима. Для досягнення кратності повітрообміну $0,33 \text{ м}^3/\text{год}$ необхідно відкривати вікна на 5-10 хвилин кожні 3 години, але в дійсності це відбувається набагато рідше, тож якість повітря понижується і зростає вірогідність підвищення вологості повітря [7]. Так метою вентиляції є зниження такого ризику, тому що занадто висока вологість призводить до пошкодження і руйнування будівельних конструкцій. Для Пасивних Будинків доцільно використовувати механічну вентиляцію з рекуперацією тепла. Даний тип вентиляції передає тепло від витяжного повітря свіжому припливному. Це дозволяє знизити викиди та зберегти енергію, так як відбувається зниження попиту енергії на опалення на 57%.

Даний аспект пасивного будівництва реально реалізувати при модернізації будівлі, використовуючи існуючі канали вентиляції та улаштування нових, для подачі свіжого повітря в житлові приміщення.

Для оптимальної вентиляції можна використовувати дану систему, яка полягає в тому, що відведення відпрацьованого повітря відбувається з приміщень, де частіше за все акумулюється тепло, волога і небажані запахи (кухня, ванні кімнати і тд). Це повітря проходить через теплообмінник, де тепло передається свіжому повітрю та направляється у житлові кімнати.

Для модернізації вентиляції в існуючій будівлі за такою схемою можна використовувати існуючі вентиляційні канали для відведення використаного повітря та розглянути можливість прокладення каналів подачі свіжого повітря. Висота стель дозволяє влаштувати канали подачі у просторі приміщення на першому поверсі, а на другому використати простір у конструкції крокв'яної системи.



Рис.1.8-Принцип вентиляції пасивного будинку (<https://passivehouse-igua.com/passive-house/ventilation-of-airtight-passive-house/>)

Альтернативні джерела енергії. Задля економії споживання зовнішньої енергії, а також для збільшення енергоефективності будинку застосовується ряд інженерних рішень, які включають ще і виробництво електроенергії. До таких рішень відносяться засоби економії на підігріві та охолодженні повітря в різну пору року завдяки ґрунтовим теплообмінникам, а також використання альтернативних джерел енергії для забезпечення потреб споживачів різного плану.

Ґрунтовий теплообмінник. Влаштування вентиляції в приватному будинку передбачає повітрозбірник свіжого повітря через ґрунтовий теплообмінник, що представляє собою трубу, прокладену по ділянці землі нижче глибини промерзання ґрунту (1,5- 2 метри). Так як температура ґрунту залишається постійною протягом року і становить приблизно 8-10 °С, то взимку, проходячи по трубі теплообмінника, припливне повітря нагрівається до температури, що становить приблизно 0 °С.

Даний захід знижує споживання електроенергії для нагріву цього повітря, та попереджує випадання інію на рекуператорі, що перекриває приплив повітря. Влітку повітря охолоджується, проходячи через ґрунтовий теплообмінник, що знижує потребу в кондиціонуванні або взагалі її виключає. Конструкції теплообмінників можна класифікувати та використовувати залежно від умов будівництва та доступної площі за трьома типами:

- Горизонтальні;
- Вертикальні;
- Теплообмінники типу «кошик» та «спіраль».

Горизонтальний теплообмінник є найпростішим з точки зору монтажу та найдешевшим варіантом, так як не вимагає глибокого укладання. Достатньо розмістити його нижче глибини промерзання ґрунту (1-3 метри, залежно від географічного положення та типу ґрунту). Недоліком такої системи є велика займана площа, на якій не можна зводити споруди або навіть саджати дерева, задля запобігання руйнування теплообмінника кореневою системою.

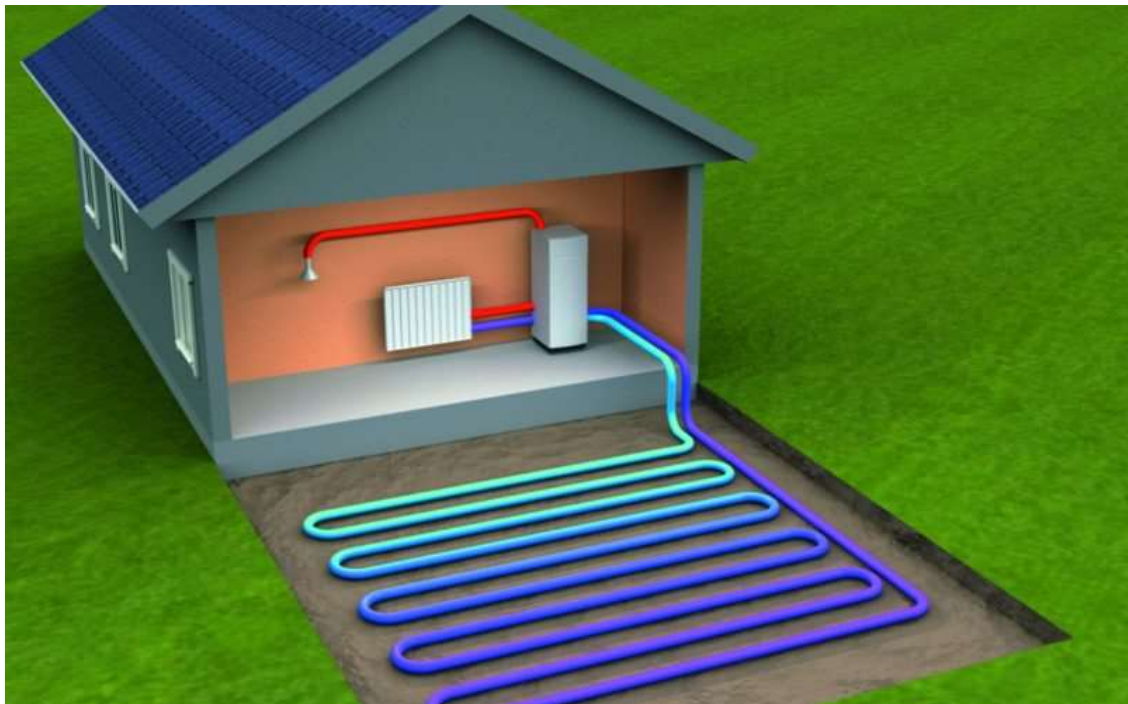


Рис.1.9-Приклад улаштування горизонтального ґрунтового теплообмінника
(<https://vbud.in.ua/yak-samostijno-vigotoviti-gruntovij-teploobminnik/>)

Вертикальний ґрунтовий теплообмінник представляє собою пластикову трубу діаметром від 32 мм, що занурюється в свердловину глибиною від 20 до 300 метрів і діаметром 120-200 мм. Теплообмінник «Зонд» використовує геотермальну енергію надр Землі, завдяки яким температура ґрунту на глибині від 20 м протягом року стабільна і дорівнює приблизно 8-10 °С.

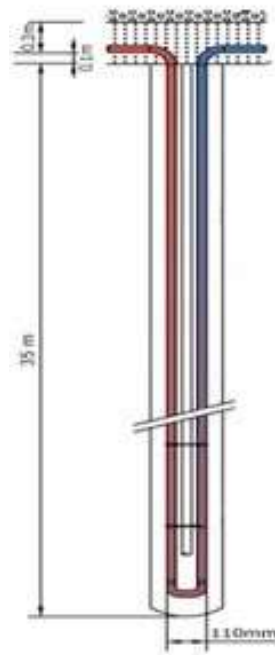
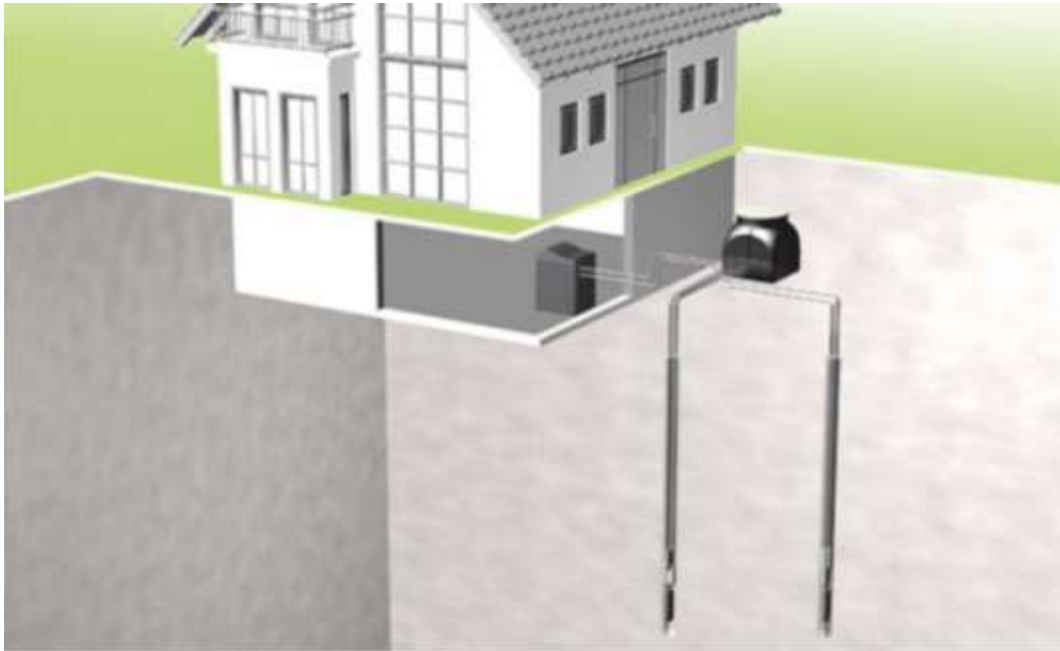


Рис.1.10- Улаштування вертикального теплообмінника

(<https://solarsoul.net/gruntovye-teploobmenniki-dlya-geotermalnogo-teplovogo-nasosa>)

Теплообмінники типу «кошик» та «спіраль» є гібридами вертикального та горизонтального типів, вкладаються на глибині до 5 метрів.



а)



б)

Рис.1.11-а) «спіральний» б) «корзина» <https://solarsoul.net/gruntovye-teploobmenniki-dlya-geotermalnogo-teplovogo-nasosa>

З огляду на розташування поряд з будинком дерев, що є частиною засобів затінення в літній час, улаштування горизонтального теплообмінника не є можливим. Використання вертикального або гібридного типів більш імовірно, тож їх доцільність та необхідність використання буде розглянуто в даній роботі в наступних розділах.

Наступним кроком до підвищення енергоефективності будівлі є встановлення додаткових джерел енергії, таких як сонячні колектори, сонячні панелі або вітрові генератори.

Сонячна енергія є однією з найдоступніших джерел відновлювальної енергії, тож її використання скорочує кількість шкідливих викидів та є досить

зручним. Спеціальне обладнання дозволяє перетворювати енергію Сонця на теплову та електричну.

Для використання цієї енергії використовуються сонячні колектори, що перетворюють сонячне випромінювання на придатну для людських потреб теплову енергію, яку в основному використовують для гарячого водопостачання та опалення будівлі.

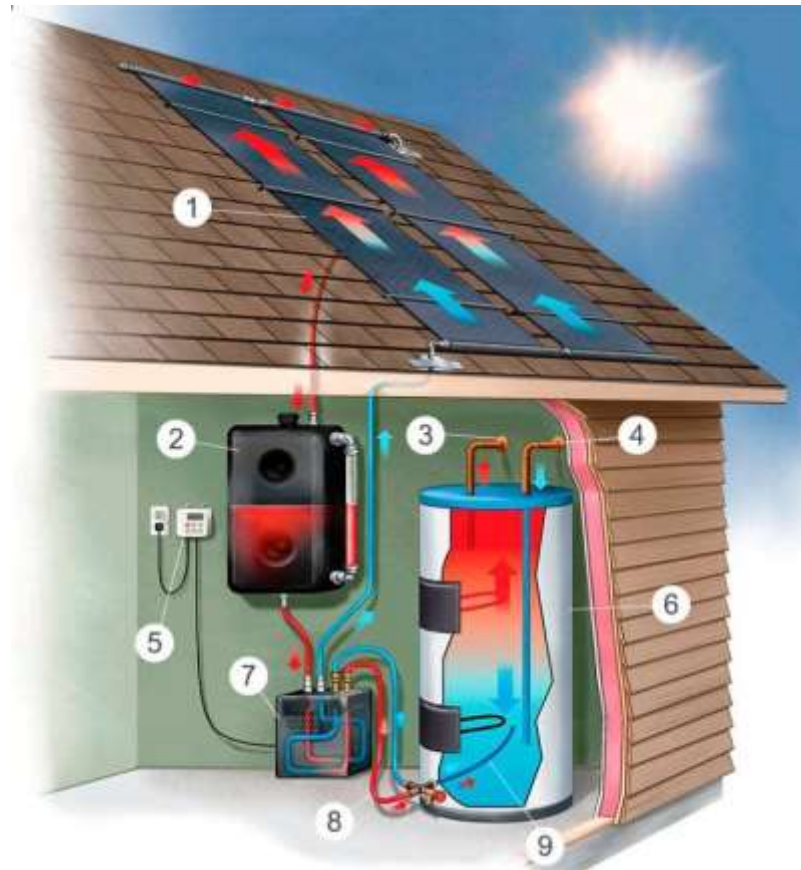


Рис.1.12-Принцип роботи сонячного колектору

1. Сонячний колектор. 2. Буферний бак. 3. Гаряча вода. 4. Холодна вода 5. Контролер.
6. Теплообмінник. 7. Помпа. 8. Гарячий потік. 9. Холодний потік.

<https://cutt.ly/iTfmPMe>

Сонячні батареї (фотоелектричні модулі) застосовуються для вироблення електроенергії та має відмінний від колекторів принцип дії. Фотоелектричні перетворювачі створені з моно- або полікристалічного кремнію є основними складовими сонячної батареї. Електрична енергія, яку виробляють модулі накопичується в акумуляторах та через контролер та інвертор подається

споживачам. Саме доцільність та необхідність використання сонячної енергії для модернізації даного об'єкту буде розглядатись в наступних розділах.

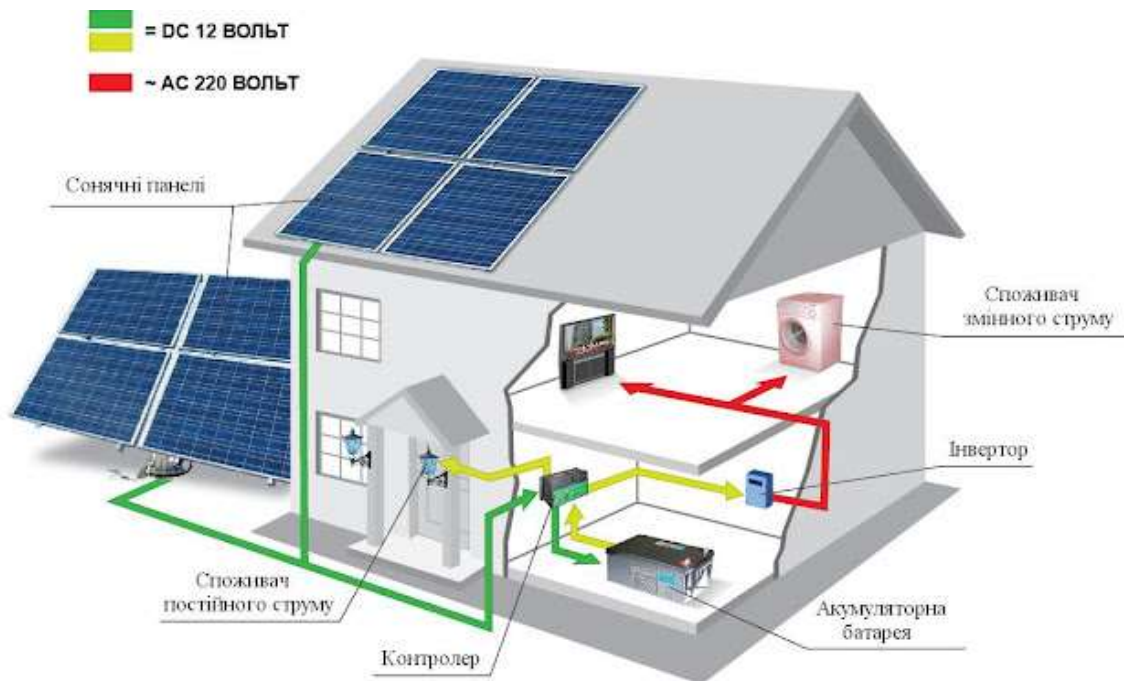


Рис.1.13-Принцип роботи сонячної батареї

(http://mysolarenergyua.blogspot.com/2017/03/blog-post_25.html)

Вітрові генератори також відносяться до альтернативних джерел електроенергії. Найчастіше на ринку зустрічаються роторні та крильчасті типи вітряків. Для використання в побуті зазвичай обирають крильчастий, так як він є простіший в експлуатації та відносно надійніший. Даний механізм постійно ловить потік вітру, самостійно повертаючись в необхідному напрямку. Механізм роботи вітрового генератора досить простий: вітер впливає на лопаті та викликає їх обертання, яке трансмісією передається до ротора генератора, звідки струм надходить в акумулятори, а після через інвертори, що перетворюють напругу з 24 в 220 вольт, в електромережу.

Використання вітрового генератора на ділянці, що розглядається в даній роботі, не є доцільним у зв'язку з рельєфом місцевості та вітровим навантаженням, а також незручністю його розташування та ділянці.

Крім екологічності, вітрові генератори мають ряд таких переваг:

- Забезпечення автономності та незалежності будинку від громадських електромереж;
- Можливість використання в більшості кліматичних зон;
- Можливість отримання прибутку за рахунок продажу «зайвої» електроенергії (зелений тариф).

З недоліків вітрових генераторів можна виокремити:

- Порівняно висока вартість обладнання порівняно з джерелами енергії, що працюють на викопному паливі;
- Шумові впливи;
- Можлива шкода для птахів, кажанів та ін.
- Нерівномірність роботи генератора, залежність від погодних умов.



Рис.1.14- Новоазівська вітроелектростанція
(https://uk.wikipedia.org/wiki/Новоазовська_ВЕС)

Використання вітрових генераторів може бути незручним в умовах міста, тож для модернізації приватного будинку в Полтаві за необхідності додаткових джерел енергії доцільніше буде обрати сонячні колектори або батареї.

1.4 Висновки за розділом 1

1. Стандарти та норми в галузі енергоефективного будівництва в Україні мають бути переглянуті для досягнення відповідності європейським нормам.
2. Використання стандарту «Пасивний Будинок» для нового будівництва в Україні є досить актуальним, а його вимоги цілком досяжні в умовах індивідуального житлового будівництва.
3. При модернізації будинку в Полтаві доцільними будуть наступні зміни:
 - a. улаштування засобів затінення сонячної сторони задля зниження ризику перегріву в літній період, для чого будуть використані ролети, що зменшить об'єм важких будівельних робіт під час модернізації;
 - b. обов'язкове улаштування теплоізоляційного шару зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій;
 - c. заміна вікон на більш енергоефективні із заповненням інертним газом та низькоемісійним покриттям, теплоізолюваним з'єднанням скла з віконною рамою;
 - d. встановлення підвищеного контролю якості улаштування стиків конструкцій при заміні окремих елементів огорожувальних конструкцій;
 - e. використання існуючих витяжних каналів для покращення системи вентиляції в будівлі шляхом встановлення рекуператора;
 - f. улаштування шляхів подачі свіжого повітря для житлових приміщень
 - g. розташування сонячних панелей або колекторів як додаткового генератора енергії задля забезпечення потреб споживачів.
4. Аналіз вимог стандарту Пасивного будинку показав, що всі напрями модернізації є доцільними та практичними для існуючих будівель на території України.

2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ

Розділ магістерської роботи розроблено згідно ДСТУ Б А.2.2-8:2010 [28].

2.1 Загальні дані

Об'єкт – житловий будинок за адресою: вулиця Кавказька 3, місто Полтава, Полтавської області.

2.2 Вихідні дані.

2.2.1 Загальна характеристика будинку

Двоповерхова житлова будівля побудована у 2013 році. Будинок складається з двох блоків, що знаходяться на різному рівні та розташовані одне відносно одного під кутом 156° . Нижні рівні відведені під гараж та опалювальний підвал. Усі наступні рівні є житловими. Кількість житлових кімнат–5.

Схема розташування будинку та орієнтація за сторонами світу наведені на рисунку 2.1.

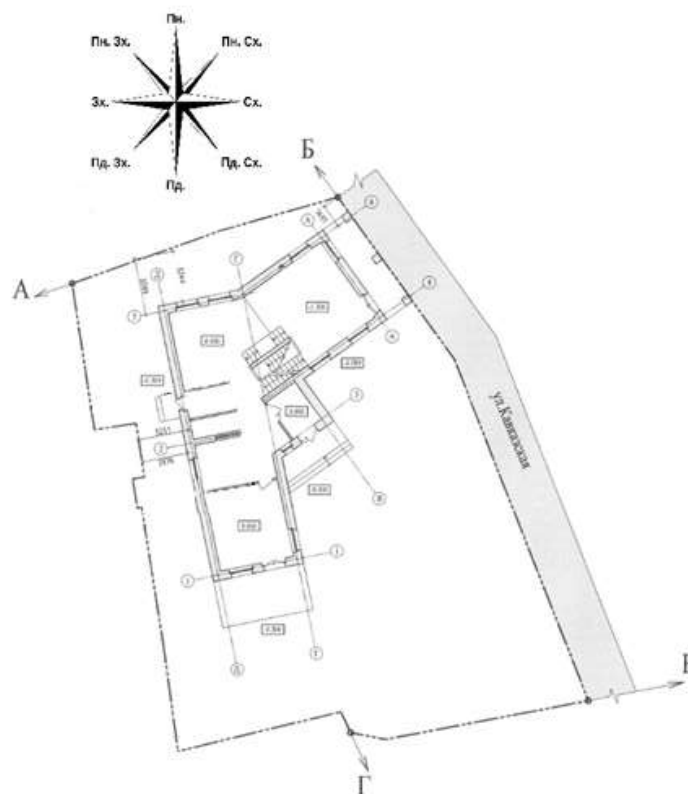


Рис.2.1– Схема розташування будинку та орієнтація за сторонами світу

2.2.2 Вихідні дані для розрахунків

Конструкція зовнішніх стін є кладкою з газобетонних блоків товщиною 375 мм, зсередини вкриті гіпсовою штукатуркою 5 мм та зовнішнім шаром опорядження 10 мм.

Горище – мансардний поверх, вертикальний контур якого утворюють газобетонні блоки товщиною 375 мм, похилий – кроквяна система даху.

Перекрыття мансардного поверху – кроквяна система з припіднятою затяжкою, обирається крокв через мауерлат на стіни з газобетонних блоків.

Суміщене перекрыття над неопалювальним гаражем утеплене знизу екструдованим пінополістеролом товщиною 50 мм.

Стіни підвального приміщення утеплені зсередини базальтовими плитами товщиною 100 мм. Підлога підвалу складається з бетонної підготовки, 20 мм пінопласту та теплої водяної підлоги в стяжці 50 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері) дерев'яні, зі звичайним потрійним склінням з алюмінієвою накладкою.

У будинку передбачено водяне опалення, гаряче водопостачання, тепла підлога. Вентиляція припливно-витяжна.

2.2.3 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри

Згідно з ДБН В.2.6–31 [45] розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_v=20^\circ\text{C}$, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Полтава $t_z=-22^\circ\text{C}$. Розрахункове значення відносної вологості приміщень 55%, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні $t_{\min}=10,2^\circ\text{C}$.

Згідно з ДБН В.2.6–31 [45] нормативне значення приведенного опору теплопередачі $R_{q,\min}$, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$, становить:

- для зовнішніх стін – 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$
- для перекрыття мансардного горища – 4,95 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$
- для перекрыття над неопалювальним гаражем – 3,75 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$
- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – 0,75 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$

Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період згідно ДБН В.2.6–31 становить 120 кВт·год/м².

Дані нормативні значення є неактуальними для будівництва пасивного будинку, тож приймаємо мінімальні вимоги згідно EnerPHit [1]. За даними інституту Пасивного будівництва Україна відноситься до двох кліматичних зон – холодна та помірна холодна. Проводячи аналогію з національними нормами, вважатимемо, що Полтава відноситься до тієї ж кліматичної зони, що й Київ. Тож приймаємо вимоги за стандартом для холодної кліматичної зони (cold).



Рис.2.2 – Температурні зони за даними Інституту Пасивного будівництва (https://passipedia.org/planning/component_guidelines_for_cost-optimal_passive_houses_and_enerphit_retrofits)

Climatezone acc. to PHPP	Opaque building envelope towards				Windows (incl. entrance doors)			Ventilation			
	...ground	...outdoor air			Total			Solar load	Min. heat recovery efficiency	Min. moisture recovery efficiency	
	Thermal insulation	Exterior insulation	Interior insulation	Exterior paint	Max. thermal transmittance						Solar energy transmittance (g-value)
	Max. thermal transmittance (U-value)	Cool colours			(U _{DW(installed)})			Max. spec. solar load during cooling period			
[W/(m ² K)]	-			[W/(m ² K)]			[kWh/m ² a]		%		
				U _g	U _f	U _t					
Arctic	Calculation in PHPP using project-specific heating and cooling degree days for ground	0.09	0.25	-	0.45	0.50	0.60	U _g - g*0.7 7 0	100	80%	
Cold		0.12	0.12	-	0.65	0.70	0.80	U _g - g*1.0 7 0		80%	
Cool temperate		0.15	0.35	-	0.85	1.00	1.10	U _g - g*1.6 7 0		75%	
Warm temperate		0.30	0.50	-	1.05	1.10	1.20	U _g - g*2.8 7 1		75%	
Warm		0.50	0.75	-	1.25	1.30	1.40	-		-	
Hot		0.50	0.75	yes	1.25	1.30	1.40	-		-	60% (humid climate)
Very Hot		0.25	0.45	yes	1.05	1.10	1.20	-		-	60% (humid climate)

Рис.2.3 – Максимальне значення коефіцієнтів теплопровідності для зовнішніх елементів огорожувальних конструкцій U.

Згідно з EnerPHit [1] визначаємо наступні нормативні значення для огорожувальних конструкцій $R_{q,min}$, м²·К/Вт, становить:

- для зовнішніх стін – $R_{q,min}=8,3$ м²·К/Вт ($U=0,12$ Вт/м²·К);
- для перекриття мансардного горища – $R_{q,min}=8,3$ м²·К/Вт ($U=0,12$ Вт/м²·К);
- для перекриття над неопалювальним гаражем – $R_{q,min}=8,3$ м²·К/Вт ($U=0,12$ Вт/м²·К);
- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – $R_{q,min}=1,25$ м²·К/Вт ($U=0,8$ Вт/м²·К);

Climate zone according to PHPP	Heating	Cooling
	Max. heating demand	Max. cooling + dehumidification demand
	[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]
Arctic	35	equal to Passive House requirement
Cold	30	
Cool-temperate	25	
Warm-temperate	20	
Warm	15	
Hot	-	
Very hot	-	

Рис.2.4 – Показники тепловитрат на опалення [1]

2.2.4 Основні об'ємно–планувальні показники:

- опалювальна площа будинку– $F_h = 249 \text{ м}^2$;
- опалювальний об'єм будинку $V_h = 660,675 \text{ м}^3$
- загальна площа огорожувальних конструкцій – $F_\Sigma = 822,2 \text{ м}^2$.

2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

2.3.1 Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається згідно з розділом 5 ДСТУ Б В.2.6–31:2013.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені на підставі протоколів випробувань та згідно з додатком А ДСТУ Б В.2.6–31:2013 [45]

- $\lambda = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – гіпсова штукатурка;
- $\lambda = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – газобетонна кладка;
- $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – опоряджувальний шар.

2.3.1.1 Зовнішні стіни

Стіни будинку, виконані з газобетонних блоків завтовшки 375 мм із фасадним покриттям штукатурки 10 мм та внутрішнім оздобленням у вигляді гіпсової штукатурки товщиною 5 мм.

