

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Д.Г. Дерев'янюк , М.М. Шовкалюк, О.І. Яценко

ПРОГРАМНЕ ТА АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОАУДИТУ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Практикум

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра
за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
2023

УДК 620.91:697.1

В 19

Укладачі: *Дерев'янка Денис Григорович*, канд. техн. наук, доц.
Шовкалюк Марина Михайлівна, канд. техн. наук, доц.
Яценко Олена Ігорівна, д-р філософії

Рецензент *Зайченко С.В.*, доктор технічних наук, професор,
 професор кафедри АЕМК НН ІЕЕ

Відповідальний редактор *Бєлоха Г.С.*, кандидат технічних наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
 (протокол № 3 від 07.12.2023 р.)
 за поданням вченої ради навчально-наукового інституту ІЕЕ
 (протокол № 4 від 31.10.2023 р.)*

Дерев'янка Д.Г.

В 19 Програмне та аналітичне забезпечення енергоаудиту та сертифікації енергетичної ефективності будівель. Практикум [Електронний ресурс] : практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Д.Г.Дерев'янка, М.М.Шовкалюк, О.І.Яценко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 110 с.

У представленому посібнику викладено основні положення щодо виконання практичних робіт навчальної дисципліни «Програмне та аналітичне забезпечення енергоаудиту та сертифікації енергетичної ефективності будівель». Навчальне видання до виконання практичних робіт містить вказівки до виконання розрахунків та включає індивідуальні завдання, приклад вирішення та необхідні додатки. Під час вирішення задач враховано діючі нормативні вимоги з енергетичної ефективності будівель. Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

УДК 620.91:697.1

Реєстр. № НП 23/24-219. Обсяг 6,4 авт. арк.

Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
 проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
 і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© Д.Г.Дерев'янка, М.М.Шовкалюк, О.І.Яценко, 2023
 © КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА: ВИЗНАЧЕННЯ.....	7
1.1 Геометричні характеристики огорожень	7
1.2 Енергія	10
1.3 Теплопередача будівлі.....	11
1.4 Теплові надходження до будівлі.....	13
1.5 Інші основні визначення.....	14
2 ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ЕНЕРГОСЕРТИФІКАЦІЇ	15
2.1 Визначення опалювальної площі та об'єму.....	15
2.2 Визначення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій	17
3 ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОНСТРУКЦІЙ ТА УРАХУВАННЯ ТЕРМІЧНО НЕОДНОРІДНИХ ЗОН З ЛІНІЧНИМИ ТА ТОЧКОВИМИ ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ	19
3.1 Порядок урахування теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції	19
3.2 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою.....	21
3.3 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з полістиролу конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою	24
3.4 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит конструкції фасадної теплоізоляції з вентильованим фасадом	27

3.5 Розрахунок товщини теплоізоляційних шарів для оновлення покрівельного шару суміщеного покриття (капітальний ремонт з утепленням)	30
3.6 Розрахунок необхідної товщини теплоізоляційного шару з плит спіненого полістиролу конструкції перекриття неопалювального горища без теплопровідних включень	32
3.7 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційних шарів для улаштування утеплення перекриття неопалювального горища по лагам	33
3.8 Розрахунок опору теплопередачі та необхідної товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит для конструкцій перекриття неопалювального підвалу	35
3.9 Розрахунок опору теплопередачі та необхідної товщини теплоізоляційного шару для конструкцій покриття опалювального горища (мансарди)	37
3.10 Визначення допустимого значення опору теплопередачі та необхідності утеплення перекриття опалювального підвалу	39
4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛОПАКЕТІВ	42
5. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ ДЛЯ ПІДЛОГИ НА ГРУНТІ, ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПІДВАЛУ ТА ТЕХПІДПІЛЛЯ	48
5.1 Підлога першого поверху межує з ґрунтом	49
5.2 Підлога опалювального підвалу (цокольний поверх)	52
5.3 Підлога над техпідпіллям	55
6 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ В БУДІВЛЮ: ВНУТРІШНІ ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ ТА ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ ВІД СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ	60
6.1 Визначення внутрішніх (побутових) теплонадходжень	60

6.2	Визначення сонячних теплонадходжень	64
6.2.1	Послідовність визначення сонячних теплонадходжень	64
6.2.2	Характеристики сонячних теплонадходжень будівлі.....	67
7	РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ОПАЛЕННЯ У ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ: ПІДСИСЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ, РОЗПОДІЛЕННЯ І ТЕПЛОВІДДАЧІ.....	73
7.1	Визначення тепловтрат у підсистемі тепловіддачі	75
7.2	Визначення тепловтрат у підсистемі розподілення	77
7.3	Визначення тепловтрат у підсистемі генерування та енергоспоживання на потреби опалення	80
8	ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА СКЛОПАКЕТІВ ЗА ТЕПЛОТЕХНІЧНИМИ ТА АКУСТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ	82
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	84
	ДОДАТОК 1.....	86
	ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ	86
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Впровадження у законодавчу та нормативну базу вимог до підвищення енергоефективності, зокрема із прийняттям Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» направлено на зменшення енергетичної залежності держави. В Україні створюються умови для запровадження комплексної термомодернізації будівель.

У процесі роботи енергоаудитори мають вирішуватися різноманітні технічні, економічні, організаційні, юридичні та інші завдання в рамках реалізації проектів комплексної термомодернізації з урахуванням дотримання вимог щодо мікроклімату. Успішне розв'язання таких завдань вимагає підготовки достатньої кількості кваліфікованих фахівців, які для провадження професійної діяльності потребують систематизованих фундаментальних знань у сфері енергозбереження, енергоефективних технологій та енергоменеджменту.

Метою навчальної дисципліни є формування знань щодо розрахунків геометричних, теплотехнічних та енергетичних показників енергоефективності будівель під час проведення енергетичної сертифікації будівель.

Методичні вказівки створені для спрощення організації навчального процесу з дисципліни «Програмне та аналітичне забезпечення енергоаудиту та сертифікації енергетичної ефективності будівель» для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У методичних вказівках наведено порядок розрахунку, індивідуальні завдання і довідкові дані з діючих будівельних норм і стандартів у додатках. Внаслідок виконання завдань студенти отримають практичні навички до розрахунків, що виконуються під час виконання енергетичних обстежень будівель енергоаудиторами.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА: ВИЗНАЧЕННЯ

1.1 Геометричні характеристики огорожень

Кондиціонована площа, яку опалюють або охолоджують A_f , m^2 – сумарна площа поверхів (враховуючи мансардний, опалювальний цокольний та підвальний поверхи) будівлі, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають горизонтальні проекції внутрішніх стін і перегородок [1].

В опалювальну площу будівлі включаються опалювальні сходові клітини, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. В кондиціоновану (опалювальну) площу не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалювальних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалювальних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. Під час визначення площі мансардного приміщення будівлі враховується площа цього приміщення до умовної границі, де висота від підлоги до внутрішньої поверхні похилої стелі становить не менше як 1,5 м за нахилу 30° до горизонту; 1,1 м за 45° ; 0,5 м – при нахилі 60° і понад. Решту площі приміщення з відповідною меншою висотою враховують з коефіцієнтом 0,7 [1].

Деякі послуги, такі як освітлення або вентиляція, можуть надаватися для площа, які не включені до даного визначення (наприклад, паркінг) [1].

Кондиціонований об'єм будівлі V_f , m^3 – для будівель з типовим планувальним рішенням усіх поверхів визначають як *добуток кондиціонованої площі першого опалювального поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху*. У разі складних форм об'ємно-планувального рішення будівлі кондиціонований об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок кондиціонований об'єм обмежують перекриттям над автостоянкою [1].

Площа зовнішніх стін (непрозорі частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей [7, 11].

Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дверних прорізів) визначається як *добуток периметра зовнішніх стін за*

внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів глибиною від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока.

Сумарна **площа вікон** визначається за розмірами прорізів.

Площа горизонтальних огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін) [7,11].

Огорожувальні конструкції – будівельні конструкції, що забезпечують збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень, захист від кліматичних впливів, поділення будівлі на частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації [4].

Світлопрозорі огорожувальні конструкції – ділянки теплоізоляційної оболонки (вікна, балконні/вхідні двері, вітражі, скляні фасадні системи, вітрини, ліхтарі), що пропускають видиме світло [4].

Непрозорі огорожувальні конструкції – конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, що не пропускають видиме світло [4].

Зовнішні стінові огорожувальні конструкції – сукупність непрозорих огорожувальних конструкцій всього будинку, що створюють фасад та характеризуються спільними ознаками призначення, виконують однакові функції та для яких нормується приведений опір теплопередачі. При цьому зовнішні стінові огорожувальні конструкції можуть складатись з ділянок, що мають різний конструктивний склад [4].

Зовнішні двері – елемент теплоізоляційної оболонки будівлі, конструкція, яка розмежовує внутрішнє та зовнішнє середовище, головним призначенням якої є переміщення людей. До зовнішніх дверей в значенні цих норм прирівнюються тамбурні двері, які розташовані: - на вході у вбудовані або неопалювані тамбури, які входять до кондиціонованого об'єму будівлі; - в зовнішній стіні, що розмежовує прибудований

неопалюваний тамбур і кондиціонований об'єм будівлі; - на вході в прибудований опалюваний тамбур, який входить до кондиціонованого об'єму будівлі [4].

Тепле горище – простір між утепленими конструкціями покриття, зовнішніми стіновими огорожувальними конструкціями та перекриттям верхнього поверху, обігрів якого здійснюється теплим повітрям, що надходить із витяжної вентиляції будинку.

Холодне горище – простір між конструкціями покриття, що не утеплені та утепленим перекриттям верхнього поверху, внутрішнє повітря якого вентилується зовнішнім повітрям.

Опалюване горище, опалюваний технічний поверх – простір (горище) між конструкціями утепленого покриття та неутепленим перекриттям верхнього поверху, в якому передбачені пристрої для підтримання заданої температури. До опалюваних горищ в розумінні цих норм слід прирівнювати “теплі” горища, обігрів яких здійснюється теплим повітрям, що надходить із витяжної вентиляції будівлі [4].

Техпідпілля (технічний підвал) – простір між перекриттям першого поверху, призначений для прокладання інженерних мереж. Перекриття над техпідпіллям для норм енергоефективності за [4] слід прирівнювати до перекриття над неопалювальним підвалом, якщо виконуються умови:

- висота техпідпілля становить 1,8 м та більше;
- вентилується зовнішнім повітрям;
- має спільні зовнішні стінові огорожувальні конструкції з опалювальним об'ємом та розміщене на площі більше ніж 50% площі підлоги першого поверху [4].

Неопалювальний підвал – підвал, в якому відсутні джерела тепловиділення та простір якого вентилується зовнішнім повітрям.

Опалювальний підвал (цокольний поверх) – підвал, в якому передбачені опалювальні пристрої для підтримання заданої температури [4].

1.2 Енергія

Енергопотреба для опалення чи охолодження – теплота, яку необхідно подати до / видалити з кондиціонованого об'єму для підтримання встановлених температурних умов упродовж визначеного періоду часу.

Енергопотребу розраховують і її неможливо виміряти. Енергопотреба може включати додаткову теплопередачу, обумовлену неоднорідністю розподілення температури та неідеальним її регулюванням, якщо це враховано підвищенням (зниженням) ефективної температури для опалення (охолодження) та виключенням з теплопередачі системи опалення (охолодження) [2].

Додаткова енергія – електрична енергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та/ або ГВП для сприяння перетворенню енергії на задоволення енергопотреби. Ця енергія включає енергію для вентиляторів, насосів, електроніки тощо. Електрична енергія, що надходить до системи вентиляції для транспортування повітря та утилізації теплоти, не розглядається як додаткова енергія, але розглядається як енергоспоживання при вентиляції [2].

Регулярні тепловтрати – тепловтрати інженерних систем будівлі: опалення, охолодження, ГВП, зволоження, осушення чи вентиляція, що не здійснюють внеску до корисної віддачі системи.

Регулярні тепловтрати можуть стати внутрішніми теплонадходженнями у будівлі, якщо вони є такими, що утилізують.

Теплову енергію, утилізовану безпосередньо в функціональній складовій системи, розглядають не як регулярні тепловтрати, а як утилізовану теплоту.

Розсіяна теплота від систем освітлення або інших послуг (наприклад, засоби комп'ютерної техніки) не є частиною регулярних тепловтрат, а є частиною внутрішніх теплових надходжень [2].

Регулярні тепловтрати, які утилізують – частина регулярних тепловтрат, що можуть бути утилізовані для зниження або енергопотреби для опалення чи охолодження, або енергоспоживання системи опалення чи охолодження [2].

Поставлена енергія для опалення чи охолодження – кількість енергії в одиницях енергоносія, що доставлена до інженерних систем будівлі через межу розподілу систем для забезпечення прийнятого способу її використання (опалення, охолодження, вентиляція, ГВП, освітлення, прилади тощо, або для виробництва електроенергії [2]).

Енергоспоживання при вентиляції – електрична енергія, що надходить до системи вентиляції для перекачки повітря та утилізації теплоти (за винятком енергії, що надається для попереднього нагріву чи охолодження повітря), та енергія, що надходить до пристрою зволоження для задоволення потреби у зволоженні [2].

Енергопотреба для зволоження та осушення – прихована теплота водяної пари. Що буде надана чи вилучена з кондиціонованого об'єму інженерною системою будівлі для підтримання згаданої мінімальної чи максимальної вологості в межах даного об'єму [2].

Утилізація теплоти вентиляції – теплота, утилізована з витяжного повітря для зниження теплопередачі вентиляцією [2].

1.3 Теплопередача будівлі

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі – тепловий потік, віднесений до різниці температури між двома середовищами; спеціально використаний для вираження коефіцієнта теплопередачі трансмісією та вентиляцією.

На відміну від теплових надходжень, потенціалом для теплопередачі є різниця між температурою об'єму, що розглядається, та температурою навколишнього середовища з іншої сторони (у випадку вентиляції).

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією – тепловий потік внаслідок теплопереносу через оболонку будинку, віднесений до різниці температури між середовищами по різні сторони конструкції.

Загальноприйнято, що знак є додатнім, якщо тепловий потік виходить із об'єму, що розглядається (теплові втрати).

Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією – тепловий потік внаслідок надходження повітря до замкнутого об'єму за рахунок інфільтрації чи

вентиляції, віднесений до різниці температури внутрішнього та припливного повітря.

Знак коефіцієнта завжди додатний. Загальноприйнято, що знак теплового потоку є додатним, якщо температура припливного повітря нижча ніж температура внутрішнього повітря (теплові втрати) [2].

Теплопровідне включення – елемент огорожувальної конструкції, розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір, менший від термічного опору основного поля більше ніж на 20 %. Теплопровідні включення можуть бути лінійні і точкові.

Термічна неоднорідність – наявність зон загальною площею більше ніж 2% від внутрішньої поверхні конструкції з температурами, відмінними від середньозваженої температури основного поля більше ніж на 2 °С.

Приведений коефіцієнт теплопередачі – фізична величина, що характеризує усереднену за площею густину теплового потоку через фрагмент огорожувальної конструкції будівлі за стаціонарних умов теплопередачі, яка чисельно дорівнює відношенню перепаду температури по різні боки огорожувальної конструкції до осередненої за площею фрагмента густини теплового потоку через даний фрагмент конструкції за стаціонарних умов теплопередачі [5].