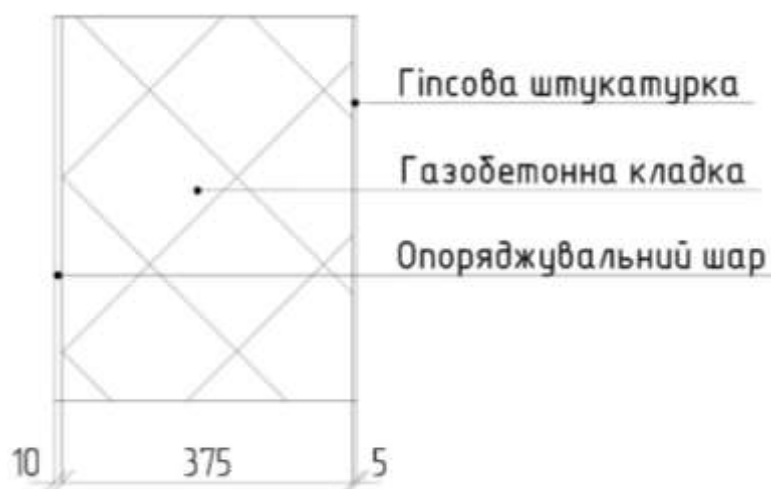


Рис. 2.5 – Конструкція зовнішньої стіни

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції за формулами пункту 5.2 [45]

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,94 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де R_{Σ} – відповідно опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

R_i – тепловий опір i -того шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$, – товщина відповідно вапняно–піщаного розчину, газобетонних блоків, шару опорядження, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}$, – теплопровідність відповідно вапняно–піщаного розчину, газобетонних блоків, шару опорядження, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

α_B, α_3 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, які приймаємо згідно дод. Б [34];

$$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \alpha_{3H} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорій огорожувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4} =$$

$$= \frac{2,8516}{\frac{2,8516}{3,94} + 0,087 \times 0,69 + 0,0785 \times 0,69 + 0,0625 \times 1,6 + 0,173 \times 1,24} =$$

$$= 2,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $k_1; k_2; k_3; k_3$; – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м·К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, а також перекриття між поверхами визначаємо за табл. Г.1 [34]

$$k_1 = 0,087 \text{ Вт/(м·К)}; k_2 = 0,0785 \text{ Вт/(м·К)}; k_3 = 0,0625 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$k_4 = 0,173 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Лінійні коефіцієнти дещо відрізняються від наведеного у табл. Г.1 [34], так були визначені інтерполяцією значень, залежно від товщини стіни.

L_1, L_2, L_3, L_4 – лінійний розмір (проекція) відповідно 1–го, 2–го, 3–го та 4–го лінійного теплопровідного включення, м;

$$L_1 = 0,69 \text{ м}, L_2 = 0,69 \text{ м}, L_3 = 1,6 \text{ м}; L_4 = 1,24 \text{ м}.$$

Наступні параметри формули не використовуються, так як на існуючій стіні відсутній шар утеплювача.

Ψ_1 – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з табл. Д.1 [34],

$$N_k – \text{загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт.}$$

2.3.1.2 Перекриття мансардного горища

Дах представляє собою кроквяну систему з соснового зрубу утеплену мінеральною ватою на основі базальтового волокна густиною 35 кг/м³ та коефіцієнтом теплопровідності в умовах експлуатації Б – $\lambda=0,041$ Вт/(м·К). Товщина утеплювача – 250 мм. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон $\lambda=0,18$ Вт/(м·К). Конструкція передбачає канал для вентиляції. Основа для покрівельного матеріалу OSB–3 плита товщиною 15 мм ($\lambda=0,13$ Вт/(м·К)). Покрівельний матеріал – бітумна черепиця 10 мм ($\lambda=0,27$ Вт/(м·К)). Внутрішня підшивка даху – плити з гіпсокартону 15 мм ($\lambda=0,21$ Вт/(м·К)).

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції приймаємо згідно дод. Б [34]: $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{зн}} = 12$ Вт/(м²·К).

Опір теплопередачі перекриття визначаємо по основному полю за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,015}{0,13} + \frac{0,025}{0,18} + \frac{0,25}{0,041} + \frac{0,075}{0,14} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{1}{12} = 6,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

2.3.1.3 Переkritтя над неопалювальним гаражем

Переkritтя складається з залізобетонної плити переkritтя товщиною 180 мм, покриття – паркетна підлога на дерев'яних лагах, проміжки між якими заповнені утеплювачем $\lambda=0,041$ Вт/(м·К). Знизу переkritтя утеплене екструдованим пінополістеролом з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,036$ Вт/(м·К) товщиною 50 мм. Конструкція переkritтя наведена на рис.2.5

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції приймаємо згідно дод. Б [34]: $\alpha_{в} = 8,7$ Вт/(м² · К); $\alpha_{зн} = 17$ Вт/(м² · К).

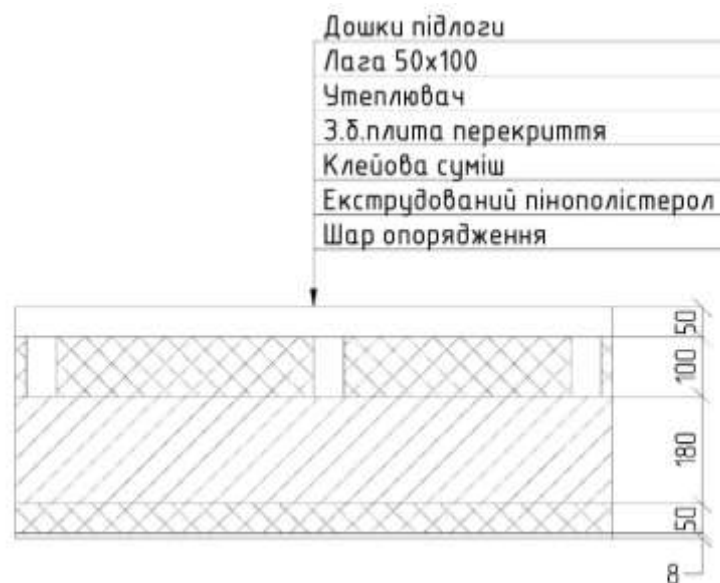


Рис.2.6- Переkritтя над гаражем

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{17} = 4,1475 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

2.3.1.4 Підлога по ґрунту

Переkritтя складається з ущільненого щебнем ґрунту товщиною 100 мм, бетонної стяжки, покриття – паркетна підлога на дерев'яних лагах, проміжки між

якими заповнені утеплювачем $\lambda=0,041$ Вт/(м·К). Конструкція перекриття наведена на рис.2.6.

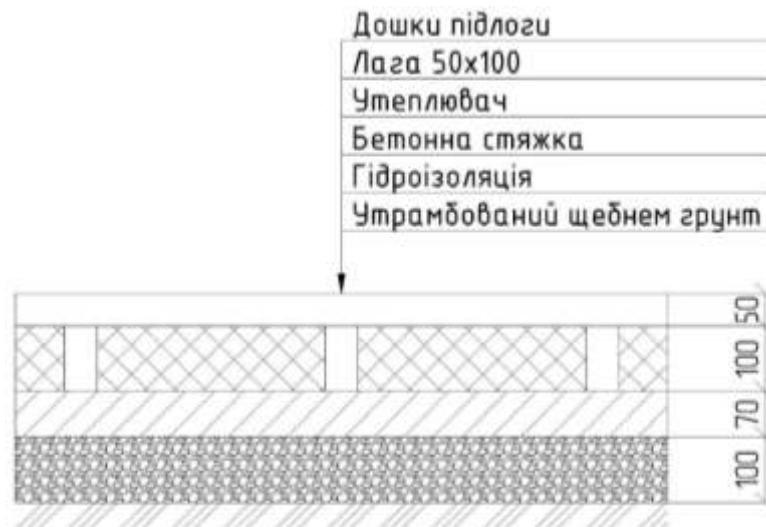


Рис.2.7 – Конструкція підлоги по ґрунту.

Визначення коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту U проводимо згідно додатку Б [14] попередньо визначивши величини d_t та B' :

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,385 + 1,5(0,17 + 2,73 + 0,043) = 4,8 \text{ м}$$

де d_t – еквівалентна товщина підлоги, м;

w – загальна товщина зовнішньої стіни, м;

$$w = 0,385 \text{ м}$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно таблиці Б.1 [27]

$$\lambda = 1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

R_{si} – Тепловий внутрішній поверхневий опір приймаємо згідно таблиці Б.2 [27];

$$R_{si} = 0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

$$R_f = \sum_{i=1}^n R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} = \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,1}{0,042} + \frac{0,07}{1,86} + \frac{0,1}{1,05} = 2,73 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – товщина відповідно дерев'яної підлоги, шару утеплювача, бетонної стяжки та утрамбованого щебнем ґрунту, м;

$$\delta_1 = 0,05 \text{ м}, \delta_2 = 0,1 \text{ м}, \delta_3 = 0,07 \text{ м}, \delta_4 = 0,1 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}$ – теплопровідність дерев'яної підлоги, шару утеплювача, бетонної стяжки та утрамбованого щебнем ґрунту, Вт/(м · К);

$$\lambda_{1p} = 0,23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \lambda_{2p} = 0,042 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \lambda_{3p} = 1,86 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$$\lambda_{4p} = 1,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір приймаємо згідно таблиці Б.2 [27];

$$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – Характерний розмір підлоги, що визначається за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5P'} = \frac{55,31}{0,5 \cdot 26,96} = 4,1$$

де A – площа підлоги, м²; $A = 55,31 \text{ м}^2$

P – зовнішній периметр підлоги, м; $P = 26,96 \text{ м}$

Так як $d_t > B'$ (добре ізольована підлога) то коефіцієнт теплопередачі визначаємо за формулою:

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t} = \frac{1,5}{0,457 \cdot 4,1 + 4,8} = 0,22 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

Також за додатком Б [27] розраховуємо для даної площі узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g , Вт/К, визначаємо за формулою:

$$H_g = AU + P\psi_g = 55,31 \cdot 0,25 + 26,96 \cdot 0,43 = 24,02 \text{ Вт/К}$$

де ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м·К), який приймаємо згідно табл. Г.1 [34]. Згідно п.8.2.2.5.3 [25] так як теплопровідне включення розташоване на межі підлоги та стіни, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнта теплопередачі даного теплопровідного включення.

$$\psi_g = \frac{0,86}{2} = 0,43 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

2.3.1.5 Підвальне приміщення

Підвальне приміщення є періодично опалювальним приміщенням, тож в розрахунок його не включаємо.

Стіни підвалу утеплені мінеральною ватою на основі базальтового волокна густиною 35 кг/м³ та коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,041$ Вт/(м·К) товщиною 100 мм. Конструкція стін і підлоги наведена на рис 2.7.

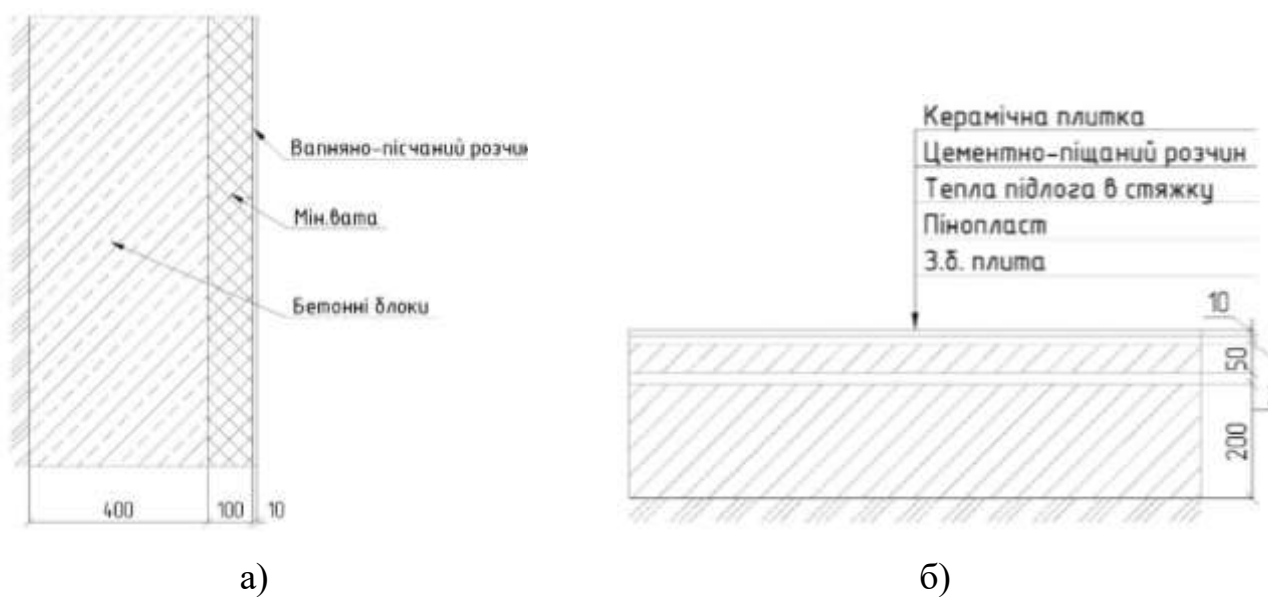


Рис.2.8 – Конструкція, що контактує з ґрунтом: а) стіни; б) підлоги.

2.3.1.6 Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Двокамерний склопакет 4М₁-6-4М₁-6-4М₁ (газовий склад середовища камер – 100% повітря). $R_{\Sigma cn} = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

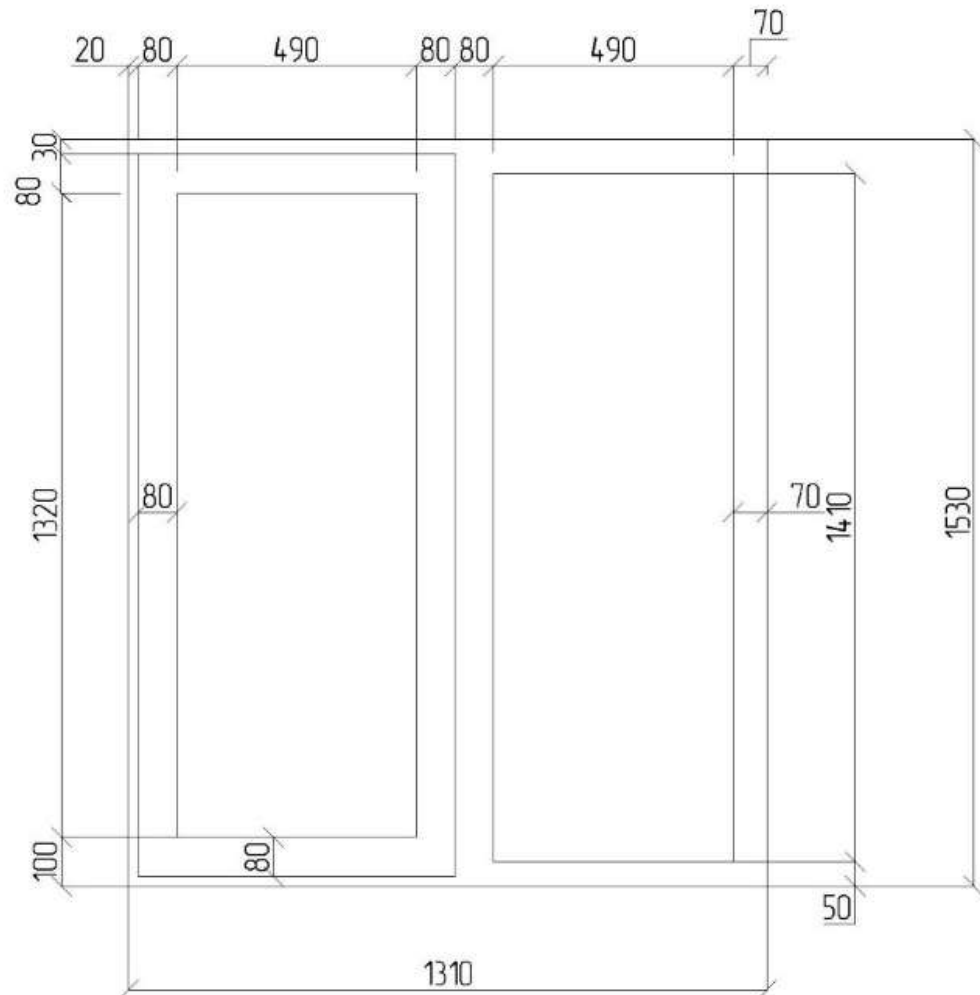


Рис.2.9 – Схема вікна

Приведений опір теплопередачі профільної системи за результатами сертифікаційних випробувань складає $R_{\Sigma 1} = 0,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції розраховуємо за формулою:

$$R_{пр} = \frac{F_{cn} + F_1}{\frac{F_{cn}}{R_{\Sigma cn}} + \frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 \cdot L_1} = \frac{1,3377 + 0,6666}{\frac{1,3377}{0,42} + \frac{0,6666}{0,84} + 0,05 \cdot 7,21} = 0,462 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де F_{cn} – площа світлопрозорої частини, м^2 , визначаємо за формулою:

$$F_{cn} = 0,49 \cdot 1,32 + 0,49 \cdot 1,41 = 1,3377 \text{ м}^2$$

F_{cn} – площа непрозорого елемента, м^2 , визначаємо за формулою:

$$F_1 = 1,53 \cdot 1,31 - F_{cn} = 1,53 \cdot 1,31 - 1,3377 = 0,6666 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma cn}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, визначеної за [39]

k_1 – лінійний коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, теплопровідного включення за [39]

$$k_1 = 0,05$$

L_1 – лінійний розмір, м, непрозорого елемента світлопрозорої конструкції визначаємо за формулою:

$$L_1 = 2 \cdot 1,31 + 3 \cdot 1,53 = 7,21 \text{ м}$$

2.4 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

2.4.1 Оцінка вологісного режиму конструкцій здійснена згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013

2.4.1.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна з газобетону з опорядженням цементно-піщаною штукатуркою будинку з вологим режимом експлуатації приміщень.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.- Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропрохідності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропрохідності R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Гіпсова штукатурка	0,005	900	0,23	0,021	0,12	0,042
Стіна з блоків з газобетону	0,375	400	0,1	3,75	0,23	1,63
Цементно-піщаний розчин	0,01	1600	0,93	0,011	0,09	0,111

2.4.1.2 Порядок розрахунку

2.4.1.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [38] визначаємо середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Таблиця 2.2- Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-5,6	-4,7	0,3	9	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	87
Відносна вологість, %	85	82	78	66	61	65	66	64	69	77	86	87

2.4.1.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{в}=55\%$.

2.4.1.2.3 Згідно з таблицею Б.1 [42] визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_{в} = 2340$ Па, $e_{в} = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_{з} = 382$ Па, $e_{з} = 325$ Па.

Визначаємо опір паропроникненню шарів огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$, за формулами [42]:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,005}{0,12} = 0,042 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,375}{0,23} = 1,63 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,01}{0,09} = 0,111 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції за формулами:

0-й перетин

$$t_0 = t_{в} - \frac{t_{в} - t_3}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_{в}} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{3,94} \left(\frac{1}{8,7} \right) = 19,3^{\circ}\text{C},$$

де t_3 - розрахункова температура зовнішнього повітря в січні, $^{\circ}\text{C}$, приймаємо за табл. 2 [42].

$$t_3 = -5,6^{\circ}\text{C}.$$

R_{Σ} - опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$ визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,94 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт},$$

де α_B, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни, Вт/(м² · К), які приймаємо згідно з дод. Б [34]. $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м² · К); $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К).

1-й перетин

$$t_1 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{3,94} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} \right) = 19,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

2-й перетин

$$t_2 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{3,94} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} \right) = -5,2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

3-й перетин

$$t_3 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{3,94} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} \right) =$$

$$= -5,3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Використовуючи отримані температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огорожувальної конструкції за табл. Б.1 [42].

0-й перетин

$$E_0 = 2241 \text{ Па.}$$

1-й перетин

$$E_1 = 2212 \text{ Па.}$$

2-й перетин

$$E_2 = 395 \text{ Па.}$$

3-й перетин

$$E_3 = 391 \text{ Па.}$$

2.4.1.2.4 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок 2.9).

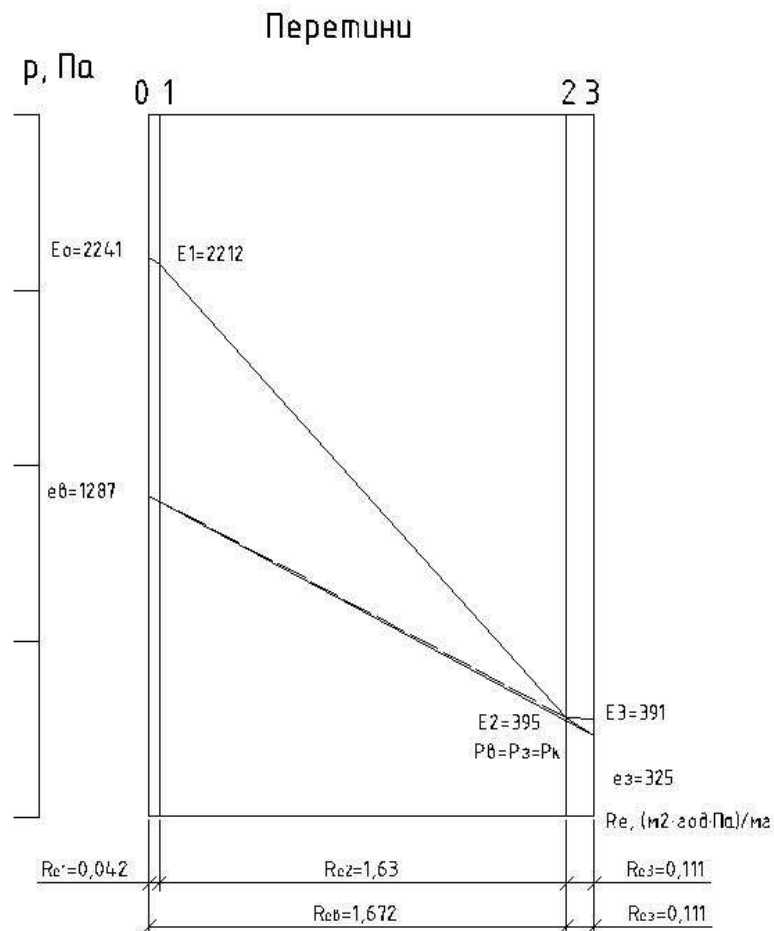


Рис 2.10 – Умовний переріз огорожувальної конструкції в січні

2.4.1.2.5 Враховуючи, що на даній конструкції зовнішньої стіни з газобетону з опорядженням гіпсовою штукатуркою зсередини та цементно-піщаною штукатуркою ззовні процес конденсації водяної пари в січні не відбувається, розрахунок кількості вологи подальших місяців не виконується.

2.5 Визначення показників теплостійкості.

2.5.1 Визначення показників теплостійкості здійснюється згідно з вимогами ДСТУ- Н Б В.2.6-190:2013

2.5.2 Оцінка теплостійкості в ліній період.

2.5.2.1 Розрахунок проводиться згідно ДСТУ- Н Б В.2.6-190:2013 [40]

2.5.2.2 Розрахункові параметри для умов м. Полтава визначаємо згідно ДСТУ- Н Б В.1.-27:2010 [38]:

- мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16% і більше, $v = 2,4$ м/с;
- максимальне значення сумарної сонячної радіації $I_{max} = 658$ Вт/м²;
- середнє значення сумарної сонячної радіації $I_{cp} = 162$ Вт/м²;
- максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A_{t_3} = 10,6$

2.5.2.3 Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції згідно з таблицею Б.1 [40] $\chi = 0,7$.

2.5.2.4 Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м² · К), визначається за формулою 4 [40]:

$$\alpha_{3л} = 1,16(5 + 10\sqrt{v}) = 1,16(5 + 10\sqrt{2,4}) = 23,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

2.5.2.5 Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря $A_{t_{роз}}$, °С за формулою 2 [40]:

$$A_{t_{роз}} = A_{t_3} + \frac{\chi(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_{3л}} = 10,6 + \frac{0,7(658 - 162)}{23,77} = 25,2 \text{ °С}$$

2.5.2.6 Термічні опори шарів стінової огорожувальної конструкції, починаючи з боку приміщення:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,005}{0,23} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,375}{0,1} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,93} = 0,011 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

2.5.2.7 Теплова інерція шарів стінової огорожувальної конструкції, починаючи з боку приміщення, становить:

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0,022 \cdot 3,34 = 0,073 < 1$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2 = 3,75 \cdot 1,84 = 6,9 > 1$$

$$D_3 = R_3 \cdot S_3 = 0,011 \cdot 9,6 = 0,103 < 1$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,073 + 6,9 + 0,103 = 7,076$$

де S_1, S_2, S_3 – розрахункові коефіцієнти теплосвоєння матеріалу окремих шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), що приймають за табл. А1 [34] для умов експлуатації А: $S_1 = 3,34$ Вт/(м² · К), $S_2 = 1,84$ Вт/(м² · К), $S_3 = 9,6$ Вт/(м² · К).

2.5.2.8 Коефіцієнти теплосвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огорожувальної конструкції Y розраховуються згідно пунктам 4.12-4.13 [40]

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \cdot \alpha_B} = \frac{0,022 \cdot 3,34^2 + 8,7}{1 + 0,022 \cdot 8,7} = 7,52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$Y_2 = S_2 = 1,84 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$Y_3 = \frac{R_3 \cdot S_3^2 + Y_2}{1 + R_3 \cdot Y_2} = \frac{0,011 \cdot 9,6^2 + 1,84}{1 + 0,011 \cdot 1,84} = 2,77 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

2.5.2.9 Величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції за формулою 3 [40]

$$\begin{aligned} \nu &= 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_{\text{в}})(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2)(\alpha_{3\text{л}} + Y_3)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_3 + Y_3)\alpha_{3\text{л}}} = \\ &= 0,9e^{\frac{7,076}{\sqrt{2}}} \frac{(3,34 + 8,7)(1,84 + 7,52)(9,6 + 1,84)(23,77 + 2,77)}{(3,34 + 7,52)(1,84 + 1,84)(9,6 + 2,77)23,77} = 390,14 \end{aligned}$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні стінових огорожувальних конструкцій визначається за формулою 1 [40]:

$$A_{\tau_3} = \frac{A_{\text{троз}}}{\nu} = \frac{25,2}{390,14} = 0,065 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих стінових огорожувальних конструкцій становить $0,065 \text{ } ^\circ\text{C}$, що відповідає нормативним вимогам теплостійкості в літній період року $A_{\tau_3} \leq 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ розділ 4 [45]

2.5.3 Оцінка теплостійкості в зимовий період

2.5.3.1 Розрахунок проводиться згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-190

В будинку наявне центральне опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря, тож теплостійкість в холодний період року не визначається.

2.6 Визначення енергетичних показників будинку

2.6.1 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води.

2.6.1.1 Розрахунок проведено згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 та ДСТУ Б EN ISO 13790 [26].

2.6.1.2 Опис будівлі

Одноквартирний будинок має два житлові поверхи, періодично опалювальний підвал та мансардне перекриття. Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій наведені у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Площі зовнішніх огорожень будинку

	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
1	Зовнішні стіни	268,95
	– північний захід	33,26
	– північний схід	73,4
	– південний схід	44,17
	– південь	23,18
	– захід	71,59
	– північ	23,35
2	Покриття	228,9
3	Перекриття над неопалювальним гаражем	39,99
4	Підлога по ґрунту	55,31
5	Світлопрозорі конструкції орієнтовані на:	36,52
	– північний схід	14,09
	– південний схід	5,01
	– південь	8,19
	– захід	1,21
	– північ	8,02
6	Вхідні двері в будинок	5,9

2.6.1.3 Зонування будівлі при розрахунку

Згідно з 6.2.2.2 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [27] розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється. Розрахунок проводиться однозонний.