Лінійний коефіцієнт теплопередачі – поправковий показник для визначення впливу лінійного теплопровідного включення термічно неоднорідної огорожувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти, у ватах, що передається через теплопровідне включення завдовжки 1 м за різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та її визначають на підставі двомірних розрахунків [5].

Точковий коефіцієнт теплопередачі – поправковий показник для визначення впливу точкового теплопровідного включення термічно неоднорідної огорожувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти, у ватах, що передається через теплопровідне включення за різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та її визначають на підставі тримірних розрахунків [5].

1.4 Теплові надходження до будівлі

Теплові надходження – теплота, що утворюється всередині або надходить ззовні до кондиціонованого об'єму від джерел теплоти, інших ніж ті, що спеціально використовують енергію для опалення, охолодження чи підготовки гарячої води. Цей термін охоплює внутрішні теплонадходження та теплові надходження від сонця. Для літніх умов теплові надходження зі знаком плюс складають додаткове теплове навантаження для об'єму [2].

Внутрішні теплові надходження – теплота, що надійшла всередину будівлі від мешканців (явна метаболічна теплота) та устаткування, такого, як побутові прилади, офісне обладнання тощо, окрім енергії, що спеціально використовується для опалення, охолодження чи підготовки гарячої води.

Теплота, що видаляється з будівлі з внутрішнього середовища до джерел холоду (стоків), включена як надходження з від'ємним знаком [2].

Сонячні теплові надходження – теплота, отримана від проникнення сонячної радіації, прямо чи опосередковано (після поглинання елементами будівлі) в будівлю через вікна, непрозорі стіни та покриття, або пасивні сонячні засоби, такі як приміщення оранжерейного типу, світлопрозора ізоляція та сонячні стіни. Активні сонячні пристрої, такі як сонячні колектори, розглядаються як частина інженерної системи будівлі [2].

Корисні теплові надходження – частка внутрішніх теплових надходжень, що йдуть на зниження енергопотреби для опалення [2].

Коефіцієнт використання надходжень – коефіцієнт зниження сумарних місячних або сезонних теплових надходжень у місячному або сезонному розрахунковому методі для визначення результуючого скорочення енергопотреби для опалення будівлі [2].

Коефіцієнт використання втрат – коефіцієнт зниження сумарної місячної або сезонної теплопередачі в місячному або сезонному розрахунковому методі для визначення результуючого скорочення енергопотреби для охолодження [2].

1.5 Інші основні визначення

Розрахункові умови експлуатації – розрахункові температура і вологість внутрішнього повітря, які визначають перенесення тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях [4].

Внутрішня температура – середньоарифметичне значення температури повітря та середньої радіаційної температури в центрі зони або об'єму (це є наближеною дійсною температурою згідно з ISO 7726) [2].

Допустима температура – мінімальна внутрішня температура, яку підтримують протягом періоду зниженого (чергового) режиму опалення, або максимальна внутрішня температура, яку підтримують протягом періодів зниженого (чергового) режиму охолодження [2].

Переривчасте опалення або охолодження – режим опалення або охолодження, при якому нормальний опалювальний чи охолоджувальний період чергується з черговими періодами або періодами без опалення чи охолодження [2].

Інженерна система будівлі – інженерне обладнання для опалення, охолодження, вентиляції, ГПВ, освітлення та виробництва електроенергії. Інженерна система будівлі складається з різних функціональних складових. Виробництво електроенергії може включати когенерацію та фотогальванічні пристрої [2].

Теплоізоляційна оболонка будівлі – система, яка складається з огорожувальних конструкцій опалюваного (кондиціонованого) об'єму будівлі, що забезпечує збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень [4].

Показник компактності будівлі – розрахунковий показник, що визначається відношенням загальної площі внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій теплоізоляційної оболонки будівлі до кондиціонованого об'єму будівлі, який опалюється (охолоджується) [4].

2 ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ЕНЕРГОСЕРТИФІКАЦІЇ

2.1 Визначення опалювальної площі та об'єму

Завдання

Будинок 4 поверхи, розміщений в Києві. План типового поверху будівлі наведено на рис. 2.1. Будівля має три опалювальні сходові клітини. Будівля має неопалювальне горище.

Вихідні дані:

- товщина перекриття між поверхами $\delta_{\text{пер}}=0,2$ м;
- товщина зовнішніх стін $\delta_{\text{ст}}=0,6$ м;
- середня висота поверху $h_{\text{пов}}=2,7$ м;

Розміри світлопрозорих конструкцій:

- типове вікно: 1,1 x 1,2 м;
- вікно в місцях загального користування (МЗК): 1,5x1,2 м;
- балконні двері: 0,9 x 2 м;

Вхідні двері в парадних: 1,2 x 2,2 м.

Визначити: опалювальну площу, м² та опалювальний об'єм, м³.

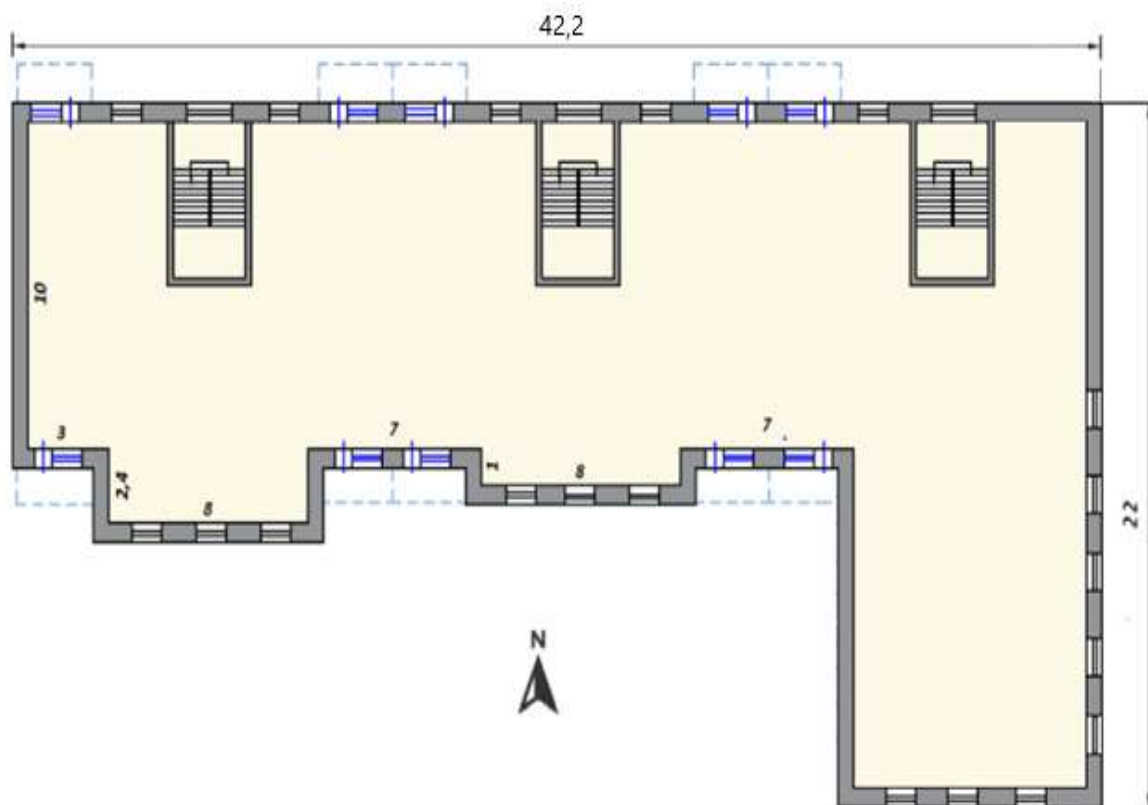


Рисунок 2.1 – План будівлі

Кондиціонована площа, яку опалюють або охолоджують A_f , m^2 [1] – сумарна площа поверхів (враховуючи мансардний, опалювальний цокольний та підвальний поверхи) будівлі, яка *вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають горизонтальні проекції внутрішніх стін і перегородок.*

Визначимо площу типового поверху.

$$A_f^I = (42,2 - 0,6 \cdot 2) \cdot 10 + 2,4 \cdot 8 + 1 \cdot 8 + (22 - 10 - 0,6 \cdot 2) \cdot (42,2 - 3 - 8 - 7 - 8 - 7 - 0,6 \cdot 2) = 523,6 \text{ м}^2.$$

Опалювальна площа чотириповерхової будівлі:

$$A_f = A_f^I \cdot 4 = 2094 \text{ м}^2.$$

Кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі V_f , m^3 [1] – добуток опалювальної площі поверху на внутрішню висоту, що *вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху.*

Розрахуємо внутрішню висоту опалювального об'єму:

$$h_f = h_{\text{пов}} \cdot 4 + h_{\text{пер}} \cdot 3 = 2,7 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 11,4 \text{ м}.$$

Тоді опалювальний об'єм:

$$V_f = A_f \cdot h_f = 523,6 \cdot 11,4 = 5969 \text{ м}^3.$$

Додаткове завдання студентам:

Самостійно розрахуйте, наскільки зміниться опалювальна площа та об'єм у разі визначення її розмірів за зовнішніми обмірами (як в розрахунках за збільшеними показниками для серійних будівель)?

2.2 Визначення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Завдання

Для будівлі, показаної на рис.1 визначити:

- площу вертикальних світлопрозорих огорожень;
- площу вертикальних непрозорих огорожень;
- площу горизонтальних огорожень.

Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дверних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів глибиною від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока.

Визначимо загальну площу зовнішніх стін (фасадів):

$$A_{\text{ПН}} = (42,2 - 0,6 \cdot 2) \cdot 11,4 = 467,4 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Пд}} = (3 + 8 + 7 + 8 + 7 + 8) \cdot 11,4 = 467,4 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Зх}} = (10 + 2,4 + 1 + (22 - 10 - 0,6 \cdot 2)) \cdot 11,4 = 275,9 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Сх}} = ((22 - 0,6 \cdot 2) + 1 + 2,4) \cdot 11,4 = 275,9 \text{ м}^2;$$

Сумарна **площа вікон** визначається за розмірами прорізів.

Площа світлопрозорих огорожень з урахуванням їх типу і орієнтації:

- вікна:

$$A_{\text{ПН}}^{\text{В}} = (1,1 \cdot 1,2) \cdot 10 \cdot 4 = 52,8 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Пд}}^{\text{В}} = (1,1 \cdot 1,2) \cdot 14 \cdot 4 = 73,9 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Зх}}^{\text{В}} = 0 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Сх}}^{\text{В}} = (1,1 \cdot 1,2) \cdot 5 \cdot 4 = 26,4 \text{ м}^2;$$

- балконні зовнішні двері:

$$A_{\text{ПН}}^{\text{б.дв}} = (0,9 \cdot 2) \cdot 5 \cdot 4 = 36 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Пд}}^{\text{б.дв}} = (0,9 \cdot 2) \cdot 5 = 9 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Зх}}^{\text{б.дв}} = A_{\text{Сх}}^{\text{б.дв}} = 0;$$

- вікна місць загального користування (сходові клітини):

$$A_{\text{ПН}}^{\text{В.МЗК}} = (1,5 \cdot 1,2) \cdot 3 \cdot 3 = 16,2 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Пд}}^{\text{В.МЗК}} = A_{\text{Зх}}^{\text{В.МЗК}} = A_{\text{Сх}}^{\text{В.МЗК}} = 0;$$

Площа зовнішніх дверей:

$$A_{\text{Пн}}^{\text{ДВ}} = (1,2 \cdot 2,2) \cdot 3 = 7,9 \text{ м}^2.$$

$$A_{\text{Пд}}^{\text{ДВ}} = A_{\text{Зх}}^{\text{ДВ}} = A_{\text{Сх}}^{\text{ДВ}} = 0 \text{ м}^2.$$

Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей.

Площа зовнішніх стін (непрозорої частини):

$$A_{\text{Пн}}^{\text{СТ}} = A_{\text{Пн}} - A_{\text{Пн}}^{\text{В}} - A_{\text{Пн}}^{\text{б.ДВ}} - A_{\text{Пн}}^{\text{В.МЗК}} - A_{\text{Пн}}^{\text{ДВ}} = 467,4 - 52,8 - 36 - 16,2 - 7,9 = 354,5 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Пд}}^{\text{СТ}} = A_{\text{Пд}} - A_{\text{Пд}}^{\text{В}} - A_{\text{Пд}}^{\text{б.ДВ}} - A_{\text{Пд}}^{\text{В.МЗК}} - A_{\text{Пд}}^{\text{ДВ}} = 467,4 - 73,9 - 9 - 0 - 0 = 384,5 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Зх}}^{\text{СТ}} = A_{\text{Зх}} - A_{\text{Зх}}^{\text{В}} - A_{\text{Зх}}^{\text{б.ДВ}} - A_{\text{Зх}}^{\text{В.МЗК}} - A_{\text{Зх}}^{\text{ДВ}} = 275,9 - 0 - 0 - 0 - 0 = 275,9 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{Сх}}^{\text{СТ}} = A_{\text{Сх}} - A_{\text{Сх}}^{\text{В}} - A_{\text{Сх}}^{\text{б.ДВ}} - A_{\text{Сх}}^{\text{В.МЗК}} - A_{\text{Сх}}^{\text{ДВ}} = 275,9 - 26,4 - 0 - 0 - 0 = 249,5 \text{ м}^2.$$

Площа горизонтальних огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін) [7,11]:

$$A_{\text{Гор}} = 591,6 \text{ м}^2;$$

$$A_{\text{підл}} = 591,6 \text{ м}^2.$$

Результати обчислень занесемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Площі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Найменування	Орієнтація фасаду			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	467,4	467,4	275,9	275,9
Площа вікон, м ²	52,8	73,9	0	26,4
Площа балконних дверей, м ²	36	9	0	0
Площа вікон МЗК, м ²	16,2	0	0	0
Площа дверей, м ²	7,9	0	0	0
Площа зовнішніх стін (непрозорої частини), м ²	354,5	384,5	275,9	249,5
Площа горищного перекриття, м ²	591,6			
Площа підлоги, м ²	591,6			

3 ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОНСТРУКЦІЙ ТА УРАХУВАННЯ ТЕРМІЧНО НЕОДНОРІДНИХ ЗОН З ЛІНІЧНИМИ ТА ТОЧКОВИМИ ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ

3.1 Порядок урахування теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями стінової конструкції

Теплопровідні включення є так званими «містками холоду», слабкими місцями конструкції з точки зору теплопередачі, крізь які назовні втрачається суттєва частина теплової енергії. Вони мають бути враховані при підборі товщини теплоізоляційного шару для забезпечення високого рівня енергетичної ефективності огорожувальної конструкції в цілому. Типи теплопровідних включень, які мають бути враховані при визначенні товщини теплоізоляційного шару, визначено в ДСТУ 9191:

«При визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару враховують лише термічний вплив теплопровідних включень, що є характерними особливостями відповідного типу непрозорої огорожувальної конструкції.