Кондиціонована площа будівлі становить $A_f = 249 \text{ м}^2$

2.6.1.4 Характеристики теплопередачі трансмісії

Для розрахунку використовуємо дані пунктів 2.3.1.1-2.3.1.6 та заносимо їх у таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Характеристики теплопередачі трансмісії

	Вид огород. констр.	$A_i, \text{м}^2$	$R_{\Sigma},$ $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$U,$ $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$\Delta U_{tb},$ $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{x,H},$ $\text{Вт}/\text{К}$	$H_{x,C},$ $\text{Вт}/\text{К}$
1	Зовнішні стіни	268,95	2,470	0,405	-	1	1	109	109
2	Покриття	228,9	6,470	0,155	0,15	1	1	70	70
3	Перекриття над гаражем	39,99	4,148	0,241	0,15	1	1	16	16
4	Підлога по ґрунту	55,31	4,000	0,250	0,15	1	1	22	22
5	Світлопроз. конструкції	36,52	0,462	2,165	-	1	1	79	79
6	Вхідні двері	5,59	0,700	1,429	-	1	1	8	8

Визначаємо загальні коефіцієнти теплопередачі трансмісією для режиму опалення та режиму охолодження:

$$H_{tr,adj,H} = 109 + 70 + 16 + 22 + 79 + 8 = 303,4 \text{ Вт}/\text{К}$$

$$H_{tr,adj,C} = 109 + 70 + 16 + 22 + 79 + 8 = 303,4 \text{ Вт/К}$$

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з наступними формулами для кожного місяця і приведена до таблиці 2.7 для режиму опалення та в таблиці 2.8 для режиму охолодження:

– для опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj,H}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t;$$

– для охолодження:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj,C}(\theta_{int,set,C} - \theta_e)t,$$

де $\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С, прийнята згідно з таблицею 16 [27];

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С, прийнята згідно з таблицею 16 [27];

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, прийнята згідно з додатком А [27];

t – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год, прийнята згідно з додатком А [27];

2.6.1.5 Характеристики теплопередачі вентиляцією

Система вентиляції природня витяжна. Для розрахунку прийнято, що система вентиляції відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 [20], величина витрати повітря становить $q_{ve,k,mn} = 94,38 \text{ м}^3/\text{год}$ для періоду опалення та $q_{ve,k,mn} = 528,54 \text{ м}^3/\text{год}$ для періоду охолодження.

Значення температурного поправочного коефіцієнта прийнято $b_{ve,k} = 1$

Для житлової частини будинку значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією розраховується за формулою 24 [27], та становить:

– для опалювального періоду

$$H_{ve,adj,H} = \rho_a c_a b_{ve} q_{ve,k,mn} = 31,14 \text{ Вт/К}$$

– для охолоджувального періоду

$$H_{ve,adj,C} = \rho_a c_a b_{ve} q_{ve,k,mn} = 174,42 \text{ Вт/К}$$

де $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, що дорівнює $0,33 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^3 \cdot \text{К}$.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована для кожного місяця і приведена до таблиці 2.7 для режиму опалення та в таблиці 2.8 для режиму охолодження.

– для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj,H} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t;$$

– для охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj,C} (\theta_{int,set,C} - \theta_e) t,$$

де $\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С, прийнята згідно з таблицею 16 [27];

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С, прийнята згідно з таблицею 16 [27];

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, прийнята згідно з додатком А [27];

t – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год, прийнята згідно з додатком А [27].

2.6.1.6 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, Q_{int} , Вт · год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f \right) t = \text{Вт} \cdot \text{год}$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела Вт/м²;

A_f – кондиціонована площа будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку за даними таблиці 6 [27] за сумою теплонадходження від людей, освітлення та обладнання та враховуючи графік використання 112 год на тиждень (168 год), становить:

$$\Phi_{int} = (1,2 + 2 + 2) \cdot 112/168 = 3,776 \text{ Вт/м}^2$$

2.6.1.7 Характеристики сонячних теплонадходжень.

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження розташовані на всіх фасадах. Використовуються віконні та балконні блоки на основі дерев'яних профілів із застосуванням двокамерними склопакетами. Для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 8 [27] становить $g_n = 0,7$. Відповідно загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини згідно формули 39 [27]:

$$g_{gl} = g_n \cdot F_w = 0,7 \cdot 0,9 = 0,63$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймаємо $F_w = 0,9$.

Розраховуємо сонячні теплонадходження згідно з розділом 11 [27] за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції, тут $F_{sh,ob,k} = 1$;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з додатком А [27];

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, що приймається $F_{r,k} = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-того елемента будівлі, Вт, визначений згідно з формулою 44 [27].

Так як конструкція даху передбачає повітряний прошарок, для розрахунку еквівалентної площі якого використовується коефіцієнт 0,04, який в свою чергу мінімізує дану площу настільки, що в розрахунок вона не входить.

Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів A_{sol} визначається за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, $F_{sh,gl} = 1$, так як такі засоби відсутні;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заксленого елемента, $F_F = 0,33$;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заксленого елемента, м².

2.6.1.8 Динамічні параметри

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є легкою, відповідно до таблиці 15 [27] внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C = 35$ Вт · год/(м² · К). Внутрішня теплоємність будівлі становитиме

$$C_m = 35 \cdot 249 = 8715 \text{ Вт} \cdot \text{год/К}$$

Часова константа будівлі розраховується розділом 12.4 [27]:

– для режиму опалення

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} = \frac{8715}{303,4 + 31,14} = 26,05 \text{ год};$$

– для режиму охолодження

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra}} = \frac{8715}{303,4 + 174,42} = 18,24 \text{ год}$$

Безрозмірні числові параметри α_H і α_C визначаються за формулами:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{26,05}{15} = 2,74$$

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 1 + \frac{18,24}{15} = 2,21$$

де $\alpha_{H,0}$ та $\alpha_{C,0}$ – довідкові безрозмірні числові параметри, що дорівнюють 1;

$\tau_{H,0}$ та $\tau_{C,0}$ – довідкові числові константи, що приймаються рівні 15 год.

Безрозмірні коефіцієнти використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ та для охолодження $\eta_{C,gn}$ визначаємо за розділом 12 [27]:

– для опалення:

$$\text{якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H + 1}},$$

$$\text{якщо } \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0: \quad \eta_{H,gn} = 1/\gamma_H,$$

$$\text{якщо } \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0: \quad \eta_{H,gn} = 1$$

$$\text{при } \gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

Таблиця 2.6 – Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і зовнішніх теплонадходжень

Місяць	Параметр									
	θ_e , °C	t , год	$I_{sol,Пн}$ Вт/м ²	$I_{sol,ПнСх}$ Вт/м ²	$I_{sol,ПдСх}$ Вт/м ²	$I_{sol,Пд}$ Вт/м ²	$I_{sol,Зх}$ Вт/м ²	$I_{sol,Гор}$ Вт/м ²	$I_{sol,ПнЗх}$ Вт/м ²	Q_{sol} , кВт · год
1	-5,6	744	12	13	39	51	22	32	14	297
2	-4,7	672	24	25	60	74	40	62	25	443
3	0,3	744	32	39	76	93	62	106	40	668
4	9	720	40	55	96	96	77	155	54	781
5	15,4	744	55	74	114	102	102	217	77	988
6	18,7	720	67	93	115	100	111	243	90	1067
7	20,5	744	60	86	115	102	110	231	84	1060
8	19,7	744	44	69	117	113	96	199	67	974
9	14,3	720	28	43	103	115	73	143	43	765
10	7,7	744	18	22	71	86	41	77	22	517
11	1,3	720	10	11	35	45	19	34	11	249
12	-3,3	744	9	9	28	36	15	22	9	206

2.6.1.9 Внутрішні умови

На підставі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень, прийнятих згідно [27], визначаємо задану температуру на опалення та на охолодження будівлі $\theta_{int,H,set} = 19^\circ\text{C}$, $\theta_{int,C,set} = 26^\circ\text{C}$.

2.6.1.10 Енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреба для опалення розрахована для кожного місяця згідно з формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

де $Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, що розраховується згідно з розділом 12 [27].

Енергопотреба для охолодження розрахована для кожного місяця згідно з формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,ht} - \eta_{C,gn} Q_{C,gn}$$

де $Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$\eta_{C,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, що розраховується згідно з розділом 12 [27].

Дані занесені до таблиць 2.7 та 2.8.

Річні енергопотреби для опалення та охолодження розраховані за розділом 7 [27] та також наведені в таблицях 2.7 та 2.8.

2.6.1.11 Енергопотреби ГВП

Питомі річні енергопотреби ГВП прийняті згідно таблиці 34 [27] і становлять для одноквартирного будинку 15 кВт·год/м².

Загальні енергопотреби ГВП становлять:

$$Q_{DHW,need} = 15 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2 \cdot A_f = 15 \cdot 249 = 3735 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де A_f – кондиціонована площа будівлі, м².

Таблиця 2.7 Розрахунок енергопотребі для опалення

Місяць	Параметр								
	$Q_{H,tr}$ кВт · год	$Q_{H,ve}$ кВт · год	$Q_{H,ht}$ кВт · год	$Q_{H,sol}$ кВт · год	$Q_{H,int}$ кВт · год	$Q_{H,gn}$ кВт · год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$ кВт · год
Січень	5553	570	6123	297	700	997	0,163	0,994	5132
Лютий	4832	496	5328	443	632	1075	0,202	0,990	4264
Березень	4221	433	4655	668	700	1367	0,294	0,975	3322
Квітень	2185	224	2409	781	677	1458	0,605	0,882	1123
Травень	813	83	896	988	700	1688	1,884	0,482	82
Червень	66	7	72	1067	677	1744	24,127	0,041	0
Липень	-339	-35	-373	1060	700	1760	-4,714	-0,212	0
Серпень	-158	-16	-174	974	700	1674	-9,606	-0,104	0
Вересень	1027	105	1132	765	677	1442	1,274	0,639	211
Жовтень	2551	262	2813	517	700	1216	0,432	0,940	1669
Листопад	3867	397	4264	249	677	926	0,217	0,988	3348
Грудень	5034	517	5551	206	700	906	0,163	0,994	4650
Всього за рік									23802

Таблиця 2.8 Розрахунок енергопотребі для охолодження

Місяць	Параметр								
	$Q_{C,tr}$ кВт · год	$Q_{C,ve}$ кВт · год	$Q_{C,ht}$ кВт · год	$Q_{C,sol}$ кВт · год	$Q_{C,int}$ кВт · год	$Q_{C,gn}$ кВт · год	γ_C	$\eta_{C,gn}$	$Q_{C,nd}$ кВт · год
Січень	7133	4101	11234	297	700	997	0,09	0,09	4
Лютий	6930	3598	10528	443	632	1075	0,10	0,10	6
Березень	5801	3335	9136	668	700	1367	0,15	0,15	17
Квітень	3837	2135	5972	781	677	1458	0,24	0,24	49
Травень	2393	1376	3768	988	700	1688	0,45	0,40	170
Червень	1648	917	2565	1067	677	1744	0,68	0,55	334
Липень	1242	714	1955	1060	700	1760	0,90	0,65	485
Серпень	1422	818	2240	974	700	1674	0,75	0,58	365

Вересень	2641	1469	4110	765	677	1442	0,35	0,33	95
Жовтень	4131	2375	6506	517	700	1216	0,19	0,18	24
Листопад	5576	3102	8678	249	677	926	0,11	0,11	6
Грудень	6614	3802	10416	206	700	906	0,09	0,09	4
Всього за рік									1559

Розрахункове значення питомого річного енергоспоживання будівлі визначаємо за формулою 2 [45]

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,need}) / A_f = \frac{(23802 + 1559 + 3735)}{249} = 116,8$$

Загальний показник енергоефективності будівлі EP, що визначається за умовою [45]:

$$EP \leq EP_{max}$$

де EP – максимально допустиме значення питомої річної енергопотребі будівлі, кВт · год/м², що встановлюється згідно таблиці 1 [45] і для житлових будинків до 3 поверхів становить 120 кВт · год/м²

Визначаємо клас енергоефективності будівлі:

$$[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\% = \left[\frac{(116,8 - 120)}{120} \right] \cdot 100\% = -2,6\%$$

Дане значення відповідає класу енергоефективності C (від -9 до 0).

Зведемо отримані результати розрахунків до загального вигляду в таблиці 2.10.

Найменування параметру, одиниці вимірювання	Нормовано в Україні	Стандарт «Пасивний будинок»	Фактичне значення
$R_{пр}$, $m^2 \cdot K/Wt$:			
– зовнішні стіни;	3,3	8,3	2,47
– перекриття мансардного горища;	4,95	8,3	6,47
– перекриття над неопалювальним гаражем;	3,75	8,3	4,14
– світлопрозорі конструкції	0,75	1,25	0,462
Питома річна енергопотреба, $kWh \cdot год/m^2$	120	60	116,8

2.7 Висновки до розділу 2

1. Визначивши основні теплотехнічні показники існуючої будівлі та порівнявши їх, можна зробити висновок, що дана будівля відповідає лише частині національних стандартів з теплопровідності огороджувальних конструкцій та повністю не відповідає стандарту «Пасивний будинок».
2. Проведено аналіз енергоефективності будівлі та на його основі складено план модернізації.
3. Визначено основні напрямки модернізації, яких потребує дана будівля:
 - a. улаштування теплового фасаду всього будинку;
 - b. заміна вікон на енергоефективні;
 - c. заміна вхідних дверей на енергоефективні з улаштуванням теплового стику;
 - d. утеплення цоколя для зменшення трансмісійних передач в зоні підлоги по ґрунту;
 - e. утеплення даху зсередини конструкції;
 - f. встановлення механічної вентиляції з рекуперацією повітря;
 - g. збільшення товщини утеплювача стелі неопалювального гаража.

3.МОДЕРНІЗАЦІЯ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛІ

3.1 Розрахунок теплотехнічних показників конструкцій.

3.1.1 Зовнішні стіни

З розрахунку приведенного опору неутепленої стіни робимо висновок, що конструкція стіни має недостатні показники для забезпечення теплоізоляції приміщення, додаємо до стіни шар мінераловатного утеплювача на основі базальтового волокна ($\lambda=0,037$ Вт/(м·К)) та проводимо розрахунок. Модифікована конструкція представлена на рис 3.1

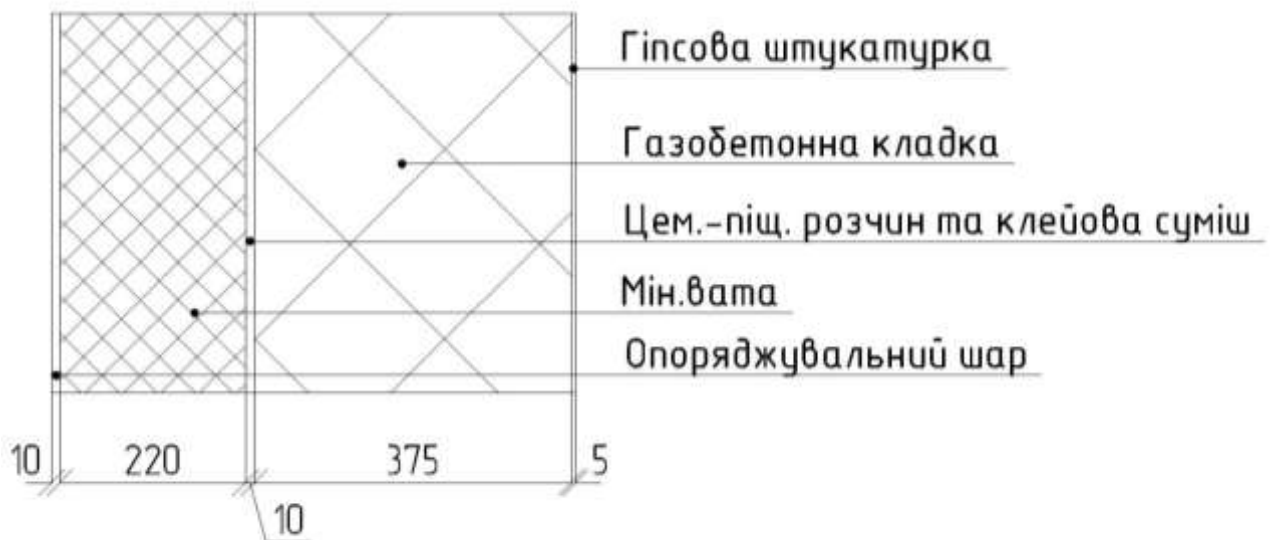


Рис. 3.1 – Конструкція зовнішньої стіни

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції за формулами пункту 5.2 ДСТУ Б В.2.6–31:2013 [45].

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,002}{0,063} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,22}{0,037} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 9,89 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції за формулою:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma\text{пр}} &= \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \\ &= \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_1 \cdot N_1} = \\ &= \frac{2,8516}{\frac{2,8516}{9,89} + 0,087 \cdot 0,69 + 0,0785 \cdot 0,69 + 0,0625 \cdot 1,6 + 0,173 \cdot 1,24 + 0,015 \cdot 18} = \\ &= 7,96 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \end{aligned}$$

Товщина мінераловатного утеплювача 220 мм матиме достатній опір теплопередачі згідно ДБН В.2.6-31 [45]., але для виконання умов стандарту «Пасивний будинок» необхідно мінімізувати містки холоду хоча б до наведених нижче значень лінійних коефіцієнтів теплопередачі: $k_1 = 0,0005 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; $k_2 = 0,0005 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; $k_3 = 0,0005 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; $k_4 = 0,005 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; $\Psi_k = 0,0025 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Проведемо розрахунок приведенного опору теплопередачі:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_k \cdot N_k} = \\
 &= \frac{2,8516}{\frac{2,8516}{9,89} + 0,0005 \cdot 0,69 + 0,0005 \cdot 0,69 + 0,0005 \cdot 1,6 + 0,005 \cdot 1,24 + 0,0025 \cdot 18} = \\
 &= 8,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},
 \end{aligned}$$

Отже, з огляду на вище наведені розрахунки товщину утеплювача приймаємо 220 мм.

3.1.2 Перекриття мансардного горища

Із розрахунку опору теплопередачі в розділі 2 робимо висновок, що дах також необхідно утеплити. Для цього використовуємо утеплювач з мінеральної вати на базальтовому волокні густиною 35 кг/м³ та коефіцієнтом теплопровідності в умовах експлуатації Б – $\lambda=0,041$ Вт/(м·К). Також додаємо шар пароізоляції. Внутрішня підшивка даху – плити з гіпсокартону 15 мм ($\lambda=0,21$ Вт/(м·К)).

Опір теплопередачі перекриття визначаємо по основному полю за формулою:

$$\begin{aligned}
 R_{\Sigma} &= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,015}{0,13} + \frac{0,025}{0,18} + \frac{0,25}{0,041} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,07}{0,041} + \\
 &+ \frac{1}{12} = 8,366 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},
 \end{aligned}$$

З наведеного вище розрахунку робимо висновок, що мінімальна необхідна товщина додаткового шару утеплювача – 70 мм, при улаштування якого необхідно

передбачити додатковий шар пароізоляції для збереження тепловологісних характеристик утеплювача.

3.1.3 Перекриття над неопалювальним гаражем

Для досягнення високих показників опору теплопередачі необхідно збільшити товщину утеплювача під плитою перекриття до 200 мм. Оновлена конструкція перекриття наведена на рис.3.2

Опір теплопередачі визначаємо по основному полю:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,2}{0,036} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{17} = 8,49 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$



Рис.3.2- Перекриття над гаражем

3.1.4 Підлога по ґрунту

Враховуючи, що утеплювати існуючу підлогу по ґрунту є недоцільним заходом, пропонується влаштувати утеплення навколо будівлі з пінополістеролу товщиною 150 мм на глибину 1,2 м та до стику з утеплювачем зовнішньої стіни. Обов'язково необхідно проконтролювати якісне улаштування вертикальної гідроізоляції.

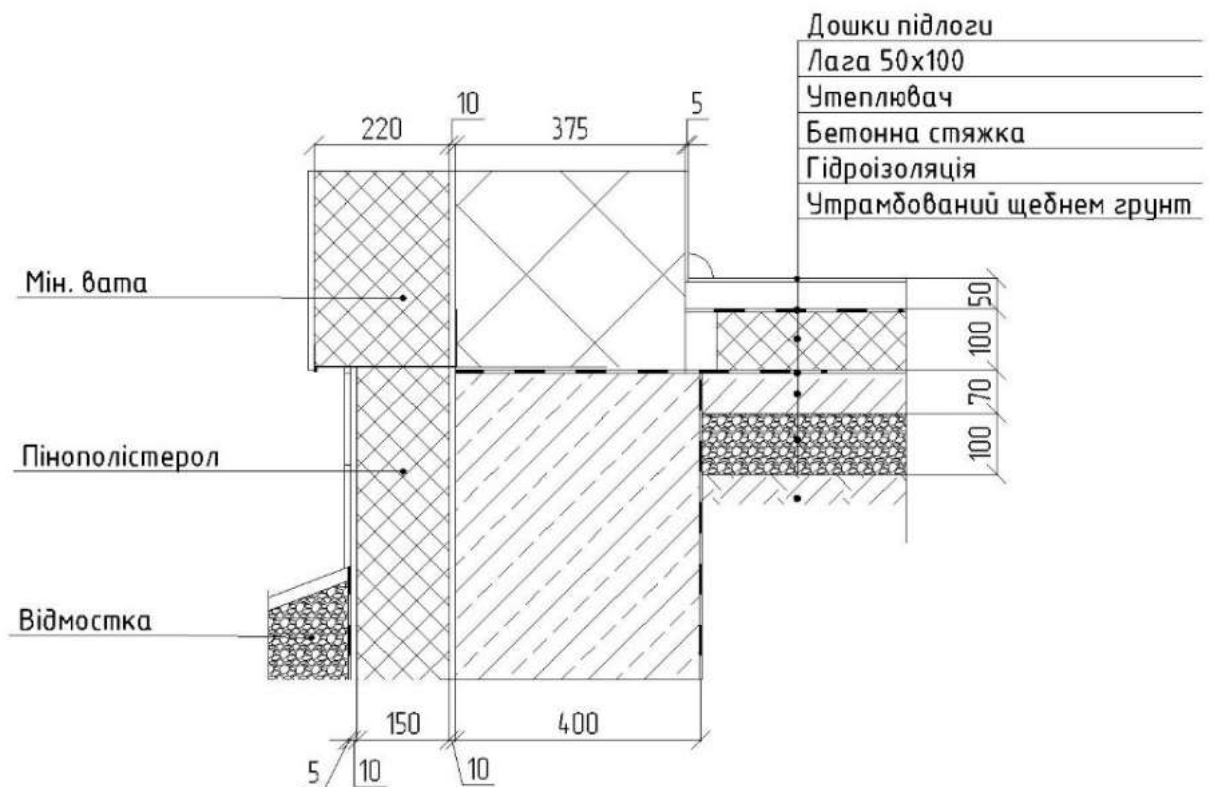


Рис.3.3 – Конструкція підлоги по ґрунту.

Визначення коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту U проводимо згідно додатку Б [14] визначивши величини d_t та B' :

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,545 + 1,5(0,17 + 2,79 + 0,043) = 5,05 \text{ м}$$

де d_t – еквівалентна товщина підлоги, м;

w – загальна товщина зовнішньої стіни, м;

$$w = 0,545 \text{ м}$$

λ – теплопровідність ґрунту, приймаємо згідно таблиці Б.1 [27];

$$\lambda = 1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір приймаємо згідно таблиці Б.2 [27];

$$R_{si} = 0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

R_f – термічний опір підлоги, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

$$R_f = \sum_{i=1}^n R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} = \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,07}{1,86} + \frac{0,1}{1,05} = 2,79 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – товщина відповідно дерев'яної підлоги, шару утеплювача, бетонної стяжки та утрамбованого щебнем ґрунту, м;

$$\delta_1 = 0,05 \text{ м}, \delta_2 = 0,1 \text{ м}, \delta_3 = 0,07 \text{ м}, \delta_4 = 0,1 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}$ – теплопровідність дерев'яної підлоги, шару утеплювача, бетонної стяжки та утрамбованого щебнем ґрунту, $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

$$\lambda_{1p} = 0,23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \lambda_{2p} = 0,041 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \lambda_{3p} = 1,86 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$$\lambda_{4p} = 1,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір приймаємо згідно таблиці Б.2 [27];

$$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

B' – Характерний розмір підлоги, що визначається за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5P'} = \frac{55,31}{0,5 \cdot 26,96} = 4,25$$

де A – площа підлоги, м^2 ;

$$A = 55,31 \text{ м}^2$$

P – зовнішній периметр підлоги, м;

$$P = 26,96 \text{ м}$$

Так як $d_t > B'$ (добре ізольована підлога) то коефіцієнт теплопередачі визначаємо за формулою:

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t} = \frac{1,5}{0,457 \cdot 4,25 + 5,05} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

Також за додатком Б [27] розраховуємо для даної площі узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g , Вт/К, визначаємо за формулою:

$$H_g = AU + P\psi_g = 55,31 \cdot 0,25 + 26,96 \cdot 0,43 = 23,88 \text{ Вт}/\text{К}$$

де ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м · К), який приймаємо згідно табл. Г.1 [34]

Згідно п.8.2.2.5.3 [25] так як теплопровідне включення розташоване на межі підлоги та стіни, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнта теплопередачі даного теплопровідного включення.

$$\psi_g = \frac{0,86}{2} = 0,43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

3.1.5 Світлопрозорі огороджувальні конструкції

На основі аналізу ринку світлопрозорих конструкцій було обрано показники теплопровідності профільованих систем та склопакетів, наданих виробниками для розрахунку опору теплопередачі конструкцій. Двокамерний склопакет 4і-Т16Кг-4-Т16Кг-4і (тепла дистанція, газовий склад середовища камер – 100% кріптон). $R_{\Sigma\text{сп}} = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

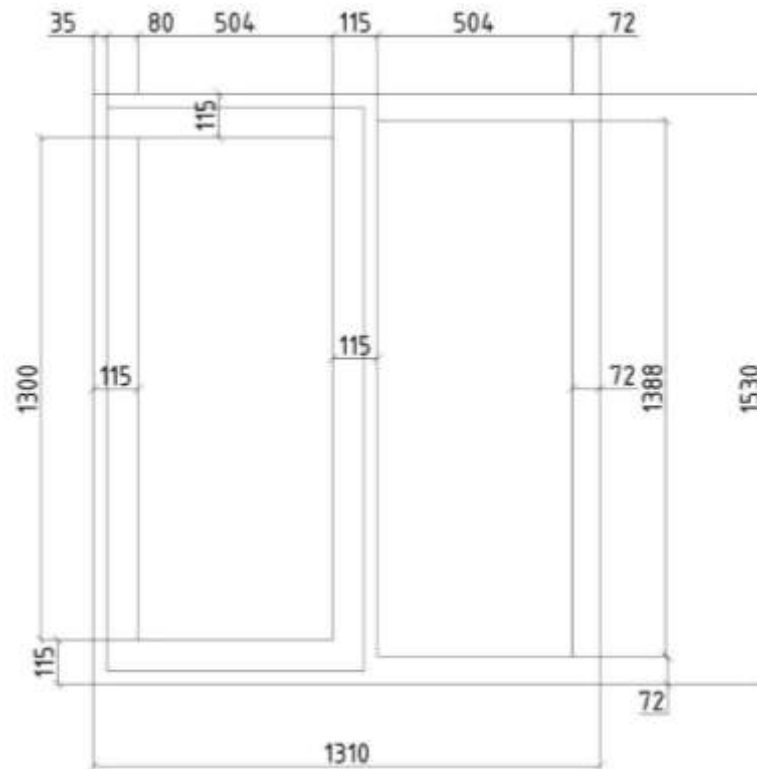


Рис.3.4 – Схема вікна

Приведений опір теплопередачі профільної системи за результатами сертифікаційних випробувань складає $R_{\Sigma 1} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Приведений опір теплопередачі світлопрозорі огорожувальної конструкції розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{cn} + F_1}{\frac{F_{cn}}{R_{\Sigma cn}} + \frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 \cdot L_1} = \frac{1,3547 + 0,649}{\frac{1,3377}{2} + \frac{0,6666}{0,8} + 0,03 \cdot 7,39} = 1,413 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де F_{cn} – площа світлопрозорі частини, м^2 , визначаємо за формулою:

$$F_{cn} = 0,504 \cdot 1,3 + 0,504 \cdot 1,388 = 1,3547 \text{ м}^2$$

F_{cn} – площа непрозорого елемента, m^2 , визначаємо за формулою:

$$F_1 = 1,53 \cdot 1,31 - F_{cn} = 1,53 \cdot 1,31 - 1,3547 = 0,649 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma cn}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, визначеної за [39]

k_1 – лінійний коефіцієнт теплопередачі $Wt/(m \cdot K)$, теплопровідного включення за [39]

$$k_1 = 0,03$$

L_1 – лінійний розмір, м, непрозорого елемента світлопрозорої конструкції визначаємо за формулою:

$$L_1 = 4 \cdot 0,504 + 2 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1,388 = 7,39 \text{ м}$$

3.2 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

3.2.1 Оцінка вологісного режиму конструкцій здійснена згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013

3.2.2 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна з газобетону з опорядженням із мінераловатного утеплювача на клейовій суміші та цементно-піщаною штукатуркою будинку з вологим режимом експлуатації приміщень. Властивості мінерального утеплювача прийняті згідно даним від виробника.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропрохідності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Гіпсова штукатурка	0,005	900	0,23	0,022	0,12	0,042
Стіна з блоків з газобетону	0,375	400	0,1	3,75	0,23	1,63
Цементно-піщаний та клейовий розчин	0,01	1600	0,93	0,011	0,09	0,111
Мінераловатний утеплювач	0,22	35	0,037	5,95	0,3	0,733
Опоряджувальний шар	0,01	1600	0,93	0,011	0,09	0,111

3.2.3 Порядок розрахунку

3.2.3.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [38] визначаємо середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Дані представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-5,6	-4,7	0,3	9	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	87
Відносна вологість, %	85	82	78	66	61	65	66	64	69	77	86	87

3.2.3.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31[45] вони становитимуть відповідно: $t_g=20^\circ\text{C}$; $\varphi_b=55\%$.