Термічний вплив теплопровідних включень, що визначаються конструктивними особливостями всієї будівлі, при визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару не враховують. Даний термічний вплив враховують при визначенні енергопотреби для опалення та охолодження.

Теплопровідними включеннями, що відносяться до відповідного типу непрозорої огорожувальної конструкції, є:

- з'єднувальні елементи,
- дюбелі, кронштейни,
- закладні деталі, арматурні сітки,
- віконні відкоси,
- стики між елементами непрозорої огорожувальної конструкції,
- елементи жорсткості тощо.

До теплопровідних включень, що визначаються конструктивними особливостями будівлі, відносяться

- міжповерхові та балконні перекриття,
- колони, пілони, кутові примикання тощо.

Це означає, що для розрахунку приведенного опору теплопередачі конструкції та визначенні необхідної товщини утеплювача достатньо обрати типовий фрагмент огорожувальної конструкції, що для зовнішньої стіни включає найпоширеніший тип віконних прорізів на фасаді будівлі. *Кутові сполучення стін, плити балконів та міжповерхових перекриттів* – в розрахунку приведенного опору теплопередачі непрозорої конструкції не використовуються, а додаються на етапі розрахунку енергопотреби будівлі в цілому та враховуються додатковою складовою до коефіцієнту теплопередачі непрозорої конструкції.

Теплопровідні включення за своєю геометричною структурою поділяються на:

- лінійні (відкоси та стики)
- точкові (з'єднувальні елементи, кріплення).

Для лінійних включень кількісною характеристикою є довжина (L_j , м), а для точкових – кількість (N_k , од.). Слід зазначити, що точкові кріплення у вигляді дюбелів або систем кріплення оздоблювального шару вентиляованих фасадів відсутні для неутепленої стіни, але неодмінно з'являються в розрахунку при проектуванні системи фасадної теплоізоляції. Для кожного з видів теплопровідних включень є відповідно, лінійні (k_j) та точкові (ψ_k) коефіцієнти теплопередачі, які враховують тепловтрати крізь одиницю виміру такого включення та можуть бути прийняті за дод. Г і Д ДСТУ 9191 [5] в залежності від типу стіни, теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції.

Для проектного розрахунку приведенного опору теплопередачі зазвичай приймається типовий фрагмент стіни будівлі, що містить характерні типи однорідних ділянок стіни та типові поширені теплопровідні включення (наприклад, вікно та/або балконні двері з характерними розмірами, проектна кількість та тип точкових кріплень на визначеному фрагменті фасаду).

3.2 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою [14]

Вихідні дані:

В розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі у м.Чернігів – стінова панель з легкого бетону (керамзитобетону) розмірами 3,0 м × 3,75 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі складає 350 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит теплопровідністю 0,045 Вт/(м·К) густиною 125-135 кг/м³ з опорядженням штукатуркою товщиною 10 мм.

Клас А фасадної ізоляції (згідно з ДБН В.2.6-33).

Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 од. на 1 м².

З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10 мм. Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м². Ширина внутрішнього відкосу, $d_{\text{відк}}=0,15$ м.

Температурна зона I, $R_{q \min}=4$ (м²·К)/Вт [див. додаток 4,6].

3.2.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни

Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни проводимо з врахуванням складу шарів стінової конструкції та їх характеристик (прийнятих за Додатком А ДСТУ 9191 [5]) за формулою:

$$R = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}} \quad (3.1)$$

де

h_{si} , h_{se} – коефіцієнти теплообміну внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), які приймають за додатком 3;

d_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції за розрахункових умов експлуатації (розрахункова теплопровідність, Вт/(мК), приймають згідно з додатком А ДСТУ 9191 [5].

Склад конструкції та опір теплопередачі наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Склад конструкції

Шари утепленої стіни	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/(м·К)	Відношення d_i / λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Панель з легкого бетону (керамзитобетон щільністю 1200 кг/м ³)	0,35	0,52	0,673
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 125-135 кг/м ³)	0,15	0,045	3,333
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011
			$1/h$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/(м ² ·К)	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_{ct} , (м ² ·К)/Вт		Σ	4,19

Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента стінової конструкції (обраних за дод. Г і Д ДСТУ 9191 [5] в залежності від типу стіни, теплопровідності утеплювача та товщини теплоізоляції) наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Довжина, $l_{m,k}$, м	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	14 (для 150 мм)	1,5	–	0,081	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	15 (для 150 мм)	1,5	–	0,064	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	16 (для 150 мм)	3	–	0,071	–
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	72	–	0,005

3.2.2 Визначення приведенного опору теплопередачі

Приведений опір теплопередачі стіни, що враховує особливості k -ої характерної непрозорої частини огородження із світлопрозорими прорізами, під час визначення товщини теплоізоляційного шару:

$$R_{\Sigma\text{пр},k} = \frac{\sum_i A_{i,k} + \sum_i A_{i,sl,k}}{\sum_i (A_{i,k}/R_{\Sigma i}) + \sum_m (I_{m,k} \cdot \psi_m) + \sum_j (N_{j,k} \cdot \chi_j)}, \quad (3.2)$$

де

$A_{i,k}$ – площа термічно однорідної k -ої частини огорожувального конструкції без урахування прорізів, м^2 ;

$A_{i,sl,k}$ – площа укосів прорізів на i -ій ділянці зовнішнього огородження, що присутня на k -ій частині огорожувальної конструкції, м^2 ;

$I_{m,k}$ – лінійний розмір (проекція) m -го лінійного теплопровідного включення, що розташований на k -ій частині огорожувальної конструкції, м;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої термічно однорідної частини, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

ψ_m – лінійний коефіцієнт теплопередачі m -го лінійного теплопровідного включення, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі χ_j -го точкового теплопровідного включення, $\text{Вт}/\text{К}$, розраховують за тривимірним температурним полем або приймають за дод. Д ДСТУ 9191 [5];

$N_{j,k}$ – кількість j -их точкових теплопровідних включень, що розташовані на площі $A_{i,k}$, шт.

Визначення площ стінових елементів:

- площа однорідної стіни (в знаменнику формули):

$$A_{i,k} = A_{\text{фрагм}} - A_{\text{вік}} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} = 11,25 - 2,25 = 9 \text{ м}^2$$

- загальна площа стінової конструкції (в чисельнику формули)

$$\sum_i A_{i,k} + \sum_i A_{i,sl,k} = A_{\text{ст}} + A_{\text{відкос}} = A_{\text{ст}} + P_{\text{вік}} \times d_{\text{відк}} = 9 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

де $P_{\text{вік}}$ – периметр вікна, 6 м;

$d_{\text{відк}}$ – ширина внутрішнього відкосу, 0,15 м.

Підставляючи значення в формулу (3.2), отримаємо:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{9,9}{\frac{9}{4,19} + (1,5 \cdot 0,081 + 1,5 \cdot 0,064 + 3 \cdot 0,071) + (72 \cdot 0,005)} = \frac{9,9}{2,94} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Оскільки нормативна вимога: $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q\text{min}}$ НЕ виконується, то товщину теплоізоляційного шару 150 мм підбрано невірною, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару та повторити розрахунок.

3.3 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з полістиролу конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою [14]

Вихідні дані:

В розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі у м.Миколаїв – стінова панель з силікатної цегли розмірами 3,0м×3,75м (висота×ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі складає 510 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати плитами зі спіненого полістиролу EPS-80 з теплопровідністю 0,04 Вт/м·К з опорядженням штукатуркою 10 мм. Клас А теплоізоляції згідно з ДБН В.2.6-33.

Плити спіненого полістиролу кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 од. на 1 м².

З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10 мм. Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м×1,5 м. Навколо вікон передбачені протипожежні пояси з мінераловатних плит з теплопровідністю 0,045 Вт/(м·К) шириною в дві товщини основного утеплювача. Ширина внутрішнього відкосу 0,15 м.

Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м². Температурна зона II, $R_{q\ min}=3,5\ \text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ [див. додаток 4,6].

3.3.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни

Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни з теплоізоляційним шаром зі спіненого полістиролу проводимо з врахуванням складу шарів стінової конструкції та їх характеристик за формулою (3.1). Результати наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Склад конструкції

Шари утепленої стіни	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Силікатна цегла	0,51	0,82	0,622
Теплоізоляційний шар (спінений полістирол EPS-80)	0,10	0,040	2,500
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011

			$1/h$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_{cm} , м ² ·К/Вт		Σ	3,30

3.3.2 Визначення приведенного опору теплопередачі стінової конструкції

Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни (табл. 3.4) з теплоізоляційним шаром з мінераловатних плит густиною 135 кг/м³ (протипожежні пояси навколо вікон) проводимо з врахуванням складу шарів стінової конструкції та їх характеристик (прийнятих за дод. А [5]).

Таблиця 3.4 – Склад конструкції навколо вікон (протипожежні пояси)

Шари утепленої стіни	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i/λ_i
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
Силікатна цегла	0,51	0,82	0,622
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 135 кг/м ³)	0,10	0,045	2,222
Штукатурка опоряджувальна (цементно-піщана)	0,01	0,93	0,011
			$1/h$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_{cm} , м ² ·К/Вт		Σ	3,02

Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента стінової конструкції (обраних за довідковими дод. Г і Д ДСТУ 9191 [5] в залежності від типу стіни, теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції) наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Довжина, $I_{m,k}$, м	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	14 (для 120 мм)	1,5	–	0,081	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	15 (для 120 мм)	1,5	–	0,059	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	16 (для 120 мм)	3	–	0,068	–
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 4	–	72	–	0,0015

Визначення площ стінових елементів:

- площа протипожежних поясів навколо вікна з утепленням мінеральною ватою (в знаменнику формули)

$$A_{m/в} = (1,5 \times 0,2 + 1,9 \times 0,2) \times 2 = 1,36 \text{ м}^2;$$

- площа однорідної стіни, утепленої спіненим полістиролом (в знаменнику формули)

$$A_{ППС} = A_{фрагм} - A_{вік} - A_{m/в} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} - 1,36 \text{ м}^2 = 11,25 - 2,25 - 1,36 = 7,64 \text{ м}^2$$

- загальна площа стінової конструкції (в чисельнику формули)

$$A_{\Sigma} = A_{ППС} + A_{m/в} + A_{відкос} = A_{ППС} + A_{m/в} + A_{вік} \times d_{відк} = 7,64 + 1,36 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

$P_{вік}$ – периметр вікна, 6 м; $d_{відк}$ – ширина внутрішнього відкосу, 0,15 м.

Визначаємо приведений опір теплопередачі стінової конструкції за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma пр} = \frac{9,9}{\frac{7,64}{3,30} + \frac{1,36}{3,02} + (1,5 \cdot 0,081 + 1,5 \cdot 0,059 + 3 \cdot 0,068) + (72 \cdot 0,0015)} = \frac{9,9}{3,289} = 3,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Нормативна вимога $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ не виконується.

Проте згідно з п.5.2.2 ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція та енергоефективність»: при реконструкції або капітальному ремонті частин будівлі з метою термомодернізації допускається зниження значень приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від $R_{q \text{ min}}$ за умови дотримання вимоги щодо допустимої санітарно-гігієнічної різниці температур між приведеною температурою внутрішньої поверхні та температурою внутрішнього повітря.

$$R_{q \text{ min}} \cdot 0,75 = 3,5 \cdot 0,75 = 2,63 \text{ (м}^2\text{К)/Вт.}$$

За таких умов товщини 100 мм достатньо.

3.4 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляльованим фасадом [14]

Вихідні дані:

В розрахунку прийнято типовий фрагмент фасаду будівлі у м. Одеса – стінова двошарова панель розмірами 3,0 м × 3,75 м (висота × ширина), що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічних стінових панелей. Товщина стінової панелі складає 350 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит теплопровідністю 0,041 Вт/м·К густиною 80 кг/м³.

Клас Б теплової ізоляції згідно з ДБН В.2.6-33.

Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Несучі елементи підсистеми вентиляльованого фасаду кріпляться до стінової панелі з розрахунку 2 од. на 1 м². Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м².

З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 10мм.

Стінова панель має віконний проріз розмірами 1,5 м × 1,5 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 9 м².

Температурна зона II, $R_{q\ min} = 3,5\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [див. додаток 4,6].

В конструкціях з вентиляльованим фасадом допускається застосування теплоізоляційного шару тільки групи горючості НГ.

3.4.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної стіни

Проводимо розрахунок з врахуванням складу шарів стінової конструкції та їх характеристик (прийнятих за дод. А ДСТУ 9191 [5]), результати наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Склад конструкції

Шари утепленої стіни	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 80 кг/м ³)	0,15	0,041	3,659
Несучий шар панелі (з важкого бетону щільністю 2300 кг/м ³)	0,20	1,86	0,108

Легкий теплоізоляційний шар панелі (з керамзитобетону щільністю 800 кг/м ³)	0,15	0,35	0,429
Штукатурка внутрішня (пісок, вапно, цемент)	0,01	0,87	0,011
			<i>1/h</i>
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	12		0,083
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_{cm} , м ² ·К/Вт		Σ	4,40

3.4.2 Визначення приведенного опору теплопередачі стінової конструкції

Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента стінової конструкції (обраних за довідковими додатками Г і Д ДСТУ 9191 в залежності від типу стіни, розрахункової теплопровідності матеріалу утеплювача та товщини теплоізоляції) наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Довжина, $I_{m,k}$, м	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	17 (для 150 мм)	1,5	–	0,063	–
Віконний відкос в зоні підвіконня	18 (для 150 мм)	1,5	–	0,035	–
Віконний відкос в зоні рядового примикання	19 (для 150 мм)	3	–	0,049	–
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентилязованого фасаду	Додаток Д 1	–	18	–	0,015
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	72	–	0,005

Визначення площ стінових елементів:

- площа однорідної стіни (в знаменнику формули)

$$A_{cm} = A_{фрагм} - A_{вік} = 3,0 \text{ м} \times 3,75 \text{ м} - 1,5 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} = 11,25 - 2,25 = 9 \text{ м}^2$$

- загальна площа стінової конструкції (в чисельнику формули)

$$A_{\Sigma} = A_{ст} + A_{відкос} = A_{ст} + P_{вік} \times d_{відк} = 9 + 6 \times 0,15 = 9,9 \text{ м}^2,$$

де $P_{вік}$ – периметр вікна, 6 м;

$d_{відк}$ – ширина внутрішнього відкосу, 0,15 м.

Визначення приведенного опору теплопередачі стінової конструкції проводимо за формулою (3.2) визначаємо приведений опір теплопередачі конструкції:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{9,9}{\frac{9}{4,40} + (1,5 \cdot 0,063 + 1,5 \cdot 0,035 + 3 \cdot 0,049) + (18 \cdot 0,015 + 72 \cdot 0,005)} = \frac{9,9}{2,96} = 3,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Нормативна вимога $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ не виконується.

Оскільки нормативна вимога (1) $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару 150 мм підбрано невірно. Доцільно обрати матеріал з меншим значенням опору теплопередачі.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару та повторити розрахунок.

3.5 Розрахунок товщини теплоізоляційних шарів для оновлення покрівельного шару суміщеного покриття (капітальний ремонт з утепленням) [14]

Вихідні дані:

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляції обрано типовий фрагмент конструкції суміщеного покриття житлового будинку по залізобетонному покриттю. Будівля розташована у м. Херсон.

Основою конструкції покрівлі є залізобетонні плити товщиною 220 мм. Зверху ухилоутворюючий шар керамзитобетону густиною 600 кг/м^3 середньою товщиною по конструкції 70 мм. Гідроізоляційний шар – бітумний руберойд, що підлягає заміні в ході кап.ремонту на двошаровий євроруберойд. В якості теплоізоляції пропонується застосувати двошарову теплоізоляцію зі спіненого полістиролу (теплопровідністю в умовах експлуатації Б $\lambda_{\text{упр}} = 0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ марки EPS-100) та мінераловатних плит (теплопровідністю в умовах експлуатації Б $\lambda_{\text{упр}} = 0,046 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ та густиною 180 кг/м^3). Передбачено механічне наскрізне кріплення плит утеплювача дюбелями з металевим стрижнем 4 од. на 1 м^2 . Поверх теплоізоляційних плит влаштовується покрівельний килим на основі двох шарів з руберойду, що наплавляється загальною товщиною 8 мм.

Температурна зона II, $R_{q \text{ min}} = 6,0 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ [див.додаток 4,6].

3.5.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції

Визначення опору теплопередачі однорідного фрагменту 1 м^2 суміщеного покриття та характеристик шарів з прийнятим утепленням (за Додатком А ДСТУ 9191 [5]) наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Склад конструкції

Шари суміщеного покриття	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Залізобетонна панель	0,22	2,04	0,108
Керамзитобетонна стяжка ($\rho=600 \text{ кг/м}^3$)	0,07	0,26	0,269
Руберойд (2 шари)	0,008	0,17	0,047
Теплоізоляційний шар (спінений полістирол EPS-100)	0,2	0,037	5,41

Теплоізоляційний шар (мінеральна вата густиною 180 кг/м ³)	0,05	0,046	1,09
			<i>1/h</i>
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	8,7		0,115
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R , м ² ·К/Вт		Σ	7,08

Приймається до утеплення перший шар спіненого пінополістиролу (з теплопровідністю в умовах експлуатації Б $\lambda_{уп1} = 0,037$ Вт/(м·К)) за типовим розміром виробника – 200 мм.

Приймається до розрахунку товщина другого шару мінераловатних плит (з теплопровідністю в умовах експлуатації Б $\lambda_{уп2} = 0,046$ Вт/(м·К)) – 50 мм.

3.5.2 Визначення приведенного опору теплопередачі конструкції

Визначення точкових теплопровідних включень, обумовлених механічними кріпленнями шарів утеплювача на одному м² поверхні покриття (обраних за довідковим додатком Д ДСТУ 9191 [5]) наведено у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Довжина, $I_{m,k}$, м	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	–	4	–	0,005

Визначимо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1,0}{\frac{1,0}{7,08} + (4 \cdot 0,005)} = \frac{1,0}{0,160} = 6,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційних шарів **250 мм** підбрано вірно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційних шарів з мінеральної вати та/або спіненого полістиролу та повторити розрахунок до виконання вимоги.

3.6 Розрахунок необхідної товщини теплоізоляційного шару з плит спіненого полістиролу конструкції перекриття неопалювального горища без теплопровідних включень [14]

Вихідні дані:

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції перекриття горища житлового будинку по залізобетонному покриттю.

Основою конструкції покрівлі є залізобетонні плити товщиною 220 мм. Зверху утеплюючий шар керамзитобетону густиною 600 кг/м³ середньою товщиною по конструкції 70 мм. В якості теплоізоляційного шару пропонується використати плити зі спіненого полістиролу EPS-120 (з теплопровідністю в умовах експлуатації $\lambda_{\text{уп}} = 0,040$ Вт/(м·К)).

Поверх полістиролу передбачається влаштування цементно-піщаної стяжки 50 мм для запобігання руйнування теплоізоляційного шару.

Будівля знаходиться у м.Запоріжжя, температурна зона II,

$R_{q \text{ min}} = 5,5$ (м²·К)/Вт [див.додаток 4,6].

Визначення існуючого складу шарів конструкції суміщеного покриття та їх характеристик до утеплення (прийнятих за Додатком А ДСТУ 9191 [5]) наведено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Склад конструкції

Шари перекриття горища	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Залізобетонна панель	0,22	2,04	0,108
Керамзитобетонна стяжка (густиною 600 кг/м ³)	0,07	0,26	0,269
Цементно-піщана стяжка	0,05	0,93	0,054
			0,431
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	10		
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	6		

Визначення мінімально необхідної товщини шару з плит спіненого полістиролу теплопровідністю $\lambda_{\text{уп}} = 0,040$ Вт/(м·К) за формулою:

$$\delta_{\text{min}} = \left(R_{q \text{ min}} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} - \frac{1}{h_{si}} - \frac{1}{h_{se}} \right) \cdot \lambda_{\text{уп}} \quad (3.3)$$

де

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

h_{si} та h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, внутрішньої та зовнішньої поверхні покриття/перекриття, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$, приймаються за додатком 3;

δ_i – товщини шарів конструкції покриття/перекриття, м;

λ_i – коефіцієнти теплопровідності в умовах експлуатації Б матеріалів відповідних шарів конструкції, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$;

$\lambda_{\text{утр}}$ – розрахункова теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Розрахуємо:

$$\delta_{\min} = \left(5,5 - \left(\frac{0,22}{2,04} + \frac{0,07}{0,26} + \frac{0,05}{0,93} \right) - \frac{1}{10} - \frac{1}{6} \right) \times 0,040 = 0,192 \text{ м}$$

Таким чином, мінімально необхідна товщина шару з плит спіненого полістиролу теплопровідністю $\lambda_{\text{утр}} = 0,040 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ складає 200 мм.

По типорозмірам плит спіненого полістиролу можна підібрати розраховане значення товщини утеплюючого шару – 200 мм.

3.7 Розрахунок опору теплопередачі та товщини теплоізоляційних шарів для улаштування утеплення перекриття неопалювального горища по лагам [14]

Вихідні дані:

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляції обрано типовий фрагмент конструкції перекриття неопалювального горища житлового будинку.

Основою конструкції покрівлі є залізобетонні плити товщиною 220 мм. Зверху шар керамзитобетону густиною $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ середньою товщиною по конструкції 100 мм.

В якості теплоізоляції пропонується застосувати одношарову теплоізоляцію з мінераловатних плит на основі скляного штапельного волокна (густиною $15 \text{ кг}/\text{м}^3$). Теплоізоляція укладається між дерев'яними лагами, що розташовані через 2 м. Поверх теплоізоляційних плит укладається шар супердифузійної мембрани.

Будівля розташована у м.Київ, температурна зона I, $R_{q \min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [див.додаток 4,6].

3.7.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції

Визначення опору теплопередачі однорідного фрагменту 1 м² перекриття та характеристик шарів з прийнятим утепленням (за Додатком А ДСТУ 9191 [5]) наведено у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Склад конструкції

Шари суміщеного покриття	Товщина шару, d_i , м	Коеф. теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Залізобетонна панель	0,22	2,04	0,108
Керамзитобетонна стяжка (густиною 600 кг/м ³)	0,1	0,26	0,385
Теплоізоляційний шар (мінеральна вата на основі скляного штапельного волокна густиною 15 кг/м ³)	0,25	0,023	10,87
			$1 / h$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	6		0,167
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	10		0,1
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R , м ² ·К/Вт		Σ	11,137

Приймається до розрахунку товщина шару мінераловатних плит (з теплопровідністю в умовах експлуатації Б $\lambda_{ymp 2} = 0,023 \text{ Вт/(м·К)}$) – 250 мм.