3.2.3.3 Згідно з таблицею Б.1 [42] визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_b = 2340$ Па, $e_b = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 382$ Па, $e_3 = 325$ Па.

Визначаємо опір паропроникненню шарів огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$, за формулами:

$$R_{e1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,005}{0,12} = 0,042 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,375}{0,23} = 1,63 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,01}{0,09} = 0,111 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e4} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,22}{0,3} = 0,733 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

$$R_{e5} = \frac{\delta_5}{\mu_5} = \frac{0,01}{0,09} = 0,111 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па};$$

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції за формулами:

0-й перетин

$$t_0 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} \right) = 19,7 \text{ }^\circ\text{C},$$

де t_3 - розрахункова температура зовнішнього повітря в січні, $^\circ\text{C}$, приймаємо за табл. 2 [45].

$$t_3 = -5,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

R_Σ - опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ визначаємо за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,22}{0,037} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 9,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт},$$

де α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, які приймаємо згідно з дод. Б [34]. $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Проводимо розрахунок в усіх наступних перетинах конструкції згідно прийнятого рішення по модернізації.

1-й перетин

$$t_1 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} \right) = 19,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2-й перетин

$$t_2 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} \right) = 9,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3-й перетин

$$t_3 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} \right) = 9,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4-й перетин

$$t_4 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,22}{0,037} \right) = -5,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5-й перетин

$$t_5 = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) =$$

$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{9,89} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,23} + \frac{0,375}{0,1} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,22}{0,037} + \frac{0,01}{0,93} \right) =$$

$$= -5,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Використовуючи отримані температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огорожувальної конструкції за табл. Б.1 [42].

0-й перетин

$$E_0 = 2297 \text{ Па.}$$

1-й перетин

$$E_1 = 2283 \text{ Па.}$$

2-й перетин

$$E_2 = 1218 \text{ Па.}$$

3-й перетин

$$E_3 = 1218 \text{ Па.}$$

4-й перетин

$$E_4 = 385 \text{ Па.}$$

5-й перетин

$$E_5 = 385 \text{ Па.}$$

3.2.3.4 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок 3.5).

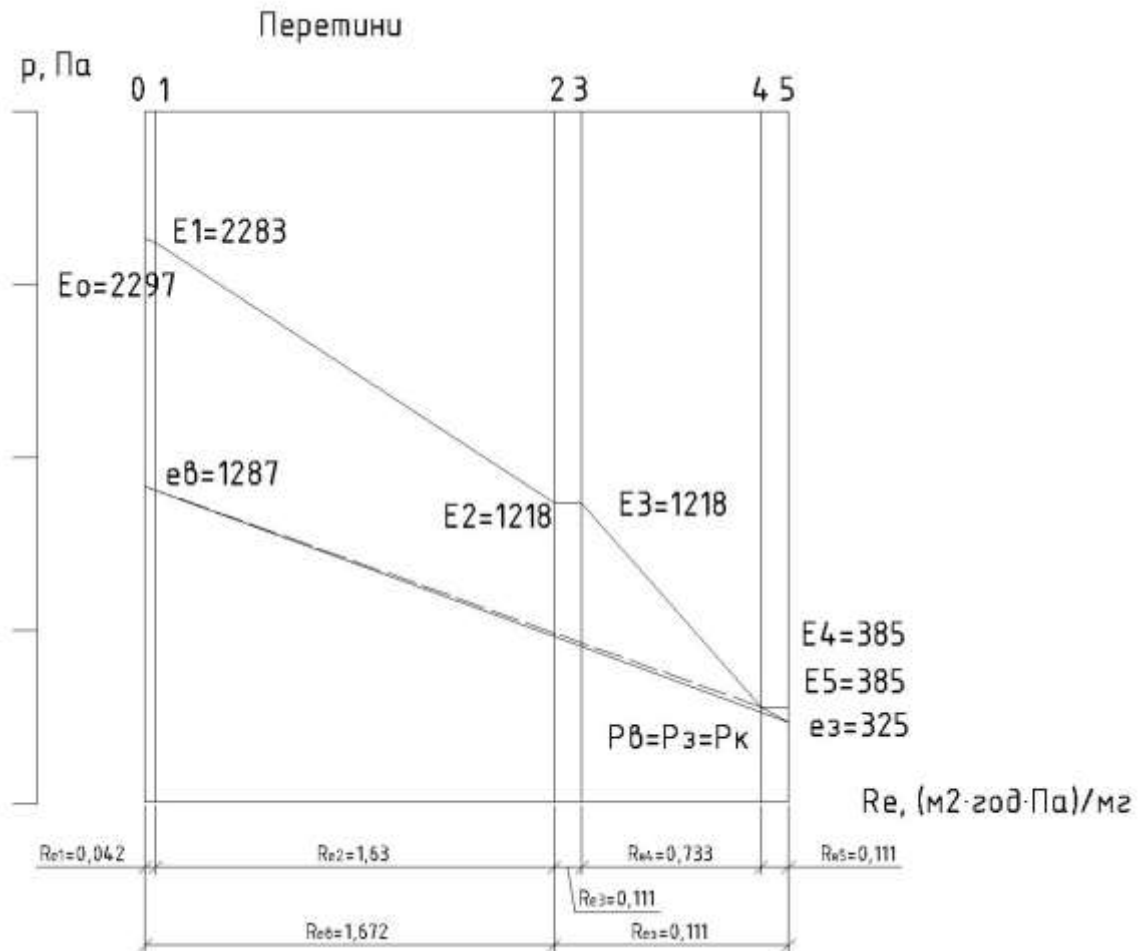


Рис 3.5 Умовний переріз огорожувальної конструкції в січні

3.2.3.5 Враховуючи, що на даній конструкції зовнішньої стіни з газобетону з опорядженням гіпсовою штукатуркою зсередини та утеплювачем із цементно-піщаною штукатуркою ззовні процес конденсації водяної пари в січні не відбувається, розрахунок кількості вологи подальших місяців не виконується.

3.3 Визначення показників теплостійкості.

3.3.1 Визначення показників теплостійкості здійснюється згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013

3.3.2 Оцінка теплостійкості в ліній період.

3.3.2.1 Розрахунок проводиться згідно ДСТУ- Н Б В.2.6-190:2013 [40]

3.3.2.2 Розрахункові параметри для умов м. Полтава є ідентичними із параметрами попереднього розділу прийнятих для цієї ж будівлі та були визначені згідно ДСТУ- Н Б В.1.-27:2010 [38]:

- мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16% і більше, $v = 2,4$ м/с;
- максимальне значення сумарної сонячної радіації $I_{max} = 658$ Вт/м²;
- середнє значення сумарної сонячної радіації $I_{cp} = 162$ Вт/м²;
- максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A_{t_3} = 10,6$

3.3.2.3 Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції згідно з таблицею Б.1 [40] $\chi = 0,7$.

3.3.2.4 Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м² · К), визначається за формулою 4 [40]:

$$\alpha_{3л} = 1,16(5 + 10\sqrt{v}) = 1,16(5 + 10\sqrt{2,4}) = 23,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

3.3.2.5 Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря $A_{t_{роз}}$, °С за формулою 2 [40]:

$$A_{t_{роз}} = A_{t_3} + \frac{\chi(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_{3л}} = 10,6 + \frac{0,7(658 - 162)}{23,77} = 25,2 \text{ °С}$$

3.3.2.6 Термічні опори шарів стінової огорожувальної конструкції, починаючи з боку приміщення:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,005}{0,23} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,375}{0,1} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,93} = 0,011 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,22}{0,037} = 5,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,01}{0,93} = 0,011 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

3.3.2.7 Теплова інерція шарів стінової огорожувальної конструкції, починаючи з боку приміщення, становить:

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = 0,022 \cdot 3,34 = 0,073 < 1$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2 = 3,75 \cdot 1,84 = 6,9 > 1$$

$$D_3 = R_3 \cdot S_3 = 0,011 \cdot 9,6 = 0,103 < 1$$

$$D_4 = R_4 \cdot S_4 = 5,95 \cdot 0,34 = 0,103 < 1$$

$$D_5 = R_5 \cdot S_5 = 0,011 \cdot 9,6 = 0,103 < 1$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,073 + 6,9 + 0,103 + 2,02 + 0,103 = 9,2$$

де S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – розрахункові коефіцієнти теплосасвоєння матеріалу окремих шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), що приймають за табл. А1 [34] для умов експлуатації А: $S_1 = 3,34$ Вт/(м² · К), $S_2 = 1,84$ Вт/(м² · К), $S_3 = 9,6$ Вт/(м² · К), $S_4 = 0,34$ Вт/(м² · К), $S_5 = 9,6$ Вт/(м² · К)..

3.3.2.8 Коефіцієнти теплотасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огорожувальної конструкції Y розраховуються згідно пунктам 4.12-4.13 [40]

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \cdot \alpha_B} = \frac{0,022 \cdot 3,34^2 + 8,7}{1 + 0,022 \cdot 8,7} = 7,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_2 = S_2 = 1,84 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_3 = \frac{R_3 \cdot S_3^2 + Y_2}{1 + R_3 \cdot Y_2} = \frac{0,011 \cdot 9,6^2 + 1,84}{1 + 0,011 \cdot 1,84} = 2,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_4 = S_4 = 0,34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$Y_5 = \frac{R_5 \cdot S_5^2 + Y_4}{1 + R_5 \cdot Y_4} = \frac{0,011 \cdot 9,6^2 + 0,34}{1 + 0,011 \cdot 0,34} = 1,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.3.2.9 Величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції за формулою 3 [40]

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_B)(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2)(S_4 + Y_3)(S_5 + Y_4)(\alpha_{3л} + Y_5)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_3 + Y_3)(S_4 + Y_4)(S_5 + Y_5)\alpha_{3л}} =$$

$$= 0,9e^{\frac{9,2}{\sqrt{2}}} \cdot$$

$$\cdot \frac{(3,34 + 8,7)(1,84 + 7,52)(9,6 + 1,84)(0,34 + 2,77)(9,6 + 0,34)(23,77 + 1,33)}{(3,34 + 7,52)(1,84 + 1,84)(9,6 + 2,77)(0,34 + 0,34)(9,6 + 1,33)23,77} =$$

$$= 1752,844$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні стінових огорожувальних конструкцій визначається за формулою 1 [40]:

$$A_{\tau_3} = \frac{A_{\text{троз}}}{\nu} = \frac{25,2}{1752,844} = 0,0144 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих стінових огорожувальних конструкцій становить 0,0144 °С, що відповідає нормативним вимогам теплостійкості в літній період року $A_{\tau_3} \leq 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ розділ 4 [45]

3.3.3 Оцінка теплостійкості в зимовий період

3.3.3.1 Розрахунок проводиться згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-190[40]

В будинку наявне центральне опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря, тож теплостійкість в холодний період року не визначається.

3.4 Визначення енергетичних показників будинку

3.4.1 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води.

3.4.1.1 Розрахунок проведено згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [27] та ДСТУ Б EN ISO 13790 [26].

3.4.1.2 Опис будівлі

Одноквартирний будинок має два житлові поверхи, періодично опалювальний підвал та мансардне перекриття.

Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій наведені у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Площі зовнішніх огорожень будинку

	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
1	Зовнішні стіни	273,95
	– північний захід	33,26
	– північний схід	75,4
	– південний схід	44,17
	– південь	24,18
	– захід	72,59
	– північ	24,35
2	Покриття	228,9
3	Перекриття над неопалювальним гаражем	39,99
4	Підлога по ґрунту	55,31
5	Світлопрозорі конструкції орієнтовані на:	36,52
	– північний схід	14,09
	– південний схід	5,01
	– південь	8,19
	– захід	1,21
	– північ	8,02
6	Вхідні двері в будинок	5,9

3.4.1.3 Зонування будівлі при розрахунку

Згідно з 6.2.2.2 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [27] розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється. Розрахунок проводиться однозонний.

Кондиціонована площа будівлі становить $A_f = 249 \text{ м}^2$

3.4.1.4 Характеристики теплопередачі трансмісії

Для розрахунку використовуємо дані пунктів 3.3.1.1-3.3.1.6 та заносимо їх у таблицю 3.4

Таблиця 3.4 – Характеристики теплопередачі трансмісії

	Вид огород. констр.	$A_i, \text{м}^2$	$R_{\Sigma}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$U, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$\Delta U_{tb}, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{x,H}, \text{Вт}/\text{К}$	$H_{x,C}, \text{Вт}/\text{К}$
1	Зовнішні стіни	273,9	8,360	0,120	0	1	1	33	33
2	Покриття	228,9	8,366	0,120	0,15	1	1	62	62
3	Перекриття над гаражем	39,99	8,490	0,118	0,15	1	1	11	11
4	Підлога по ґрунту	55,31	4,762	0,210	0	1	1	12	12
5	Світлопроз. конструкції	36,5	1,413	0,708	-	1	1	26	26
6	Вхідні двері	5,59	1,270	0,787	-	1	1	4	4

Визначаємо загальні коефіцієнти теплопередачі трансмісією для режиму опалення та режиму охолодження:

$$H_{tr,adj,H} = 33 + 62 + 11 + 12 + 26 + 4 = 147 \text{ Вт}/\text{К}$$

$$H_{tr,adj,C} = 33 + 62 + 11 + 12 + 26 + 4 = 147 \text{ Вт}/\text{К}$$

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з наступними формулами для кожного місяця і приведена до таблиці 3.7 для режиму опалення та в таблиці 3.8 для режиму охолодження:

– для опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj,H}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t;$$

- для охолодження:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj,C}(\theta_{int,set,C} - \theta_e)t,$$

3.4.1.5 Характеристики теплопередачі вентиляцією

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 [20], величина витрати повітря становить $q_{ve,k,mn} = 66,06 \text{ м}^3/\text{год}$ для періоду опалення та $q_{ve,k,mn} = 528,5 \text{ м}^3/\text{год}$ для періоду охолодження.

Додаємо до системи вентиляції рекуператорний теплообмінник із ефективністю близько 90%. Тоді значення температурного поправочного коефіцієнта прийнято $b_{ve,k} = 0,2$

Для житлової частини будинку значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією розраховується за формулою 24 [27], та становить:

- для опалювального періоду

$$H_{ve,adj,H} = \rho_a c_a b_{ve} q_{ve,k,mn} = 4,36 \text{ Вт/К}$$

- для охолоджувального періоду

$$H_{ve,adj,C} = \rho_a c_a b_{ve} q_{ve,k,mn} = 34,88 \text{ Вт/К}$$

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована для кожного місяця і приведена до таблиці 3.7 для режиму опалення та в таблиці 3.8 для режиму охолодження.

- для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj,H}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t;$$

- для охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj,C}(\theta_{int,set,C} - \theta_e)t,$$

3.4.1.6 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, Q_{int} , Вт · год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f \right) t = \text{Вт} \cdot \text{год}$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела Вт/м²;

A_f – кондиціонована площа будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку за даними таблиці 6 [27] за сумою теплонадходження від людей, освітлення та обладнання та враховуючи графік використання 112 год на тиждень (168 год), становить:

$$\Phi_{int} = (1,2 + 2 + 2) \cdot 112/168 = 3,776 \text{ Вт/м}^2$$

3.4.1.7 Характеристики сонячних теплонадходжень.

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження розташовані на всіх фасадах. Використовуються віконні та балконні блоки на основі металопластикових профілів із застосуванням двокамерними склопакетами з низькоемісійним покриттям та заповненням інертним газом. Для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 8 [27] становить $g_n = 0,5$. Відповідно загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини згідно формули 39 [27]:

$$g_{gl} = g_n \cdot F_w = 0,5 \cdot 0,9 = 0,45$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймаємо $F_w = 0,9$.

Розраховуємо сонячні теплонадходження згідно з розділом 11 [27] за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції, тут $F_{sh,ob,k} = 1$.

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з додатком А [27];

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, що приймається $F_{r,k} = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-того елемента будівлі, Вт, визначений згідно з формулою 44 [27].

Розрахунок еквівалентної площі даху мінімізується за рахунок використаного для його розрахунку коефіцієнту 0,04, що використовується в конструкції з повітряним прошарком.

Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів A_{sol} визначається за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, тут $F_{sh,gl} = 0,7$;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проєкції обрамлення до загальної площі проєкції заксленого елемента, $F_F = 0,3$;

$A_{w,p}$ – загальна площа проєкції заксленого елемента, м².

3.4.1.8 Динамічні параметри

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є легкою, відповідно до таблиці 15 [27] внутрішня теплоємність будівлі на

одиницю площі становить $C = 35 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Внутрішня теплоємність будівлі становитиме:

$$C_m = 35 \cdot 249 = 8715 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{К}$$

Часова константа будівлі розраховується розділом 12.4 [27]:

– для режиму опалення

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} = \frac{8715}{147 + 4,36} = 57,6 \text{ год};$$

– для режиму охолодження

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra}} = \frac{8715}{147 + 34,88} = 47,9 \text{ год}$$

Безрозмірні числові параметри α_H і α_C визначаються за формулами:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{57,6}{15} = 4,83$$

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 1 + \frac{47,9}{15} = 4,2$$

де $\alpha_{H,0}$ та $\alpha_{C,0}$ – довідкові безрозмірні числові параметри, що дорівнюють 1;

$\tau_{H,0}$ та $\tau_{C,0}$ – довідкові числові константи, що приймаються рівні 15 год.

Безрозмірні коефіцієнти використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ та для охолодження $\eta_{C,gn}$ визначаємо за розділом 12 [27], формули до яких описані в пункті 2.6.1.8, а результати розрахунків заносимо в таблиці 3.7 та 3.8.

Значення A_{sol} , округлюємо до цілих за умови $A_{sol} > 1$, а менші значення до розрахунку не приймаються.

Таблиця 3.5 – Елементи сонячних теплонадходжень $A_{sol}, \text{м}^2$

Місяць року	Параметри											
	$A_{sol,w} \cdot F_{sh}, \text{м}^2$					$A_{sol}, \text{м}^2$						$\Phi_{sol}, \text{Вт}$
	Пн	ПнСх	ПдСх	Пд	Зх	ПнЗх	Пн	ПнСх	ПдСх	Пд	Зх	
Січень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	313
Лютий	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	508
Березень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	677
Квітень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	814
Травень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	989
Червень	2	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1097
Липень	2	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1054
Серпень	2	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	975
Вересень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	801
Жовтень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	536
Листопада	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	273
Грудень	3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	221

Місяць року	Параметри							
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{год}$	$I_{sol, \text{Пн}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{sol, \text{ПнСх}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{sol, \text{ПдСх}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{sol, \text{Пд}}, \text{Вт/м}^2$	$Q_{sol, \text{Н}}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$Q_{sol, \text{С}}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
Січень	-5,6	744	12	13	39	51	233	233
Лютий	-4,7	672	24	25	60	74	341	341
Березень	0,3	744	32	39	76	93	504	504
Квітень	9	720	40	55	96	96	586	586
Травень	15,4	744	55	74	114	102	736	736
Червень	18,7	720	67	93	115	100	587	587

Липень	20,5	744	60	86	115	102	578	578
Серпень	19,7	744	44	69	117	113	521	521
Вересень	14,3	720	28	43	103	115	577	577
Жовтень	7,7	744	18	22	71	86	399	399
Листопад	1,3	720	10	11	35	45	196	196
Грудень	-3,3	744	9	9	28	36	164	164

3.4.1.9 Внутрішні умови

Задані температури на опалення та на охолодження будівлі прийняті згідно таблиці 16 [27], $\theta_{int,H,set} = 19^{\circ}\text{C}$, $\theta_{int,C,set} = 26^{\circ}\text{C}$, прийняті на підставі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень.

3.4.1.10 Енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреба для опалення розрахована для кожного місяця згідно з формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

Енергопотреба для охолодження розрахована для кожного місяця згідно з формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,ht} - \eta_{C,gn} Q_{C,gn}$$

Дані занесені до таблиць 3.7 та 3.8.

Річні енергопотреби для опалення та охолодження розраховані за розділом 7 [27], наведені в таблицях 3.7 та 3.8.

3.4.1.11 Енергопотреби ГВП

Загальні енергопотреби ГВП:

$$Q_{DHW,need} = 15 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2 \cdot A_f = 15 \cdot 249 = 3735 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 3.7 Розрахунок енергопотребности для опалення

Місяць	Параметр								
	$Q_{H,tr}$ кВт · год	$Q_{H,ve}$ кВт · год	$Q_{H,ht}$ кВт · год	$Q_{H,sol}$ кВт · год	$Q_{H,int}$ кВт · год	$Q_{H,gn}$ кВт · год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$ кВт · год
Січень	2691	80	2771	233	700	932	0,34	1,00	1842
Лютий	2342	69	2411	341	632	973	0,40	0,99	1445
Березень	2046	61	2106	504	700	1203	0,57	0,97	939
Квітень	1059	31	1090	586	677	1263	1,16	0,76	127
Травень	394	12	406	736	700	1435	3,54	0,28	1
Червень	32	1	33	587	677	1264	38,64	0,03	0
Липень	-164	-5	-169	578	700	1278	-7,56	-0,13	0
Серпень	-77	-2	-79	521	700	1221	-15,5	-0,06	0
Вересень	498	15	512	577	677	1254	2,45	0,41	4
Жовтень	1236	37	1273	399	700	1098	0,86	0,88	302
Листопад	1874	56	1929	196	677	873	0,45	0,99	1066
Грудень	2440	72	2512	164	700	864	0,34	1,00	1651
Всього за рік									7378

Таблиця 3.8 Розрахунок енергопотребности для охолодження

Місяць	Параметр								
	$Q_{C,tr}$ кВт · год	$Q_{C,ve}$ кВт · год	$Q_{C,ht}$ кВт · год	$Q_{C,sol}$ кВт · год	$Q_{C,int}$ кВт · год	$Q_{C,gn}$ кВт · год	γ_C	$\eta_{C,gn}$	$Q_{C,nd}$ кВт · год
Січень	3457	820	4277	233	700	932	0,22	0,22	1
Лютий	3358	720	4078	341	632	973	0,24	0,24	2
Березень	2812	667	3479	504	700	1203	0,35	0,34	9

Квітень	1860	427	2287	586	677	1263	0,55	0,53	49
Травень	1160	275	1435	736	700	1435	1,00	0,81	277
Червень	799	183	982	587	677	1264	1,29	0,89	386
Липень	602	143	744	578	700	1278	1,72	0,95	567
Серпень	689	164	853	521	700	1221	1,43	0,92	436
Вересень	1280	294	1574	577	677	1254	0,80	0,71	142
Жовтень	2002	475	2477	399	700	1098	0,44	0,44	20
Листопад	2702	620	3322	196	677	873	0,26	0,26	2
Грудень	3205	760	3966	164	700	864	0,22	0,22	1
За рік									1893

Розрахункове значення питомого річного енергоспоживання будівлі визначаємо за формулою 2 [45]

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,need}) / A_f = \frac{(7379 + 1893 + 3735)}{249} = 52,23$$

Визначаємо клас енергоефективності будівлі:

$$[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\% = \left[\frac{(52,23 - 120)}{120} \right] \cdot 100\% = -56,47\%$$

Дане значення відповідає класу енергоефективності А (-50 і менше).

Для порівняння результатів розрахунків за розділами 2 і 3 зведемо результати до загального виду в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Порівняння результатів розрахунків з нормативними показниками

Найменування параметру, одиниці вимірювання	Нормовано в Україні	Стандарт «Пасивний будинок»	Фактичний показник	Після модернізації
$R_{пр}$, м ² · К/Вт:				
– зовнішні стіни;	3,3	8,3	2,47	8,37
– перекриття мансардного горища;	4,95	8,3	6,47	8,366
– перекриття над неопалювальним гаражем;	3,75	8,3	4,14	8,49
– світлопрозорі конструкції	0,75	1,25	0,462	1,413
Питома річна енергопотреба, кВт · год/м ²	120	60	116,8	52,23
– на опалення	-	30	95,6	29,6
– на охолодження	-	15	6,2	7,6
Клас енергоефективності будівлі	-	-	C	A

3.5 Висновки до розділу 3

1. Виконано модернізацію за стандартом «Пасивний будинок», як для окремих елементів конструкції так і врахування їх в розрахунку загальному по енергопотребі будівлі.
2. Було проведено такі заходи:

- a. улаштування теплоізоляції для зовнішніх стін, цоколю;
- b. збільшення шару ізоляції над неопалювальним гаражем;
- c. улаштування додаткової ізоляції зсередини конструкції даху;
- d. заміна вікон та дверей, що значно вплинуло на загальну енергопотребу будівлі;
- e. влаштування механічної вентиляції.

3. Порівнявши результати розрахунків до і після модернізації можна визначити рівень ефективності даних заходів як високий, так як результати фінальних розрахунків відповідають поставленій меті роботи, а саме – застосування принципів пасивного будівництва під час модернізації існуючої будівлі.

4. Під час проведення розрахунків було визначено, що ряд описаних вище заходів має набагато вищу ефективність тільки в комплексі з іншими.

4.ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ

4.1 Умови будівництва

Ділянка знаходиться на схилі, ґрунт – глинистий. Територія навколо будівлі розділена на тераси і має підпорні залізобетонні стінки.

Будівля має стінову конструктивну схему, дворівневу конструкцію Фундамент збірний стрічковий залізобетонний. Планування блоків будівлі та їх розміщення було розроблено з урахуванням рельєфу, стиснених умов будівництва та важкості роботи з даним типом ґрунту.

4.2 Методика виконання робіт

Вимоги до улаштування фасадної теплоізоляції зовнішніх стін визначено згідно ДБН В.2.6-33:2018 [22]

Основним параметром модернізації і найбільш важким є улаштування утеплення фасадної системи.



Рис.4.1 – Структура улаштування утепленого фасаду.

<https://www.rockwool.com/ua/products-and-applications/external-wall/plaster-facade/thik-facade/>

Порядок проведення робіт:

1. Зачистка існуючого шару фарби, перевірка існуючого шару штукатурки на ушкодження і за необхідності зачистка ділянок, що осипаються.
2. Зачистка за наявності слідів іржі, масляних плям, бруду. Проблемні місця мають бути оброблені антисептичними складами.
3. Перевірка конструкцій на наявність тріщин, визначення їх походження та усунення. Закладення тріщин. Вирівнювання та ґрунтування поверхні
4. Монтаж стартової планки для даних умов будівництва – не нижче рівня цоколя або на висоті 50 см від землі. П-подібний профіль монтується по периметру всієї будівлі, над вікнами та дверима і виступає у ролі опорної планки. Для кріплення даних профілів використовуються саморізи або пластикові дюбелі [9].
5. Наступним етапом є улаштування безпосередньо шару утеплювача, панелі якого зсередини покриваються шаром клейової суміші за допомогою зубчастого шпателя по всьому периметру плити у вигляді широкої смуги, а також точкової ділянки в центрі. Такий підхід дозволяє економно, але без втрати якості забезпечити надійне кріплення матеріалу.
6. Монтаж плит необхідно поводити в такому порядку:
 - а. починаючи з нижнього ряду улаштування одного ряду по всьому периметру будівлі;
 - б. монтаж кожного ряду починається з кута конструкцій.
7. Після повного висихання клею (3 доби) необхідно встановити пластикові дюбелі з широким капелюшком тарілчастого виду, довжина якого обирається залежно від товщини утеплювача і матеріалу основи стіни. Для пористих матеріалів глибина занурення цвяха має становити не менше 9 см, а для твердих основ – не менше 5 см.

8. Наступний крок полягає в монтажі армуючого шару через добу після улаштування утеплювача. До основних правил її влаштування входить накладення сусідніх смуг одна на одну на 5-8 см та використання спеціальних кутиків в дверних отворах, вікнах, перемичках та кутах стін. Загальна товщина армуючого шару в штукатурці може становити до 5 мм.
9. Фінішна обробка фасаду полягає в нанесенні штукатурного шару на поверхню та його фарбування.

4.3 Безпека виконання робіт

Згідно з ДБН А.3.2-2-2009 [14] техніка безпеки виконання робіт по улаштуванню фасадної теплоізоляції полягає в дотриманні наступних правил.

Роботи виконуються тільки під наглядом спеціально навчених робітників під керівництвом і контролем інженерно-технічних працівників.

Працівники, що виконують роботи мають пройти медичний огляд, комплекс інструктажів з пожежної безпеки, безпеки виконання робіт. Всі працівники повинні бути навчені за правилами гасіння пожежі і способам роботи з первинними засобами пожежогасіння.

Перед початком будівельних робіт майданчик має бути обладнаним згідно діючих правил та норм, мати огороження, обладнаним тимчасовими спорудами, складами та інженерними мережами.

Перед початком роботи необхідно провести перевірку справності механізмів та інструментів, необхідних для роботи, а також тимчасових допоміжних конструкцій, що будуть використані під час виконання робіт. Використання несправних конструкцій, інструментів та механізмів є неприпустимим.

Працювати з спеціалізованими інструментами та обладнанням мають тільки ті працівники, які пройшли відповідне навчання та інструктаж.

Робітники повинні мати спецодяг, респіратори, каски, запобіжні пояси, нешкідливі миючі засоби, захисні пасти і т. д. Мати відповідну кваліфікацію для

виконання робіт. Всі роботи слід виконувати з інвентарних засобів підмоцнування [46].

Під час роботи безпосередньо з утеплювачем працівники мають бути в захисних окулярах та рукавицях. Так само і під час свердління отворів, працівники мають обов'язково бути в захисних окулярах [46].

На будівельному майданчику має бути відведені місця для зберігання відповідних категорій інструментів, матеріалів згідно з необхідними умовами зберігання, визначених типом матеріалу. Матеріали забороняється зберігати в експлуатованих приміщеннях, біля проходів чи проїздів, на сходових клітинах чи підвалах, а також місцях доступних для сторонніх. Допуск сторонніх осіб в зону виконання робіт також не допускається.

4.4 Висновки до розділу 4

1. Будівля розміщена на ділянці з глинистим ґрунтом, що підвищує важкість виконання робіт, пов'язаних з утепленням фундаменту.
2. Ділянка знаходиться на схилі, в районі з низько розвиненою інфраструктурою, вузькими дорогами та стисненими умовами для розміщення технічних засобів або тимчасових будівель.
3. Проведення робіт з улаштування фасадної теплоізоляції та заміни вікон має відбуватись під наглядом спеціально підготованих працівників та інженерів, а також з дотриманням усіх пожежних норм та норм безпеки праці.

ВИСНОВКИ ЗА МАГІСТЕРСЬКОЮ РОБОТОЮ

Виконавши повноцінне дослідження за темою під час виконання магістерської роботи та провівши усі необхідні розрахунки, можна зробити наступні висновки:

1. Стандарти та норми в галузі енергоефективного будівництва в Україні мають бути переглянуті для досягнення відповідності європейським нормам.
2. Використання стандарту «Пасивний Будинок» для нового будівництва в Україні є досить актуальним, а його вимоги цілком досяжні в умовах індивідуального житлового будівництва.
3. Визначивши основні теплотехнічні показники існуючої будівлі та порівнявши їх, можна зробити висновок, що дана будівля відповідає лише частині національних стандартів з теплопровідності огороджувальних конструкцій та повністю не відповідає стандарту «Пасивний будинок».
4. Проведено аналіз енергоефективності будівлі та на його основі складено план модернізації.
5. При модернізації будинку в Полтаві за стандартом «Пасивний будинок» доцільно провести такі заходи:
 - a. улаштування засобів затінення сонячної сторони задля зниження ризику перегріву в літній період, для чого будуть використані жалюзі, що зменшить об'єм важких будівельних робіт під час модернізації;
 - b. улаштування теплоізоляційного шару зовнішніх непрозорих огороджувальних конструкцій, а саме: зовнішні стіни, цоколь, дах та зміна товщини утеплювача над неопалювальним гаражем;
 - c. заміна вікон на більш енергоефективні із заповненням інертним газом та низькоемісійним покриттям, теплоізолюваним з'єднанням скла з віконною рамою;
 - d. встановлення енергоефективних дверей з улаштуванням теплих стиків;

- e. встановлення підвищеного контролю якості улаштування стиків конструкцій при заміні окремих елементів огорожувальних конструкцій;
 - f. використання існуючих витяжних каналів для покращення системи вентиляції в будівлі шляхом встановлення рекуператора;
 - г. улаштування шляхів подачі свіжого повітря для житлових приміщень.
6. Аналіз перерозрахунку показав, що всі напрями модернізації є доцільними та практичними для існуючих будівель на території України.
 7. Модернізацію було виконано окремо для кожного елементу та враховано комплексний вплив даних змін на будівлю та її енергоефективність в цілому.
 8. Ряд описаних вище заходів має набагато вищу ефективність та позитивний вплив на стан рівня енергопотреб в комплексі з іншими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard. (https://passipedia.org/media/picopen/9f_160815_phi_building_criteria_en.pdf)
2. Dr. Martin H. Spitzner. Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg –energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10. Nürnberg 2005.P. 267 (https://passiv.de/downloads/05_sanierung_jean-paul-platz.pdf)
3. Dr. Oliver Ottinger, Dipl.-Ing. (BA) Kristin Bräunlich, Dr. Berthold Kaufmann. Monitoring & Simulation des Feuchtegehalts in Wandaufbau und Holzbalkenköpfen für vier verschiedene Innendämmsysteme. Endbericht.2015.P.78. (https://passiv.de/downloads/05_hohenzollernhoefe_innendaemmung_bericht.pdf)
4. ISO 7730:2005(en) Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
5. ISO/FDIS 10456:2007(E) Building materials and products Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.
6. PASSIVE HOUSE-IGUA.УКРАЇНСЬКА ІНІЦІАТИВНА ГРУПА ПАСИВНОГО БУДИНКУ (<https://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-windows-doors/>)
7. PASSIVE HOUSE-IGUA.УКРАЇНСЬКА ІНІЦІАТИВНА ГРУПА ПАСИВНОГО БУДИНКУ (<https://passivehouse-igua.com/passive-house/ventilation-of-airtight-passive-house/>)
8. Søren Peper; Passivhaus Institut. Wolfgang Feist, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität. Innsbruck, Die Energieeffizienz desPassivhaus-Standards: Messungen bestätigen die Erwartungen in der Praxis. 2015. Darmstadt. P. 24 (https://passiv.de/downloads/05_messergebnisse_zum_energieverbrauch_von_passivhaeus_ern.pdf)

9. Влаштування мокрого фасаду (<https://jak.bono.odessa.ua/articles/mokrij-fasad-cerezit-tehnologija-vlashtuvannja.php>)
10. Дані про сертифікацію компонентів пасивного будинку РНІ (https://passiv.de/de/03_zertifizierung/01_zertifizierung_produkte/02_zertifizierungskriterien/02_zertifizierungskriterien.html)
11. ДБН А.1.1-94:2010 Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами: Основні положення. . – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 90 с.
12. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст Проектної Документації на Будівництво. . – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 43 с.
13. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 49 с.
14. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 96 с.
15. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 47 с.
16. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 33 с.
17. ДБН В.1.2-11:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 13 с.
18. ДБН В.1.2-12-2008 Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. . – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 96 с.
19. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2019
20. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. - К.: Мінрегіон України, 2013
21. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 33 с.
22. ДБН В.2.6-33:2018 КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛІЗОЛЯЦІЄЮ. Вимоги до проектування, влаштування та експлуатації. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.

23. ДБН В.2.6-34:2018 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. – К. : НДІБК, 2009. – 229 с.
24. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку і поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи. - К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с.
25. ДСТУ ISO 10211-2:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку і поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. - К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
26. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні. [Чинний з 01.01.2013]. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
27. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2016
28. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 53 с.
29. ДСТУ Б А.2.4-10:2009 Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 49 с.
30. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 24 с.
31. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с.
32. ДСТУ Б В.2.6-17:2000 Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі.
33. ДСТУ Б В.2.6-18:2000 Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітро- та водонепроникності.

34. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с.
35. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 19 с.
36. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Будівельні матеріали. Матеріали і вироботи теплоізоляційні. Номенклатура показників. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 9 с.
37. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. НАСТАНОВА З ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ БУДІВЕЛЬ.
38. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2021 Будівельна кліматологія . – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 19 с.
39. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей. . – К.: Мінрегіон України, 2011
40. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 6 с.
41. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 10 с.
42. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.
43. Закон України про енергетичну ефективність будівель (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#n70>)
44. Методика визначення енергетичної ефективності будівель (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n14>)
45. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2016-08-07]. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 30 с. (Національний стандарт України).
46. Техніка безпеки виконання робіт з улаштування утепленого фасаду (<https://uadepe.ru/interier/2013-tehnika-bezpeki-i-pozhezhnoi-bezpeki-pri.html>)

47. Технічні рішення ROCKWOOL Україна (<https://www.rockwool.com/ua/technical-documentation-ua/cad/?selectedCat=rockpanel>)
48. Технічні характеристики металопластикових профілів від Aluron Sp. z o.o. (<http://www.aluron.pl/ru/offer/gemini-sf-5/>)
49. Технічні характеристики металопластикових профілів від ТОВ "Рехау" (<https://www.rehau.com/md-ru/geneo>)
50. Технічні характеристики склопакетів від ТОВ «Glas Troesch» Україна (<https://www.glastroesch.ua/produkcija.html>)
51. Філоненко О.І., Юрін О.І. Енергетична ефективність будинків. Навчальний посібник. – Полтава: ПП «Астроя»,2018. – 484 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ «ПАСИВНОГО БУДИНКУ» В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ



Перший Пасивний Будинок, 1991 рік, Дармштадт, Німеччина



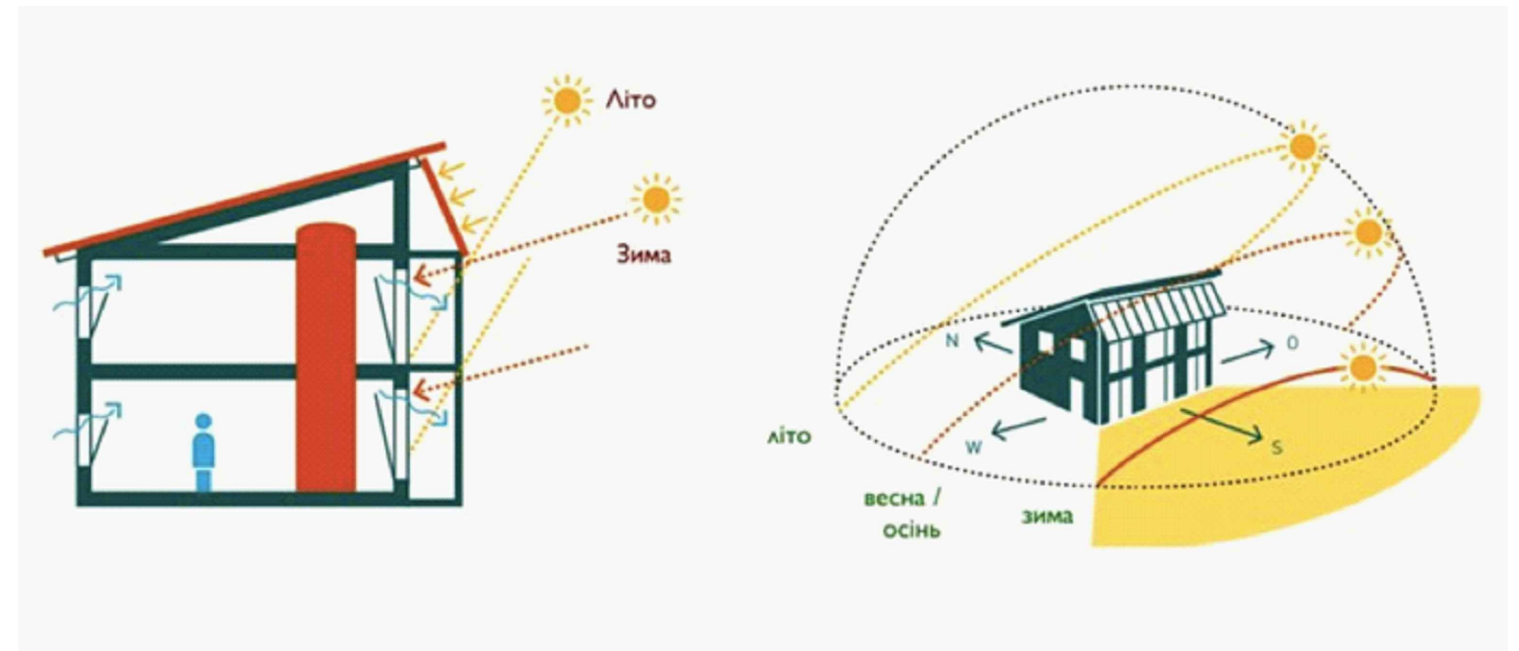
Перший пасивний екобудинок в Україні. «Дім сонця» м.Київ. 2008 рік



1. Питоме споживання енергії на опалення будівлі $\leq 15 \text{ кВт год}/(\text{м}^2/\text{рік})$, або навантаження опалення $\leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$.
2. Питоме споживання енергії на охолодження будівлі $\leq 15 \text{ кВт год}/(\text{м}^2/\text{рік})$.
3. Щорічний період перегріву (температура в приміщенні вище $25^\circ \text{C} \leq 10\%$.
4. Результат тесту на герметичність ($n50$) $\leq 0,6 \text{ год}^{-1}$ зміни повітря.
5. Загальний попит на первинну енергію $\leq 120 \text{ кВт}/(\text{м}^2/\text{рік})$.

					2021	601-БП.20110.ДП		
					Впровадження технологій "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Загальні дані		
Виконала	Гаврилко А.Д.					Сталія	Архив	Архив
Перевіряв	Філоменко О.І.					ДП	1	12
					Стандарт "Пасивний будинок"			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
					Основні параметри			Кафедра БІаЦІ
Н. Контр.	Семко О.В.							
Н. Контр.	Семко О.В.							

Основні складові пасивного будинку



Орієнтація будівлі за сторонами світу

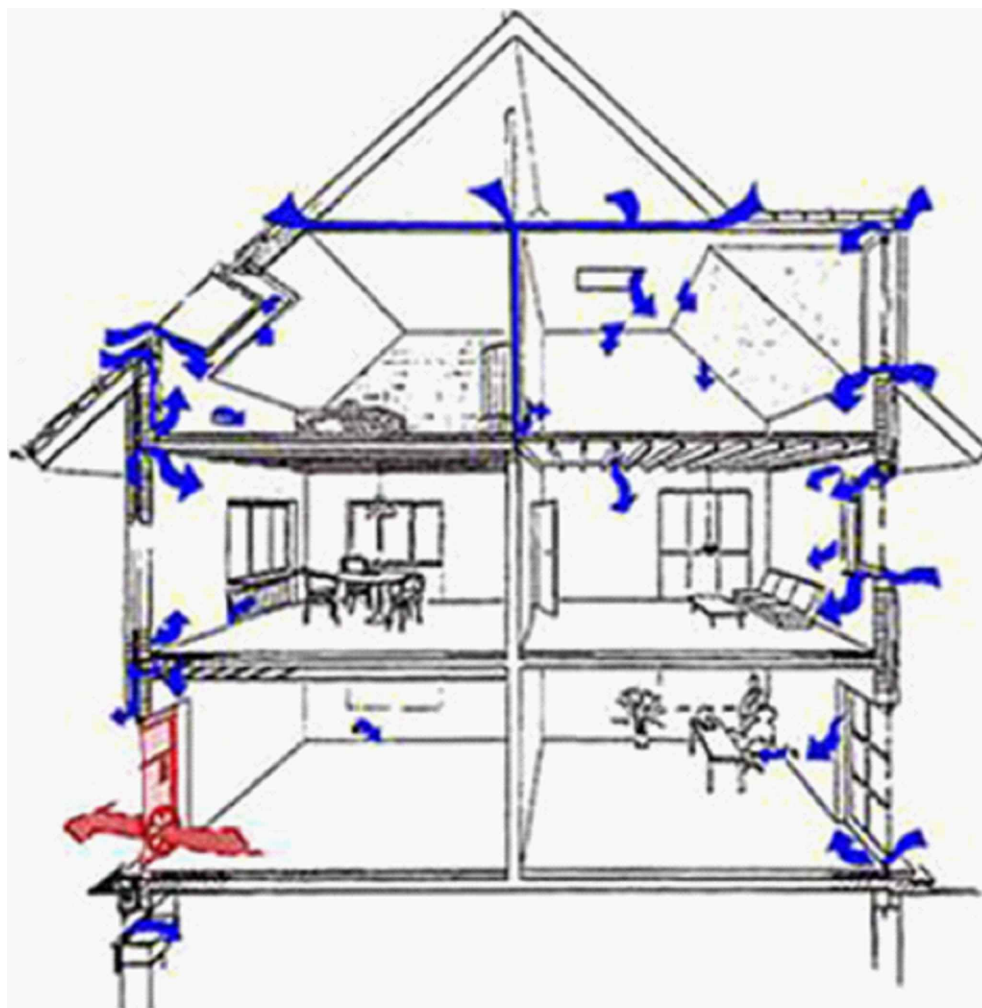
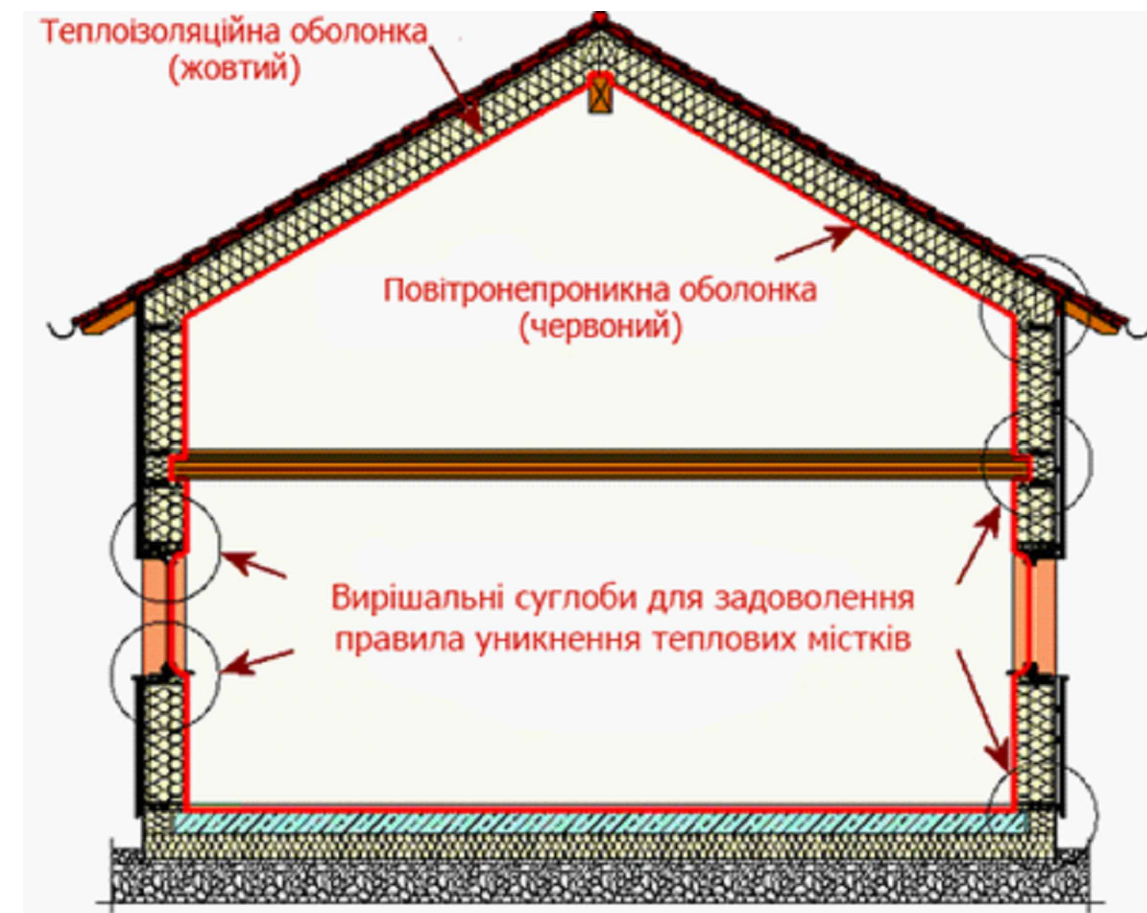


Схема можливих негерметичностей будівлі

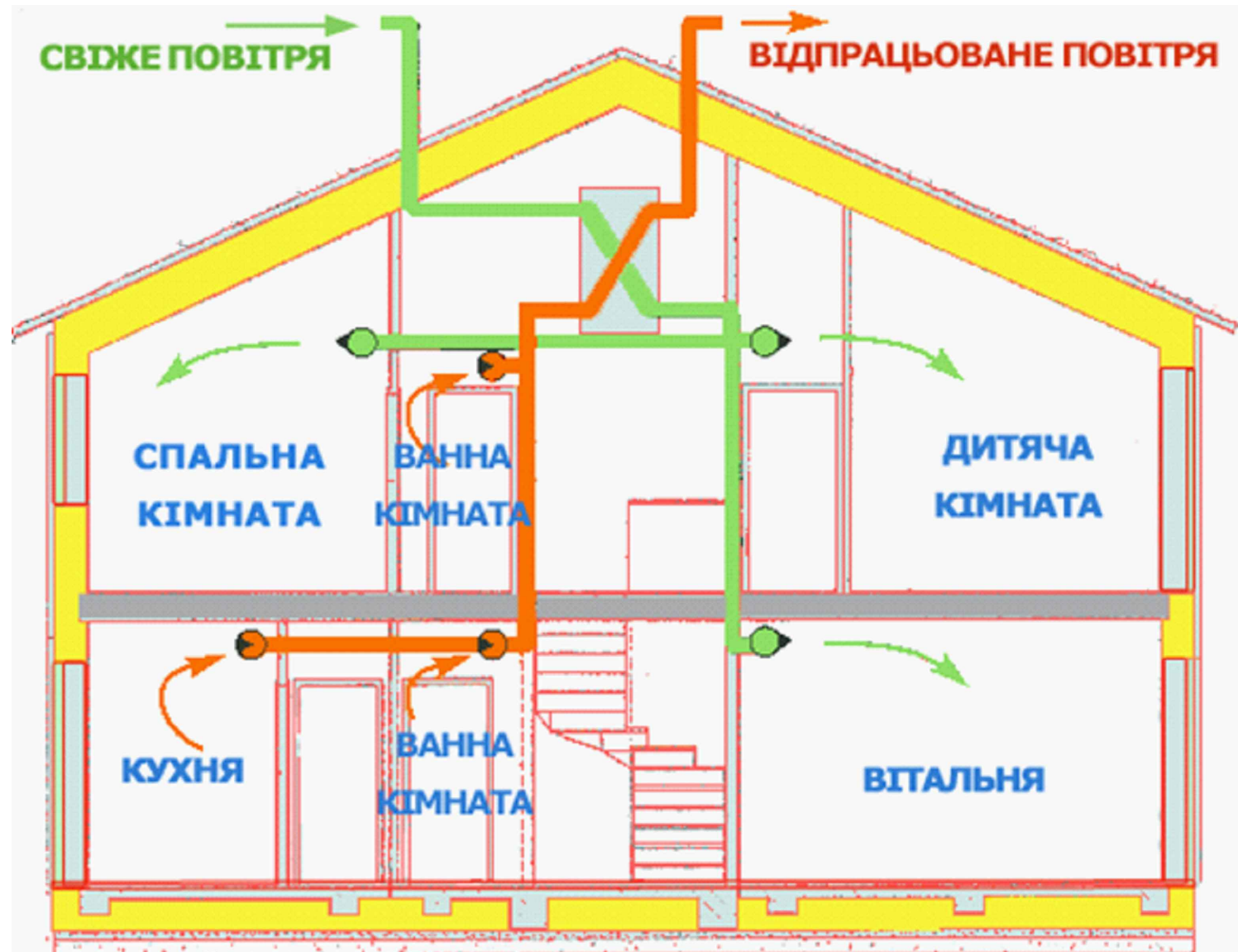


Основні місця утворення теплових містків

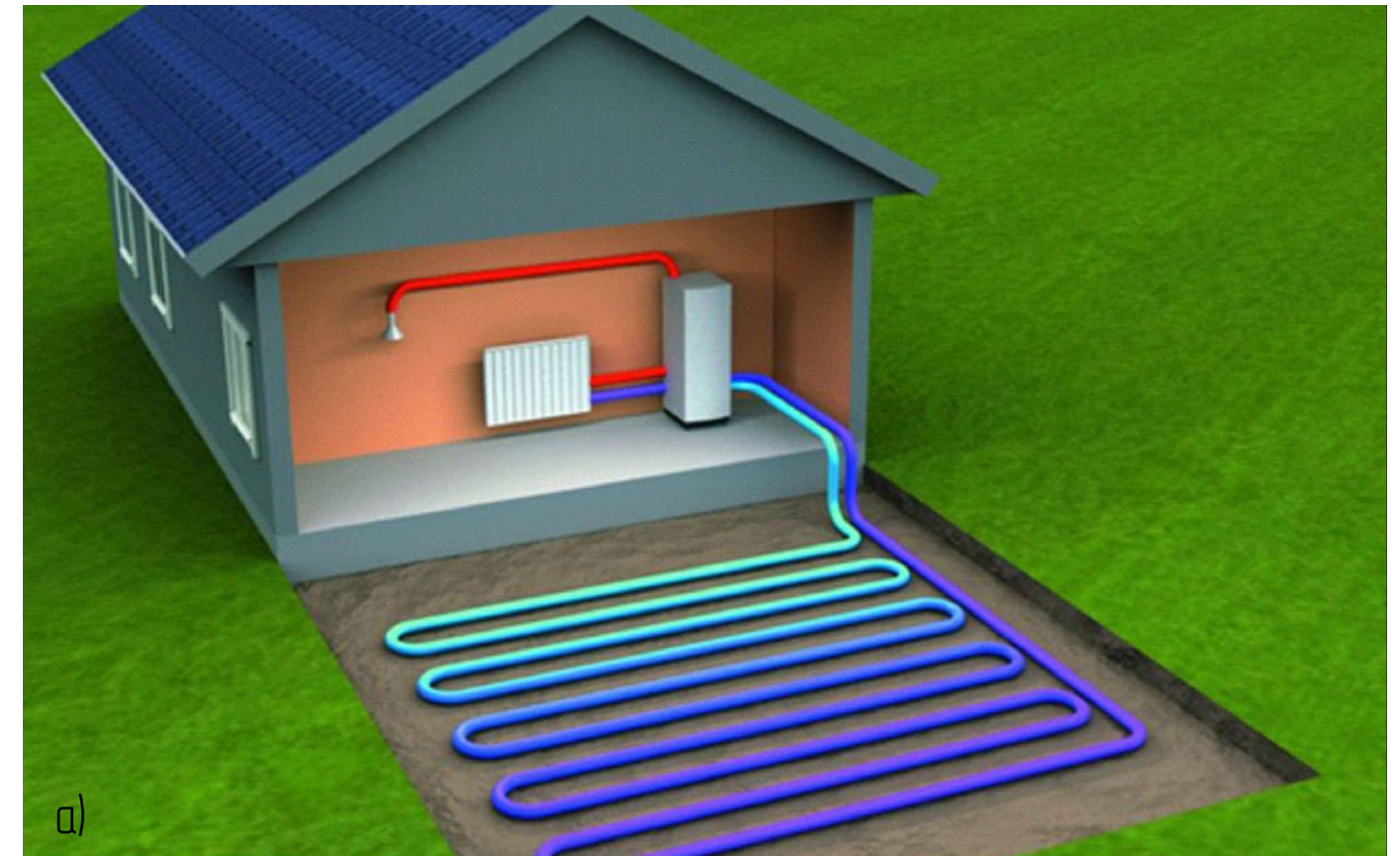
					2021	601-БП.20110.ДП		
					Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Загальні дані		
Виконала	Гаврилко А.Д.					Станів	Аркуш	Аркуші
Перевіряв	Філоненко О.І.					ДП	2	12
					Основні складові пасивного будинку			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БІаЦІ
Н. Контр.	Семко О.В.							
Н. Контр.	Семко О.В.							

Основні складові пасивного будинку за точки зору технічного оснащення будівлі

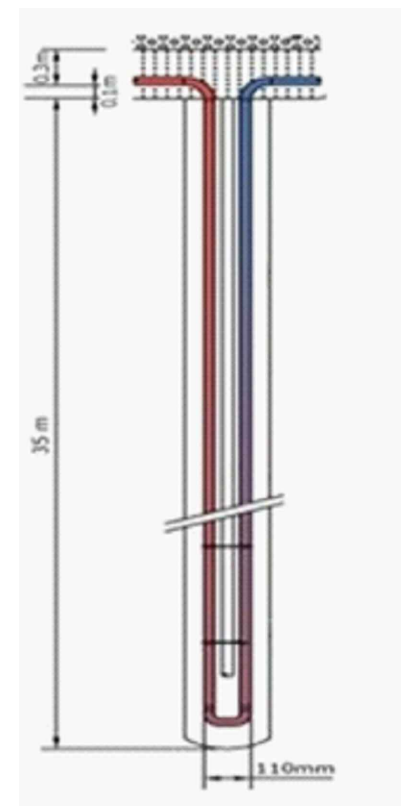
1. Вентиляція будівлі.
2. Грунтові теплообмінники.
3. Альтернативні джерела енергії.



Принцип улаштування вентиляційних каналів пасивного будинку



Приклади улаштування ґрунтового теплообмінника:
а) горизонтального; б) вертикального; в) спірального; г) кошик



б)



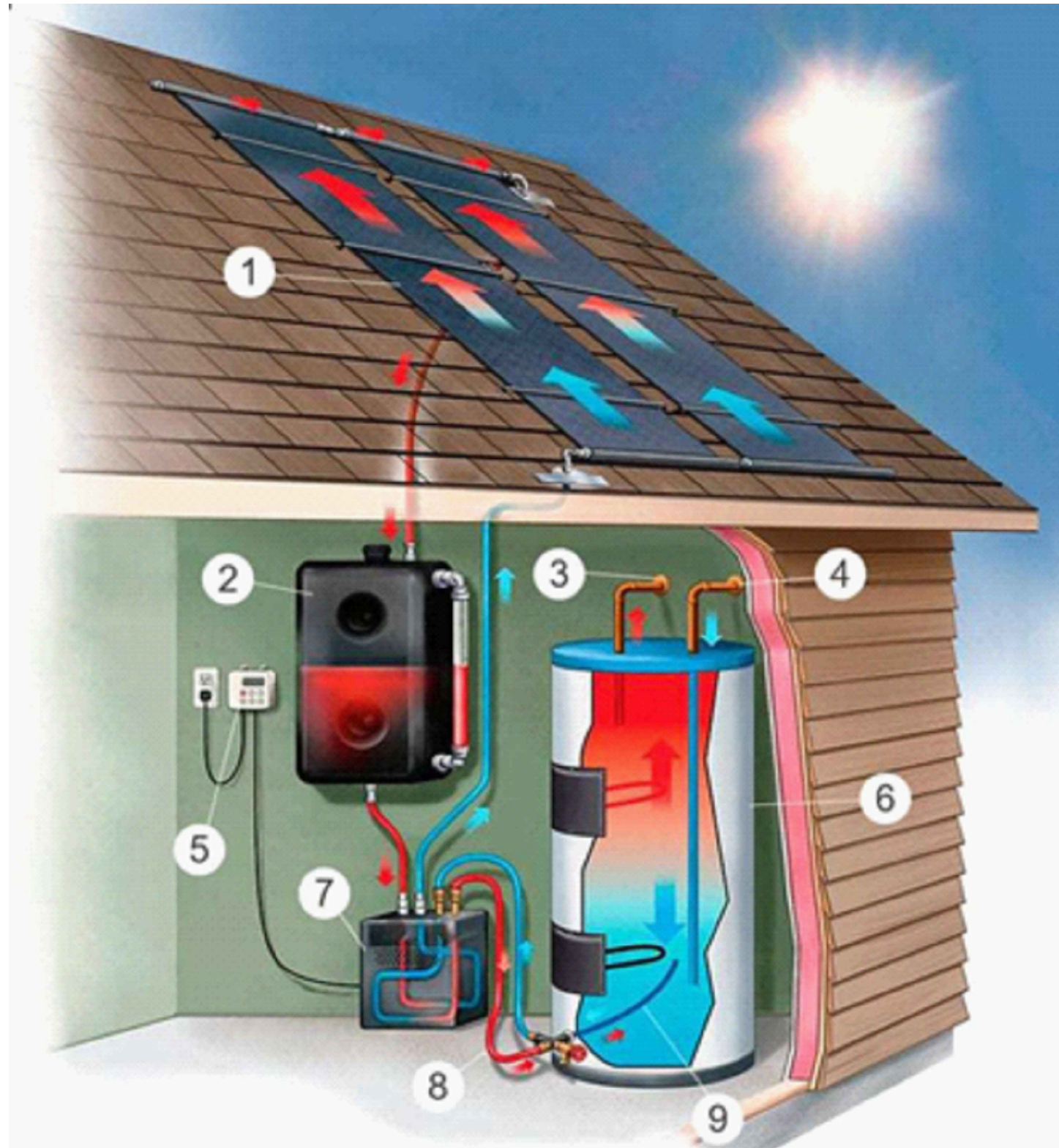
в)



г)

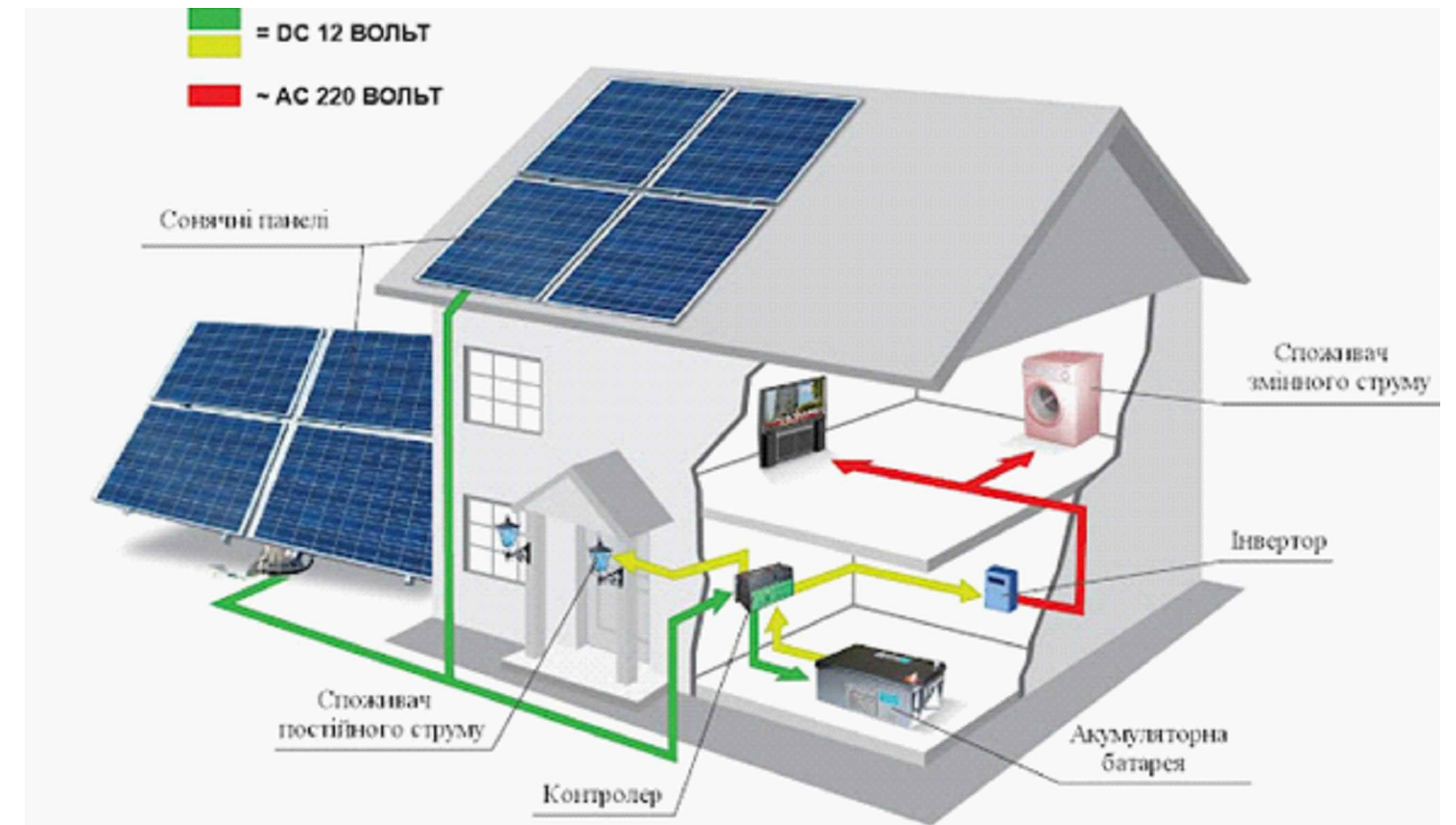
						2021	601-БП.20110.ДП		
						Впровадження технологій "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві			
Зм.	Жільч	Арх.	Док.	Підпис	Дата	Загальні дані			
Виконала	Гаврилко А.Д.					Стаття	Аркуш	Аркуші	
Перевіряв	Філоненко О.І.					ДП	3	12	
						Вентиляція та теплообмінники			
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БІАЦІ			
Н. Контр.	Семко О.В.								
Н. Контр.	Семко О.В.								

Види альтернативних джерел енергії



Принцип роботи сонячного колектору

1. Сонячний колектор.
2. Буферний бак.
3. Гаряча вода.
4. Холодна вода.
5. Контролер.
6. Теплообмінник.
7. Помпа.
8. Гарячий потік.
9. Холодний потік.



Сонячні батареї (фотоелектричні модулі)



Вітрові генератори

					2021	601-БП.20110.ДП		
					Впровадження технологій "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві			
Зм.	Жильк	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Загальні дані		
Виконала	Гаврилко А.Д.					Стандія	Аркш	Аркшів
Перевіри	Філоненко О.І.					ДП	4	12
Н. Контр. Семко О.В.						Альтернативні джерела енергії		
Н. Контр. Семко О.В.						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БІаЦІ		

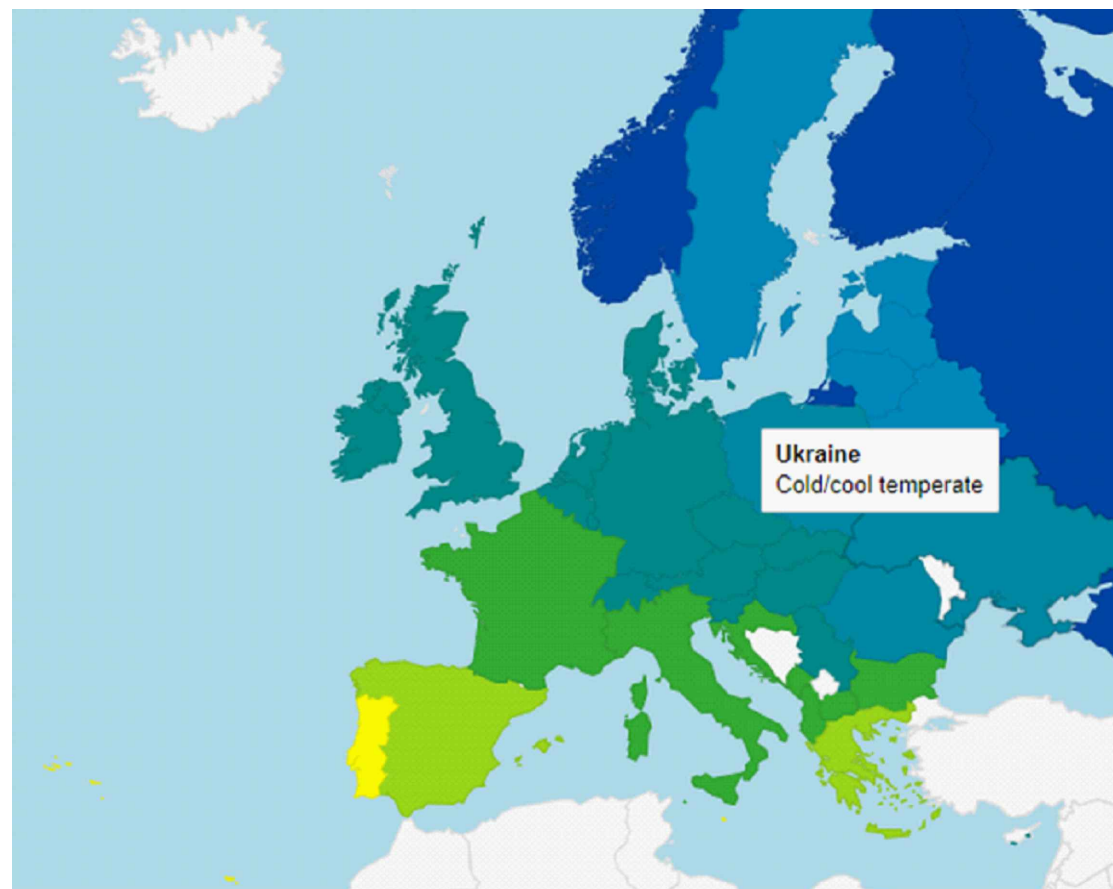
Особливості пасивного будівництва на території України та під час модернізації існуючих будівель

Згідно з ЕнегPHit визначаємо $R_{q,min}$, $m^2 \cdot K / Wm$:

- для зовнішніх стін $R_{q,min} = 8,3 m^2 \cdot K / Wm$ ($U = 0,12 Wm / m^2 \cdot K$);
- для перекриття мансардного зорища $R_{q,min} = 8,3 m^2 \cdot K / Wm$ ($U = 0,12 Wm / m^2 \cdot K$);
- для перекриття над неопалювальним гаражем $R_{q,min} = 8,3 m^2 \cdot K / Wm$ ($U = 0,12 Wm / m^2 \cdot K$);
- для світлопророзих озгороджувальних конструкцій $R_{q,min} = 1,25 m^2 \cdot K / Wm$ ($U = 0,8 Wm / m^2 \cdot K$).

Climatezone acc. to PHPP	Opaque building envelope towards				Windows (incl. entrance doors)			Ventilation			
	...ground	...outdoor air			Total		Glazing	Solar load	Min. heat recovery efficiency	Min. moisture recovery efficiency	
	Thermal insulation	Exterior insulation	Interior insulation	Exterior paint	Max. thermal transmittance		Solar energy transmittance (g-value)	Max. spec. solar load during cooling period			
	Max. thermal transmittance (U-value)				Cool colours		(U _{DW,installed})	-	[kWh/m²a]	%	
	[W/(m²K)]				-						
					☒	☒	☒				
Arctic	Calculation in PHPP using project-specific heating and cooling degree days for ground	0.09	0.25	-	0.45	0.50	0.60	U _g - g*0.7 ? 0	100	80%	
Cold		0.12	0.12	-	0.65	0.70	0.80	U _g - g*1.0 ? 0		80%	
Cool temperate		0.15	0.35	-	0.85	1.00	1.10	U _g - g*1.6 ? 0		75%	
Warm temperate		0.30	0.50	-	1.05	1.10	1.20	U _g - g*2.8 ? 1		75%	
Warm		0.50	0.75	-	1.25	1.30	1.40	-		-	
Hot		0.50	0.75	yes	1.25	1.30	1.40	-		-	60% (humid climate)
Very Hot		0.25	0.45	yes	1.05	1.10	1.20	-		-	60% (humid climate)

Максимальне значення коефіцієнтів теплопровідності для зовнішніх елементів озгороджувальних конструкцій U.



Climate zone according to PHPP	Heating	Cooling
	Max. heating demand	Max. cooling + dehumidification demand
	[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]
Arctic	35	equal to Passive House requirement
Cold	30	
Cool-temperate	25	
Warm-temperate	20	
Warm	15	
Hot	-	
Very hot	-	

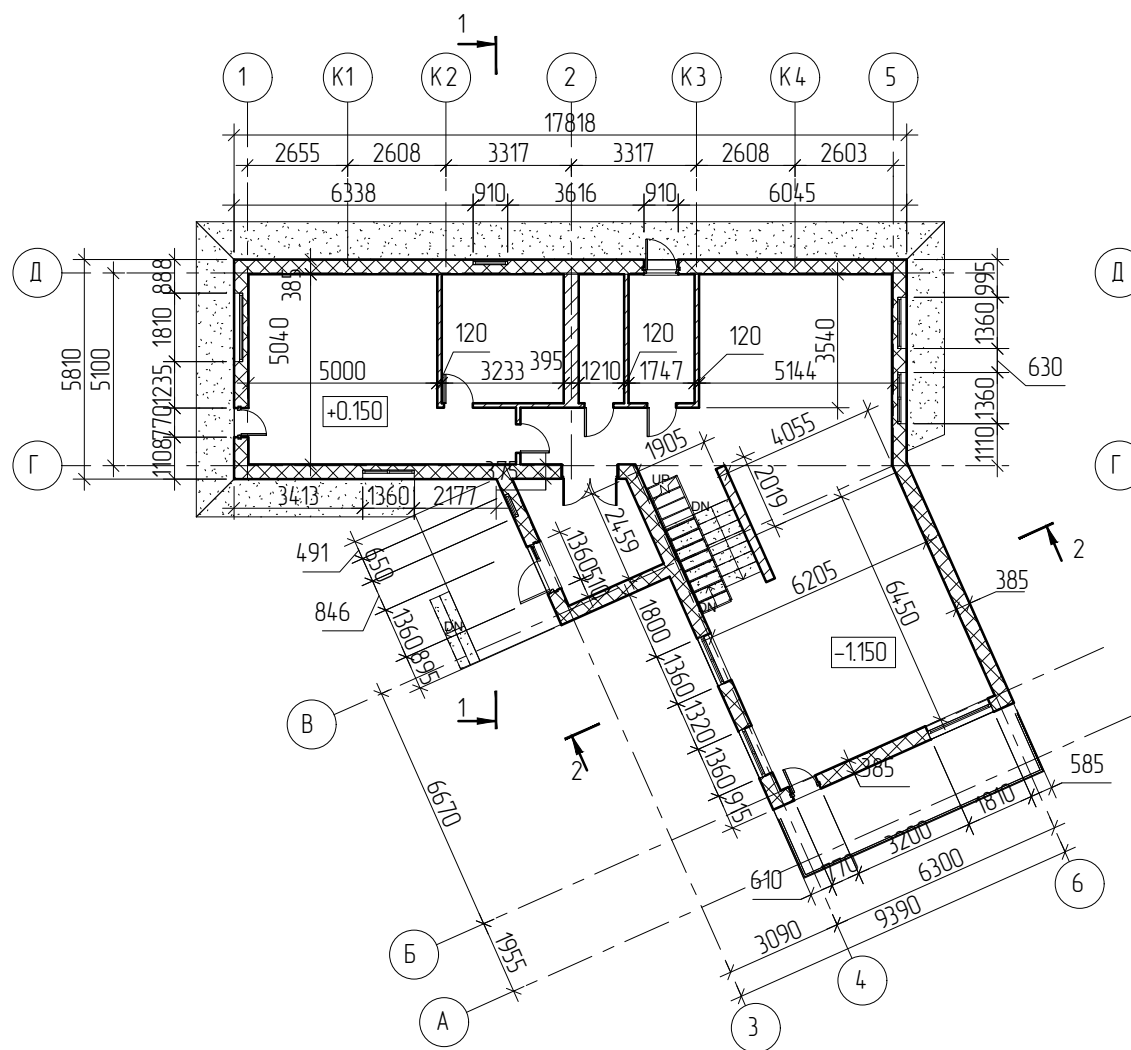
Показники тепловитрат на опалення

Температурні зони за даними Інституту Пасивного будівництва

					2021	601-БП.20110.ДП					
					Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві						
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Визначення параметрів			Станів	Аркушів	Аркушів
Виконала	Гаврилко А.Д.					ДП			5	12	
Перевірила	Філоненко О.І.					Особливості пасивного будівництва в Україні			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БМАЦІ		
Н. Контр.	Семко О.В.										
Н. Контр.	Семко О.В.										

Архітектурно-планувальні рішення

План на відмітках -1,150 та +0,150



План на відмітках +2,030 та +3,130

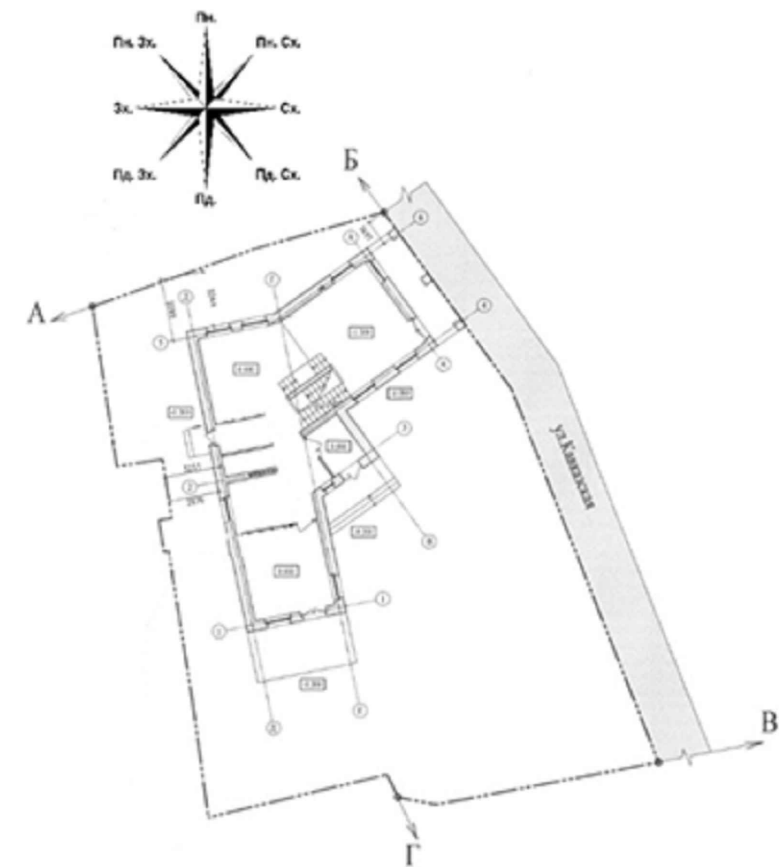
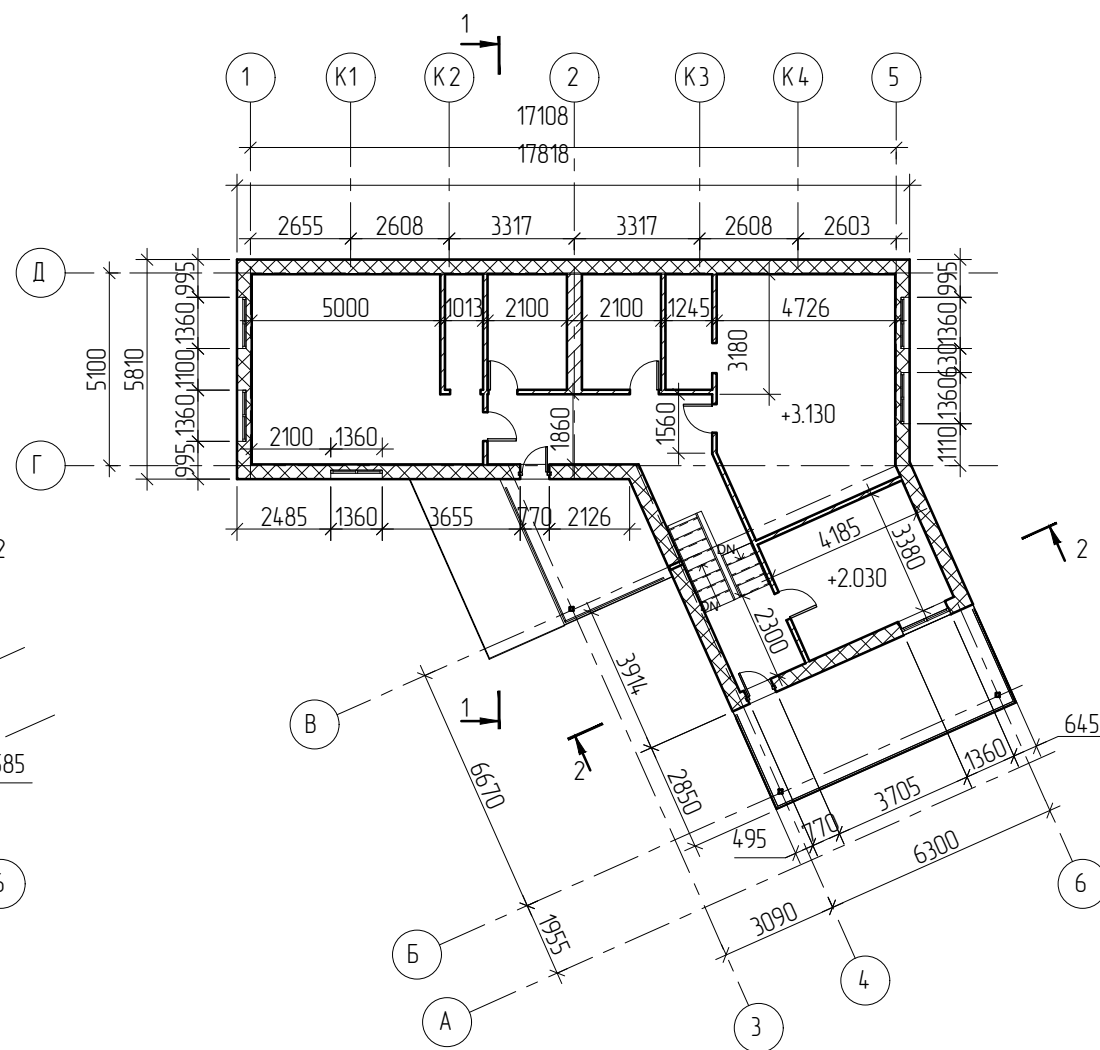
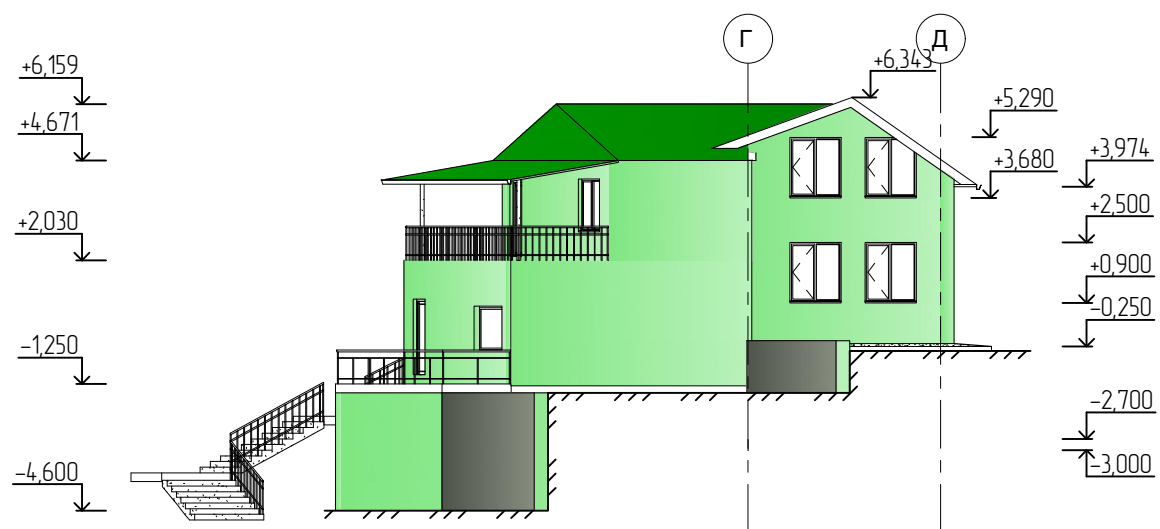


Схема розташування будівлі на ділянці та орієнтація за сторонами світу

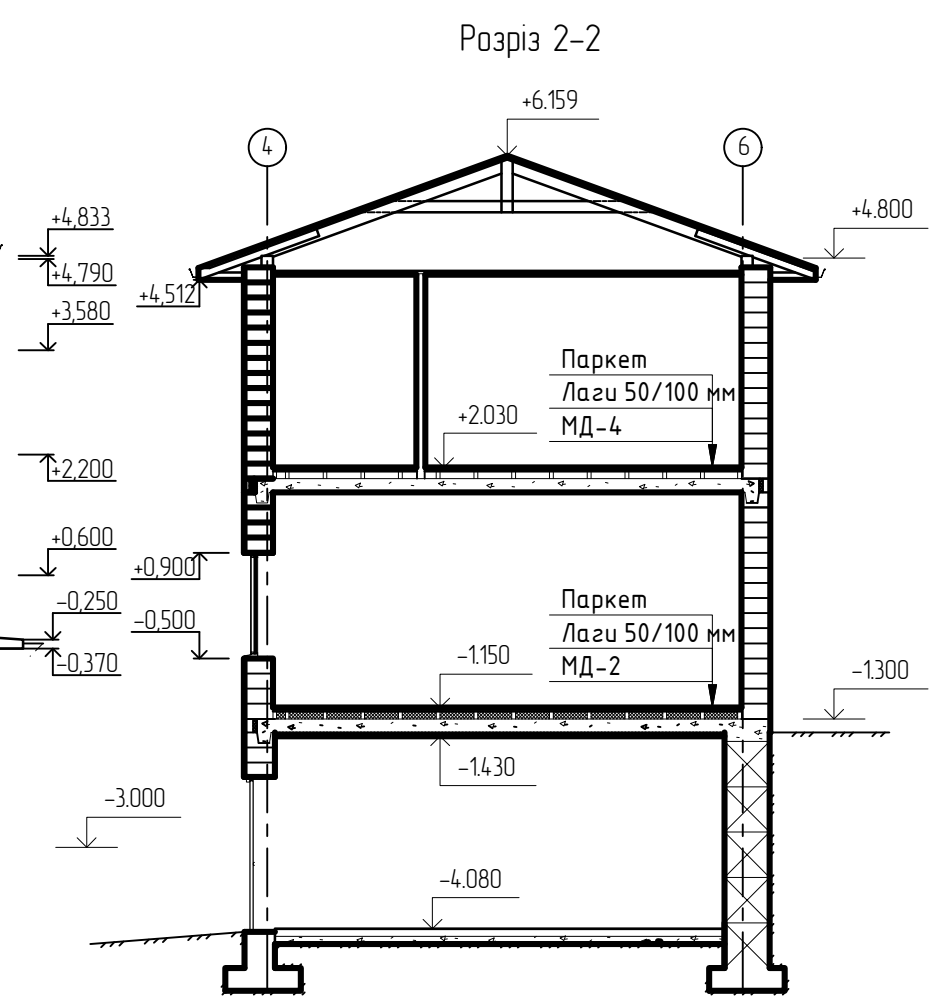
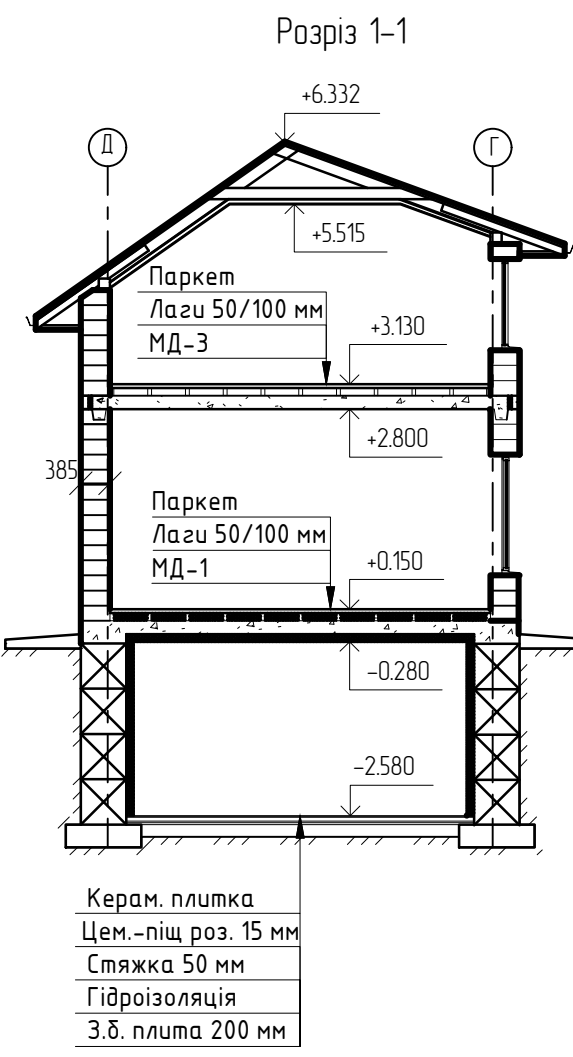
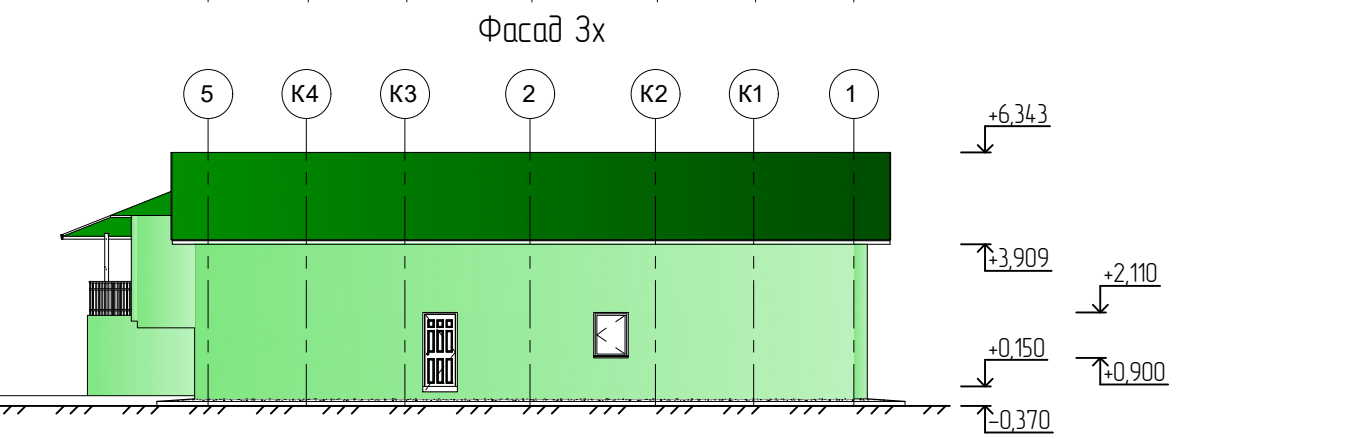
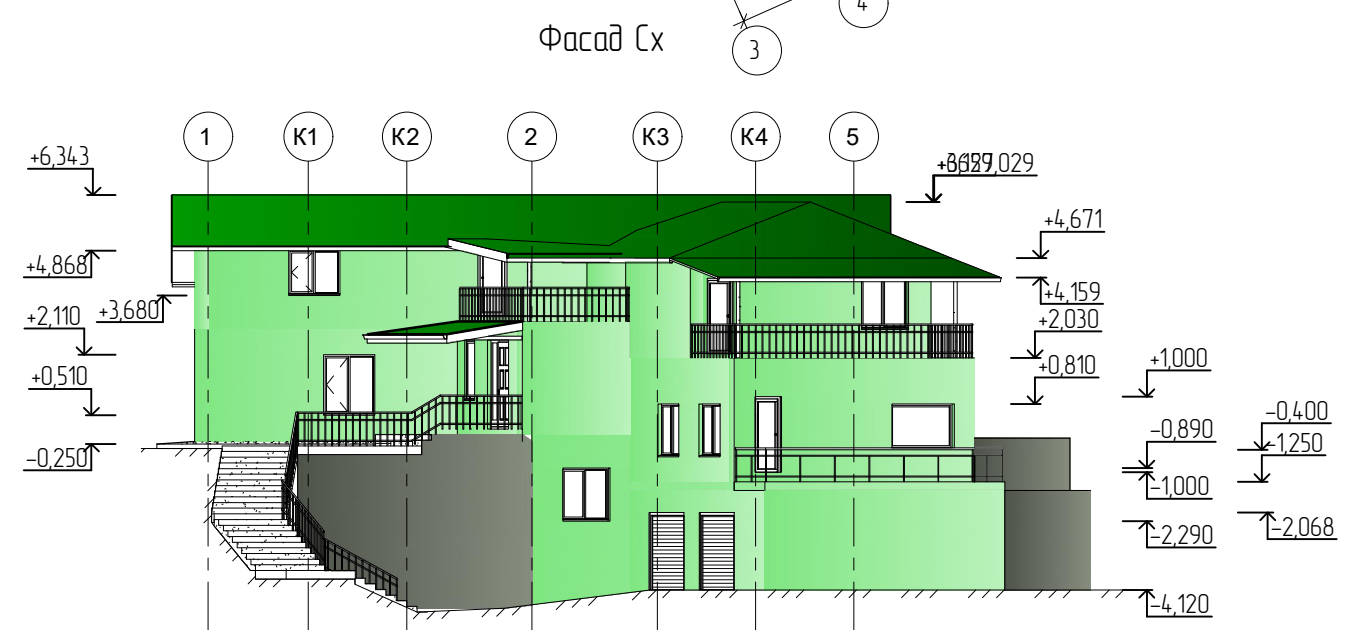
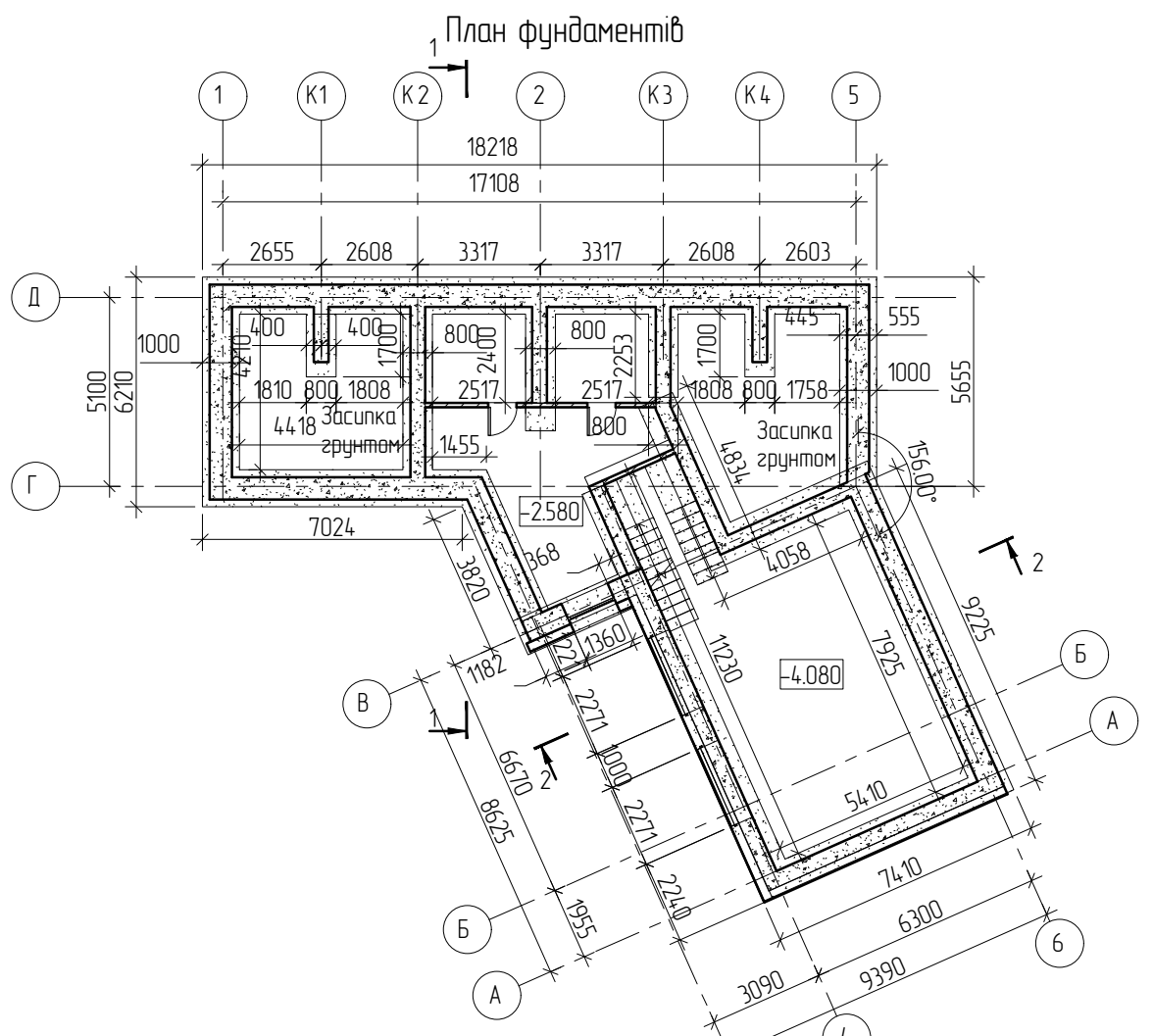
Фасад Пн



Фасад Пб



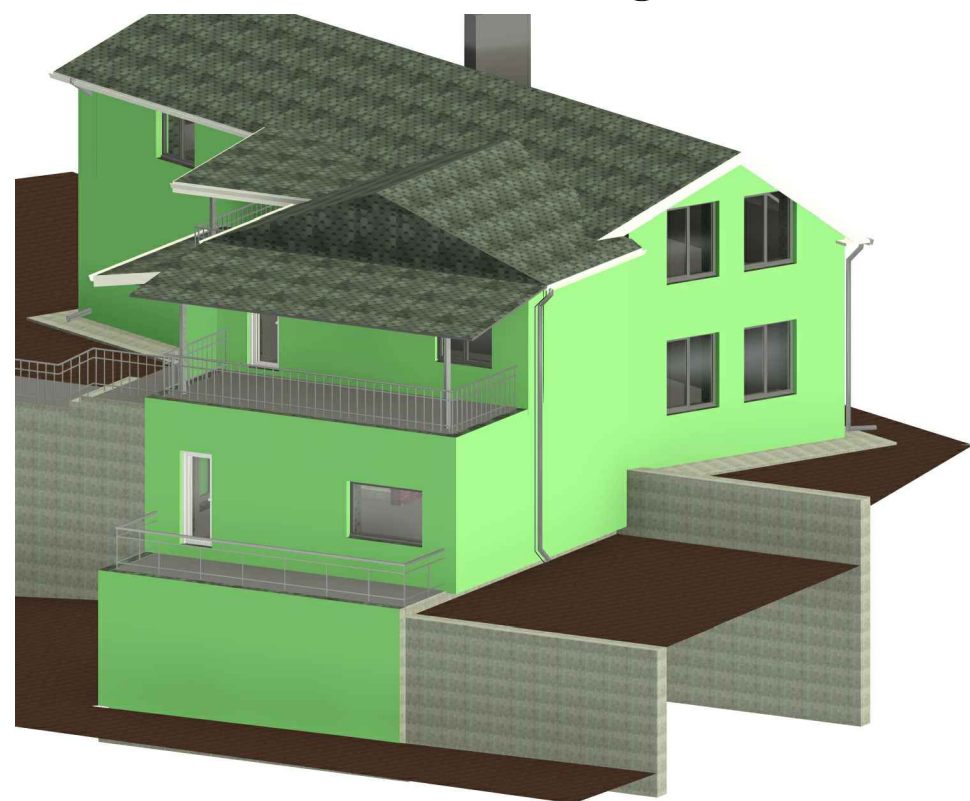
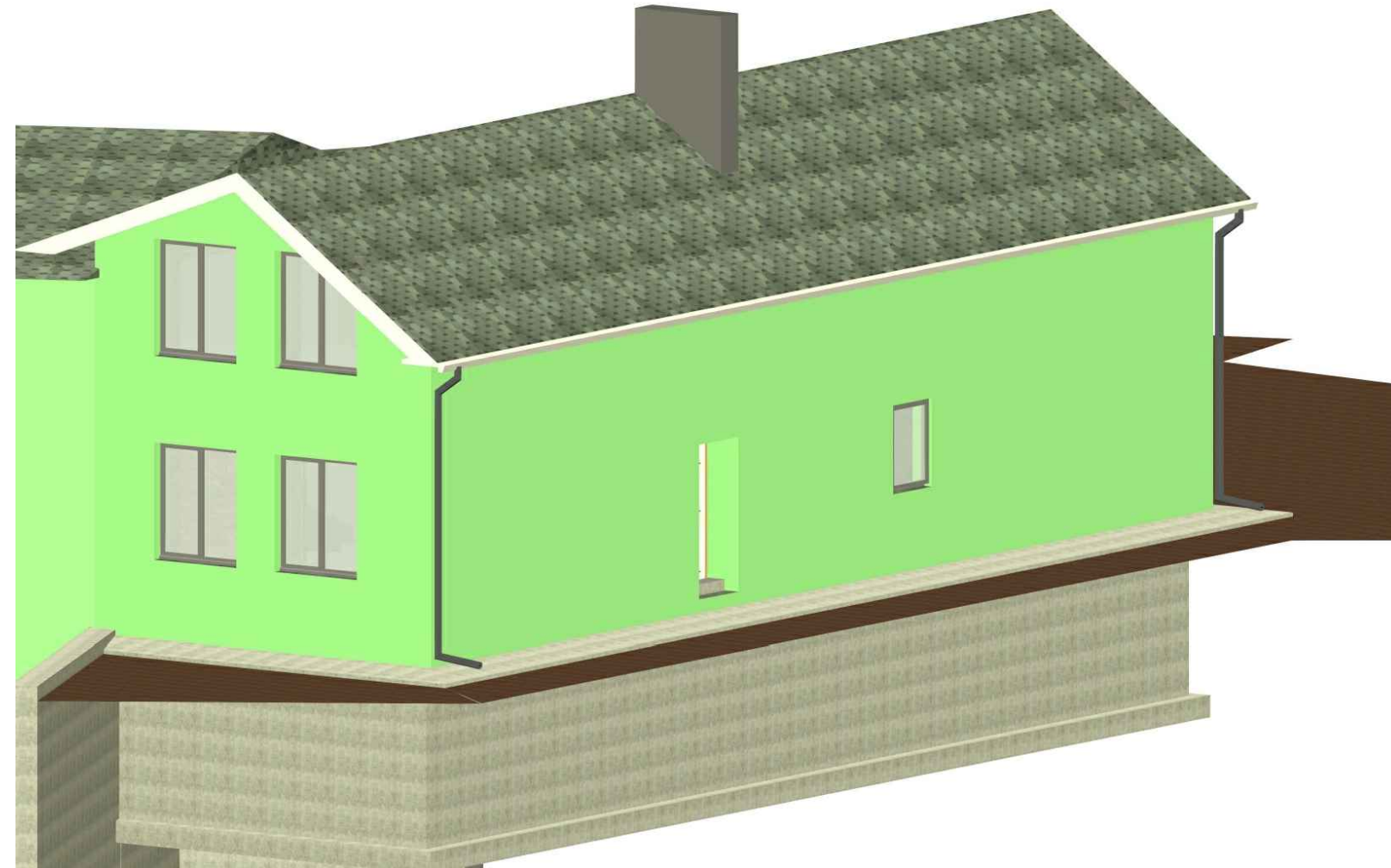
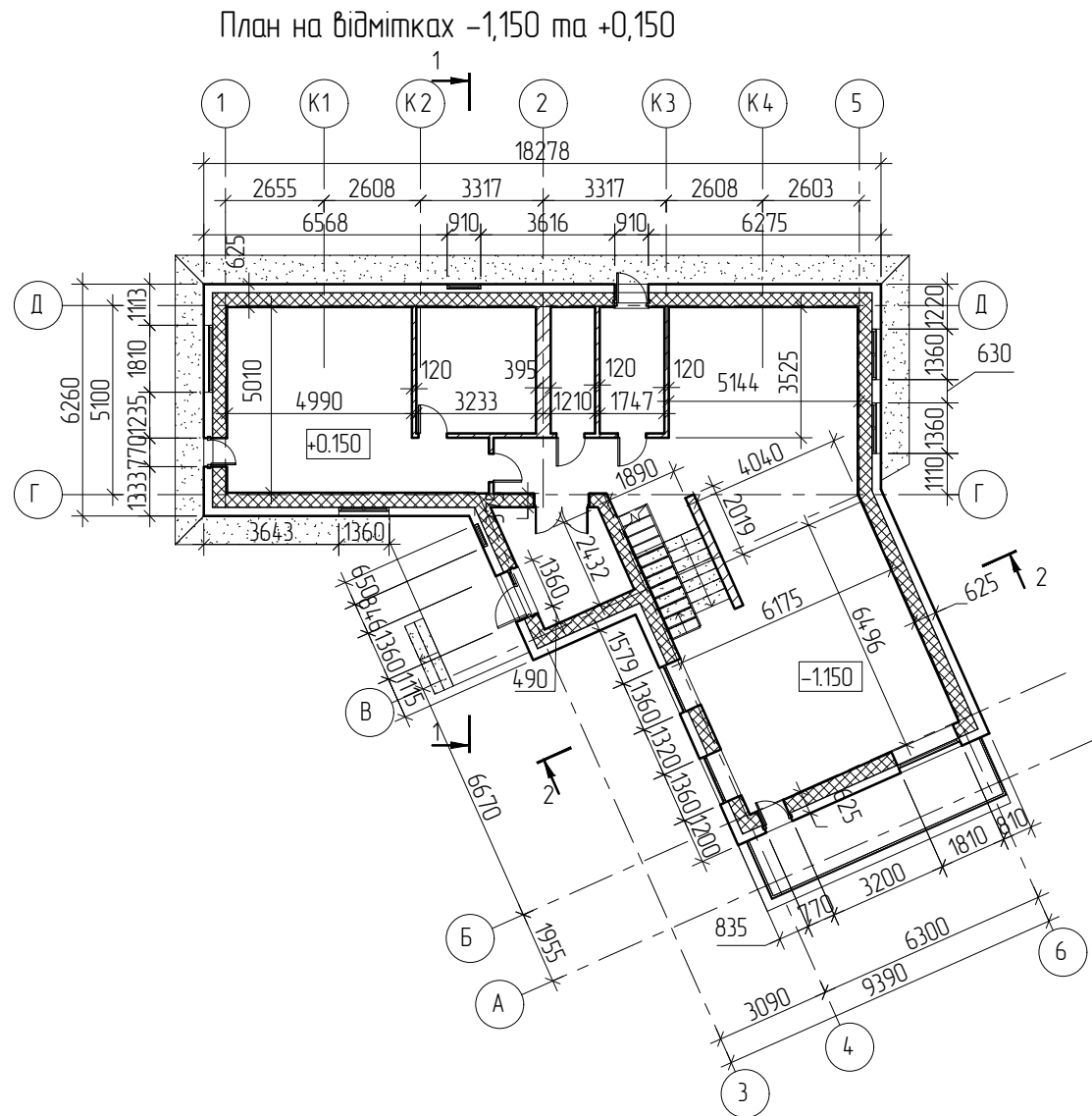
					2021	601-БП.20110.ДП					
					Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві						
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Архітектурно-планувальні рішення			Стадія	Аркш.	Аркш.
Виконала	Гаврилко А.Д.					решення			ДП	6	12
Перевірила	Філоненко О.І.					План на відмітках -1,150, +0,150, +2,030 та +3,130, схема ділянки, фасад пн, фасад пб			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БМЦІ		
Н. Контр.	Семко О.В.										
Н. Контр.	Семко О.В.										



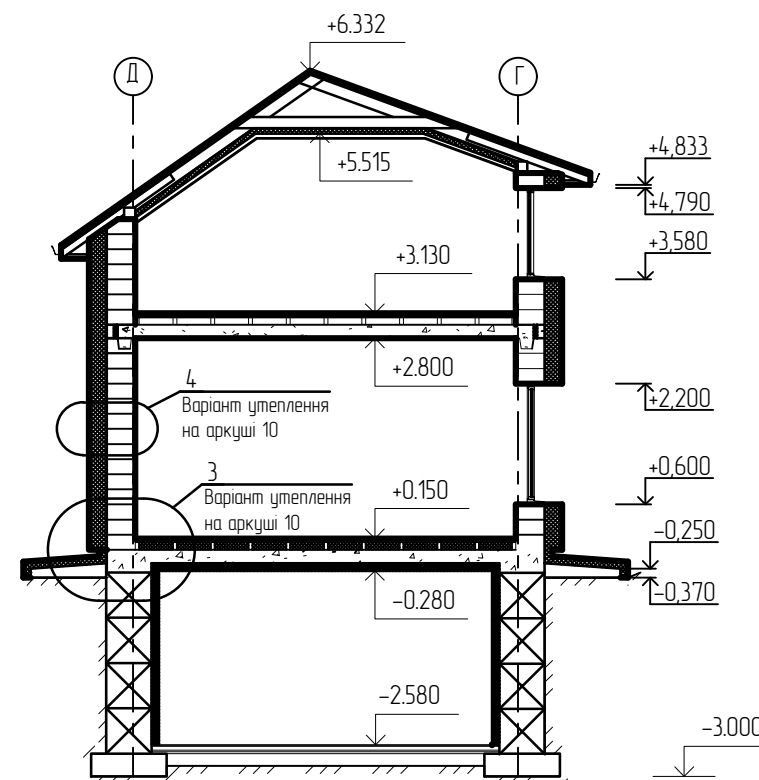
					2021	601-БП.20110.ДП		
Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві						Архітектурно-планувальні рішення		
Зм.	Жильк	Арх	Док	Підпис	Дата	Сторінка	Аркуші	Аркуші
Виконала	Гаврилко А.Д.					ДП	7	12
Перевіряв	Філоненко О.І.					План фундаментів, фасад сх, фасад зх, 3D-вид Розріз 1-1, розріз 2-2		
Н. Контр.	Семко О.В.	Национальний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			Кафедра БМАЦІ			
Н. Контр.	Семко О.В.							

Архітектурно-планувальні рішення модернізованої будівлі

3D-вид



Розріз 1-1



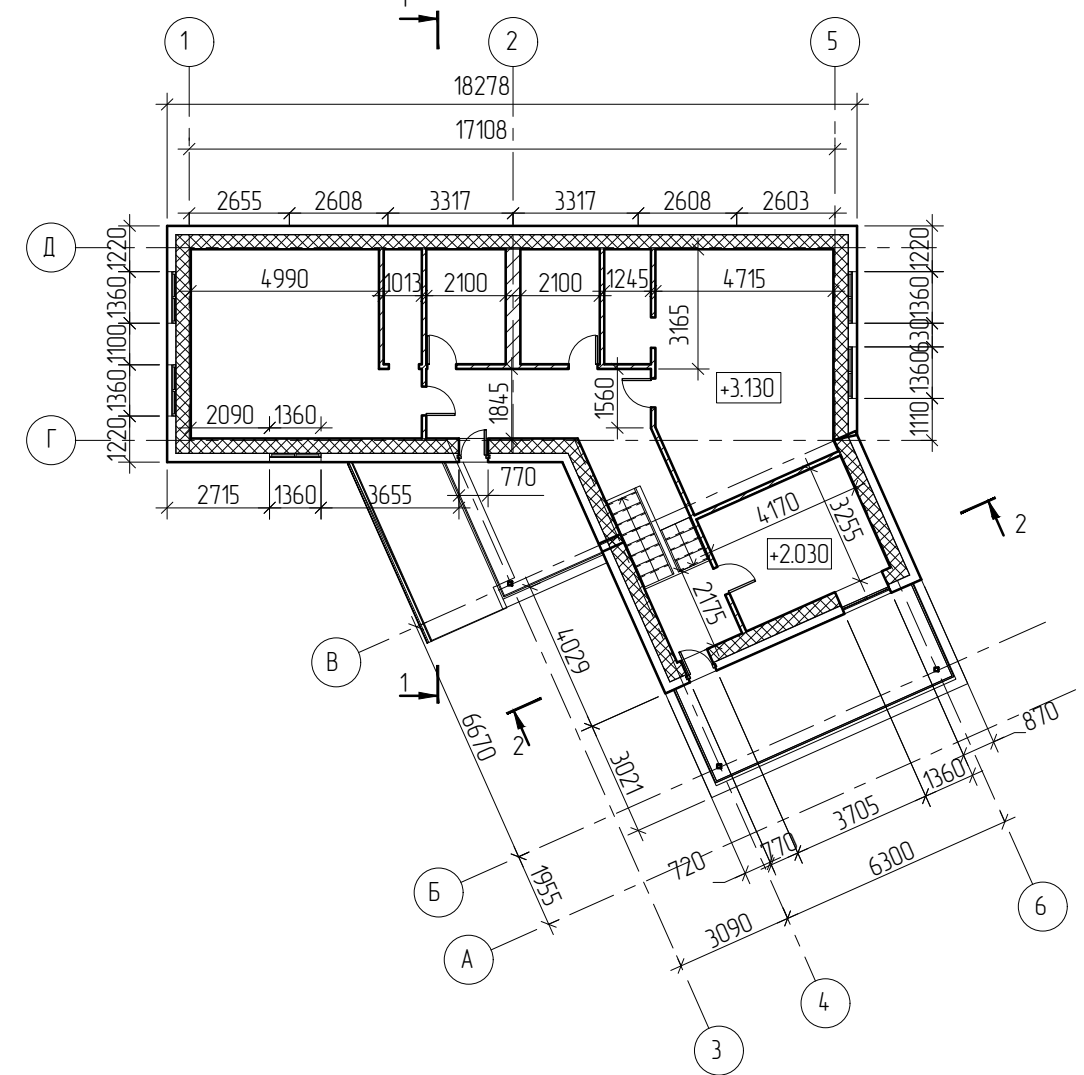
					2021	601-БП.20110.ДП		
Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві						Стадія	Аркуші	Аркуші
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Архітектурно-планувальні рішення модернізованої будівлі		
Виконала	Гаврилко А.Д.					ДП	8	12
Перевірила	Філоненко О.І.					План на відмітках -1,150 та +0,150		
Н. Контр. Семко О.В.						3D-вид, розріз 1-1		
Н. Контр. Семко О.В.						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БМАЦІ		

Архітектурно-планувальні рішення модернізованої будівлі

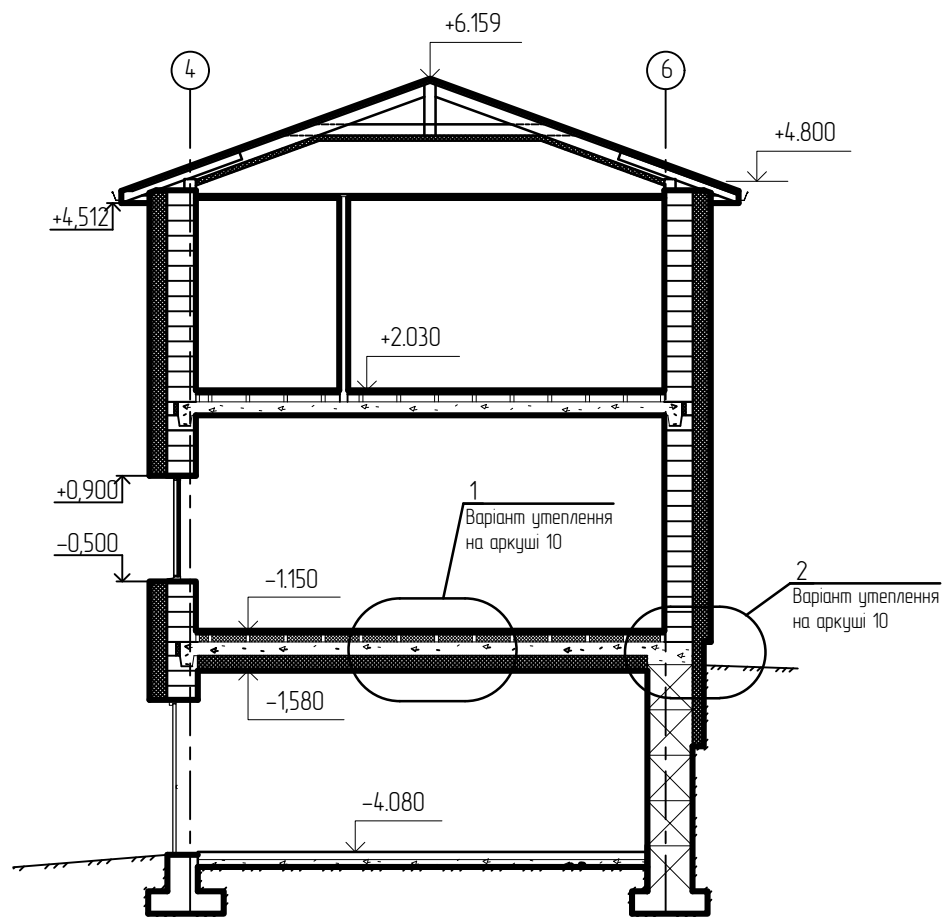
3D-буд



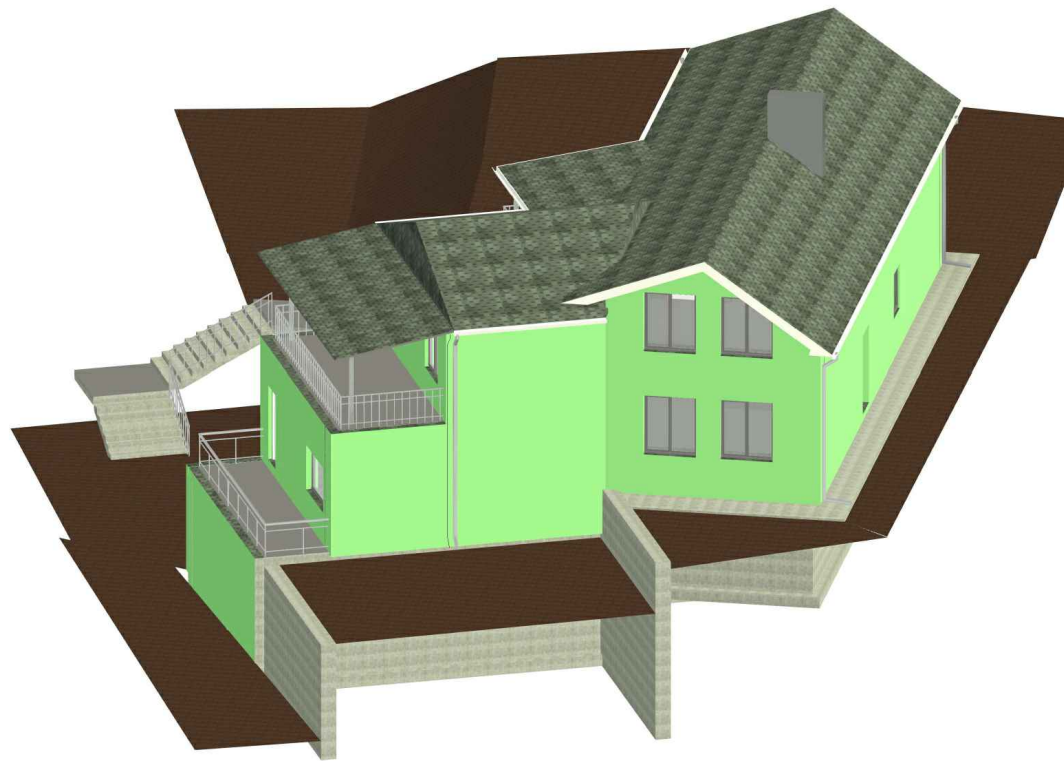
План на відмітках +2,030 та +3,130



Розріз 2-2



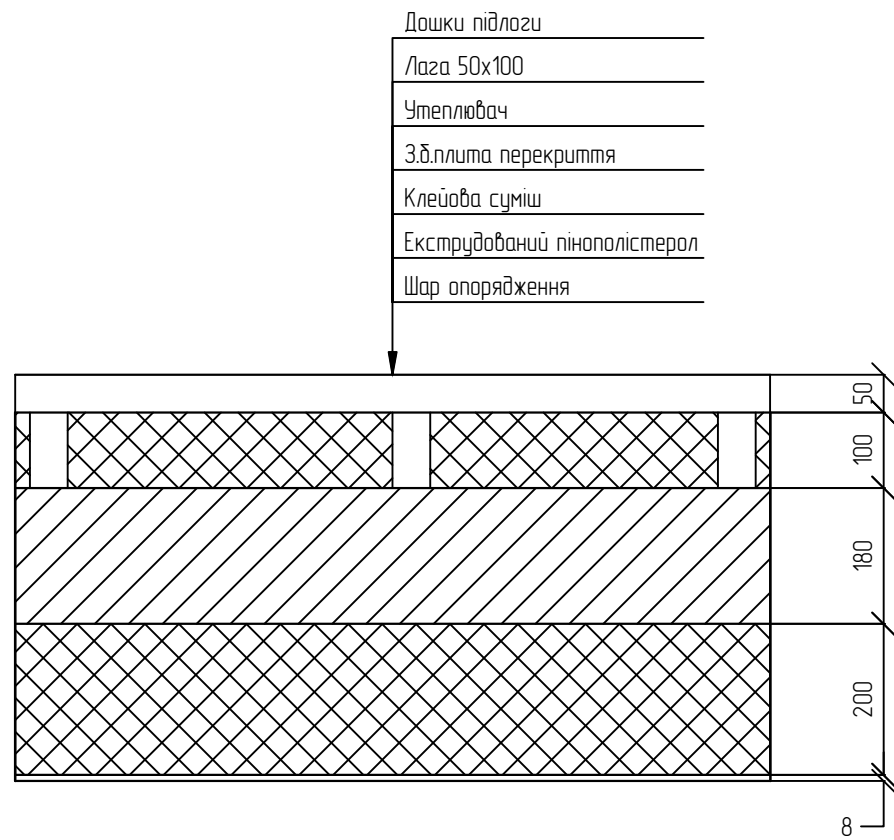
3D-буд



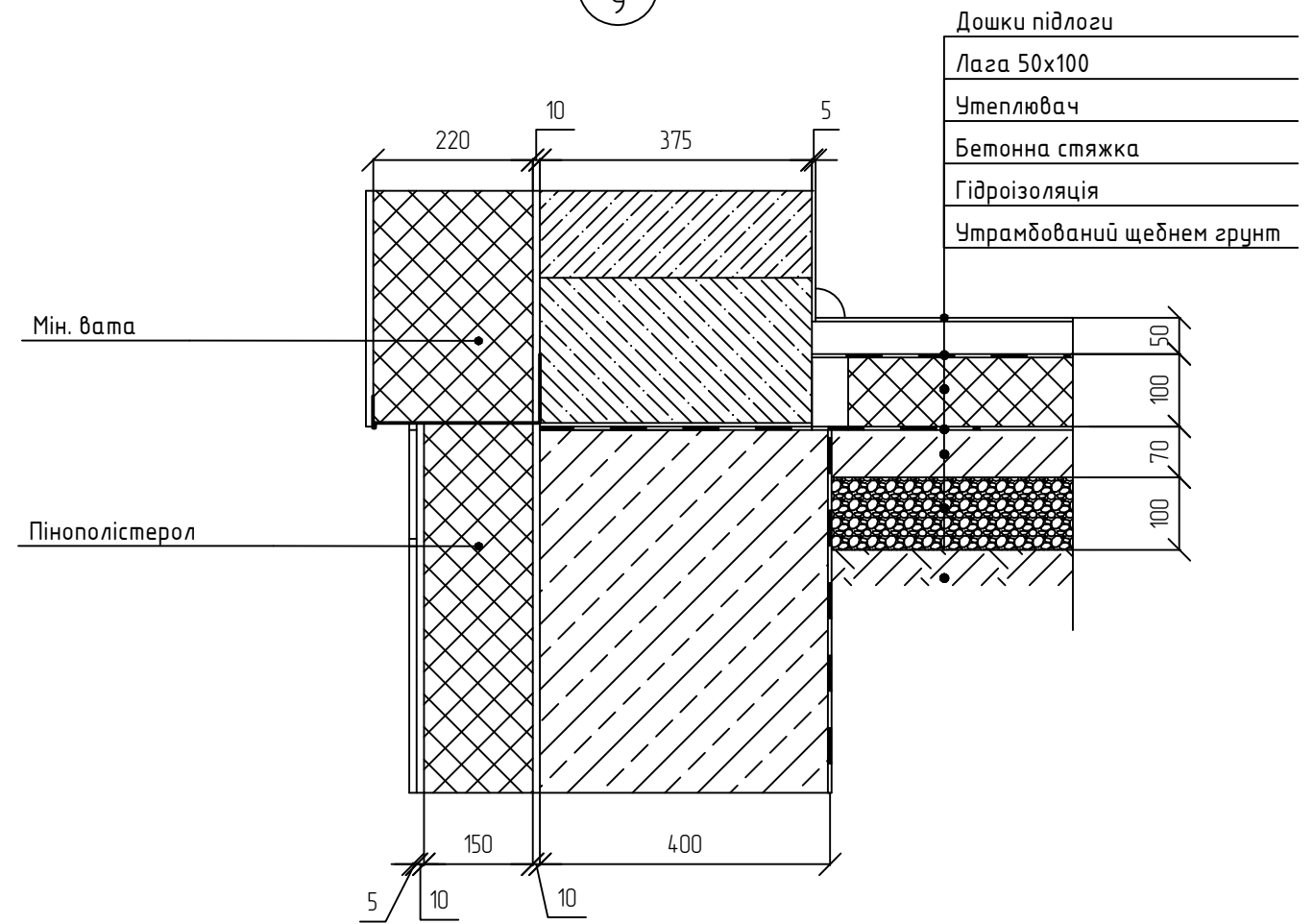
					2021	601-БП.20110.ДП		
Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві						ДП 9 12		
Архітектурно-планувальні рішення модернізованої будівлі						План фундаментів, розріз 2-2		
3D-буду						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БМАЦІ		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Виконала	Гаврилко А.Д.							
Перевіряв	Філоненко О.І.							
Н. Контр.	Семко О.В.							
Н. Контр.	Семко О.В.							

Вузли будівлі після модернізації

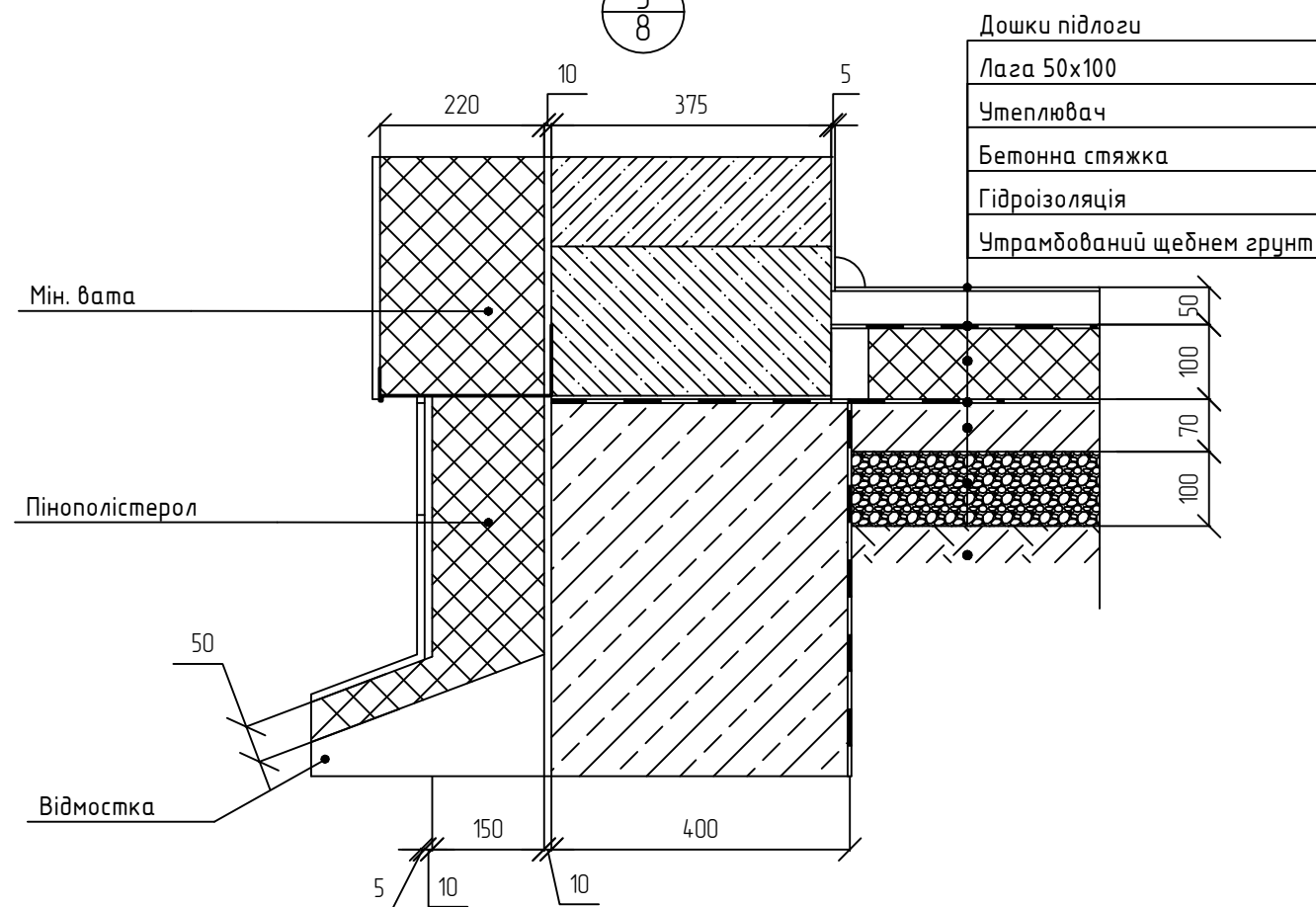
1/9



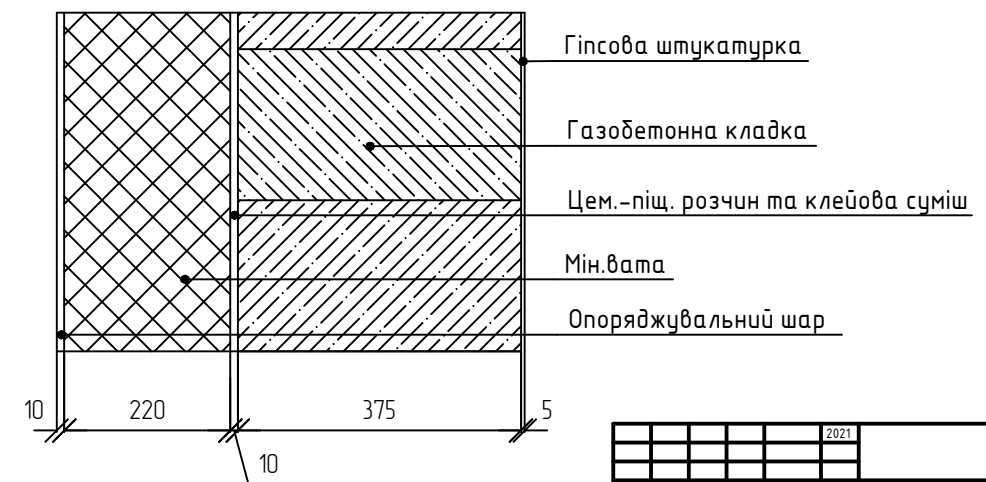
2/9



3/8



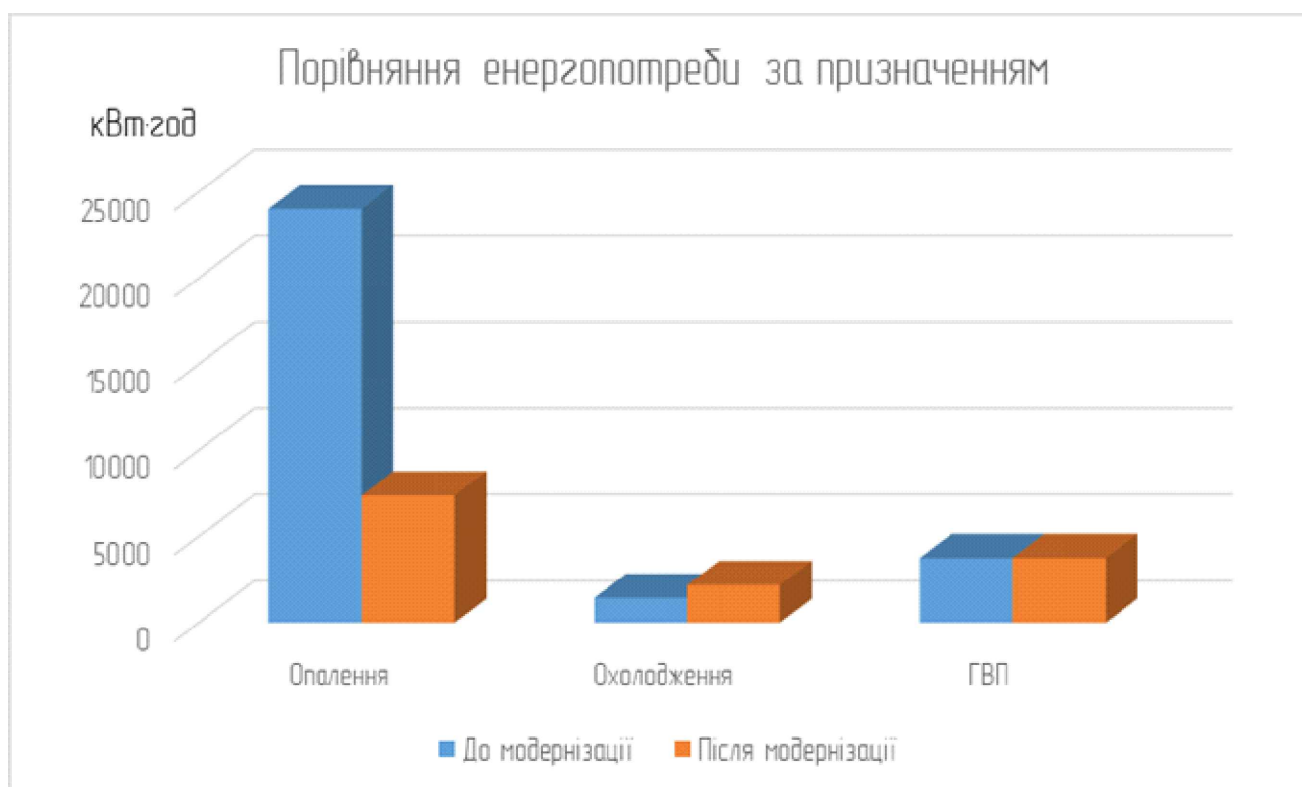
4/8



					2021	601-БП.20110.ДП		
					Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Вузли будівлі після модернізації		
Виконала	Гаврилюк А.Д.					Сталія	Архив	Аркуші
Перевірила	Філоненко О.І.					ДП	10	12
						Национальний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БМАЦІ		
Н. Контр.	Семко О.В.							
Н. Контр.	Семко О.В.							

Порівняння результатів розрахунків з нормативними показниками

Найменування параметру, одиниці вимірювання	Нормовано в Україні	Стандарт "Пасивний будинок"	Фактичний показник	Після модернізації
$R_{пр}, \text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$				
-зовнішні стіни	3,3	8,3	2,47	8,37
-переkritтя мансардного горища;	4,95	8,3	6,47	8,366
-переkritтя над неопалювальним гаражем;	3,75	8,3	4,14	8,49
-світлопрозорі конструкції	0,75	1,25	0,462	1,413
Питома річна енергопотреба, кВт·год/м ²	120	60	116,8	52,23
-на опалення;	-	30	95,6	29,6
-на охолодження	-	15	6,2	7,6
Клас енергоефективності будівлі	-	-	C	A



					2021	601-БП.20110.ДП			
					Впровадження технологій "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві				
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Висновки			
Виконала	Гаврилко А.Д.					Сталія	Аркуш	Аркушів	
Перевірила	Філоненко О.І.					ДП	11	12	
					Порівняння результатів			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" Кафедра БІаЦІ	
Н. Контр.	Семко О.В.								
Н. Контр.	Семко О.В.								

Висновки за магістерською роботою



При модернізації будинку в Полтаві за стандартом «Пасивний будинок» доцільно провести такі заходи:

- a. улаштування засобів затінення сонячної сторони задля зниження ризику перегріву в літній період,
- b. улаштування теплоізоляційного шару зовнішніх стін, цоколю, даху та зміна товщини утеплювача над неопалювальним гаражем;
- c. заміна вікон на більш енергоефективні із заповненням інертним газом та низькоемісійним покриттям;
- d. встановлення енергоефективних дверей з улаштуванням теплих стиків;
- e. встановлення підвищеного контролю якості улаштування стиків конструкції при заміні окремих елементів огорожувальних конструкцій;
- f. використання існуючих витяжних каналів для покращення системи вентиляції в будівлі шляхом встановлення рекуператора;
- g. улаштування шляхів подачі свіжого повітря для житлових приміщень.

					2021		601-БП.20110.ДП
							Впровадження технології "Пасивного будинку" в індивідуальному житловому будівництві
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата		
Виконала	Гаврилко А.Д.					Висновки	Стадія
Перевіряв	Філоненко О.І.						Аркуші
							ДП 12 12
Н. Контр.	Семко О.В.					3D-вид	Национальний университет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Н. Контр.	Семко О.В.					Висновки за магістерською роботою	Кафедра БІМАЦІ