3.7.2 Визначення приведенного опору теплопередачі конструкції

Визначення лінійних теплопровідних включень (лагів) на одному м² поверхні перекриття (обраних за довідковим додатком Г ДСТУ 9191 [5]) наведено у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 –Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Довжина, $I_{m,k}$, м	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Вузол примикання конструкції перекриття до дерев'яної лаги	Додаток Г 31	1	–	0,071	–

Визначення площ елементів фрагменту покриття:

- загальна площа фрагмента покриття, що розглядається, $A_{\text{заг}} = 1 \text{ м}^2$;
- частина площі, незайнята дерев'яними елементами визначається зі схеми перекриття, враховуючи товщину та крок розташування дерев'яних елементів. В даному випадку – крок лагів складає 2 м, товщина – 20 мм. Це означає, що площа утеплювача на 1 м^2 між дерев'яними конструкціями складе: $A_i = 1 \times (1 - 0,02) = 0,98 \text{ м}^2$.

Визначимо приведенного опору теплопередачі перекриття

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1,0}{\frac{0,98}{11,137} + (1 \cdot 0,071)} = 6,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару 250 мм підбрано вірно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційних шарів з мінеральної вати та/або спіненого полістиролу та повторити розрахунок до виконання вимоги.

3.8 Розрахунок опору теплопередачі та необхідної товщини теплоізоляційного шару з мінераловатних плит для конструкцій перекриття неопалювального підвалу

Вихідні дані:

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції перекриття підвалу житлового будинку по залізобетонному покриттю. Площа фрагмента, що розглядається, 1 м^2 . Основою конструкції перекриття є залізобетонні плити товщиною 220 мм. Зверху виконано утеплюючий шар керамзитобетонної стяжки густиною 600 кг/м^3 товщиною 50 мм.

В якості теплоізоляційного шару пропонується використати мінераловатні плити (з теплопровідністю в умовах експлуатації $B \lambda_{\text{утр}} = 0,043 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ та густиною $125\text{-}135 \text{ кг/м}^3$). Кріплення плит – клейовий шар з додатковим механічним кріпленням дюбелями 5 од. на м^2 .

Будівля розташована у м. Луцьк, температурна зона I, $R_{q \text{ min}} = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [див. додаток 4,6].

3.8.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції

Розрахунок проводимо з врахуванням складу шарів конструкції перекриття та їх характеристик (прийнятих за Додатком А ДСТУ 9191 [5]), результати наведено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Склад конструкції

Шари перекриття підвалу	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Лінолеум	0,01	0,17	0,059
Керамзитобетонна стяжка (густиною 600 кг/м ³)	0,05	0,26	0,192
Залізобетонна панель	0,22	2,04	0,108
Теплоізоляційний шар (мінераловатні плити густиною 125-135 кг/м ³)	0,25	0,043	5,814
			$1 / h$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	5,9		0,169
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	6		0,167
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_n , м ² ·К/Вт		Σ	6,581

3.8.2 Визначення приведенного опору теплопередачі конструкції

Утеплення горизонтальних огорожувальних конструкцій перекриття неопалювального підвалу житлових багатоквартирних будівель зазвичай здійснюється з нижньої сторони несучого перекриття (через технічну складність проведення робіт на підлогах першого поверху в приватних житлових приміщеннях) та передбачає укладання теплоізоляційного шару (в один чи декілька шарів) з застосуванням наскрізних механічних кріплень до стелі, що порушують цілісність і термічну однорідність конструкції.

Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента конструкції (а саме, точкових включень дюбелів з металевим стрижнем для кріплення мінеральної вати, обраних за довідковим додатком Д ДСТУ 9191 [5]). Результати розрахунку наведено у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 –Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додатки Г та Д ДСТУ-9191)	Кількість, $N_{j,k}$, од.	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j Вт/К
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Додаток Д 3	5	0,005

Визначимо приведений опір теплопередачі конструкції перекриття з врахуванням точкових теплопровідних включень:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1,0}{\frac{1,0}{6,581} + (5 \cdot 0,005)} = 5,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару 250 мм підбрано вірно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару та повторити розрахунок.

3.9 Розрахунок опору теплопередачі та необхідної товщини теплоізоляційного шару для конструкцій покриття опалювального горища (мансарди) [14]

Вихідні дані:

Опалювальне горище будинку мансардного типу. В якості теплоізоляції передбачено влаштовувати мінераловатні плити (з теплопровідністю в умовах експлуатації $\lambda_{\text{утр}} = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ густиною $30 \text{ кг}/\text{м}^3$), які влаштовуються в проміжку між кроквами, що розташовані з кроком 1 м. Ширина крокв 100 мм, висота 250 мм. Матеріал крокв – сосна. Зі сторони приміщення по дерев'яним кроквам влаштовуються пароізоляційна плівка та внутрішнє опорядження з гіпсокартонних листів товщиною 12,5 мм. З іншого боку поверх шару утеплювача влаштовується гідрозахисна мембранна плівка. Покрівля горищного даху виконується з керамічної черепиці по суцільному дерев'яному настилу з утворенням вентиляованого повітряного прошарку між покрівлею та теплоізоляцією товщиною (40-60) мм. Площа фрагмента, що розглядається, 1 м^2 .

Будівля розташована у м. Ужгород, температурна зона I, $R_{q\text{min}}=5,5(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ [див.додаток 4,6].

3.9.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції

Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції покриття проводимо з врахуванням складу шарів конструкції покриття (утеплювача та обшивки) та їх характеристик (прийнятих за Додатком А ДСТУ 9191 [5]).

Таблиця 3.15 – Склад конструкції

Шари покриття горища	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Гіпсокартон	0,0125	0,21	0,06
Теплоізоляційний шар (мінераловатні плити)	0,25	0,035	8,065
			$1 / \alpha$
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, h_{si} , Вт/м ² ·К	10		0,1
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, h_{se} , Вт/м ² ·К	23		0,043
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_n , м ² ·К/Вт		Σ	8,268

3.9.2 Визначення приведенного опору теплопередачі конструкції

Утеплення похилих огорожувальних конструкцій покриття опалювального (мансардного) горища житлових будівель здійснюється зсередини приміщення та передбачає укладання теплоізоляційного шару (в один чи декілька шарів) поміж несучих конструкцій даху (крокв або балок) з наступною обшивкою утеплювача зсередини облицювальним матеріалом, що кріпиться до цих несучих конструкцій даху.

Також утеплювач може бути рулонного типу (скловата), але обов'язково негорючий.

В цих випадках теплопровідними лінійними включеннями є дерев'яні крокви обрешітки даху, між якими укладається утеплювач.

Точкові теплопровідні включення в цих випадках відсутні.

Визначення теплопровідних включень, обумовлених характерними особливостями обраного фрагмента конструкції (а саме, лінійних включень дерев'яних крокв та дерев'яної обрешітки), обраних за довідковим додатком Г ДСТУ 9191 [5]).

Таблиця 3.16 –Перелік теплопровідних включень

Найменування теплопровідного включення	Вузол (Додаток Г ДСТУ 9191)	Довжина, $l_{m,k}$, м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_m , Вт/(м·К)
Дерев'яна кроква	Додаток Г 25	1	0,063

Визначення площ елементів фрагменту покриття:

- загальна площа фрагмента покриття, що розглядається, $F_{\text{заг}} = 1 \text{ м}^2$;
- частина площі незайнята дерев'яними елементами визначається зі схеми покрівлі, враховуючи товщину та крок розташування дерев'яних елементів. В даному випадку – крок крокв складає 1 м, ширина крокви – 100 мм. Це означає, що площа утеплювача між дерев'яними конструкціями складе $F_1 = 0,9 \times 1 = 0,9 \text{ м}^2$.

Визначимо приведенй опір теплопередачі конструкції покриття з врахуванням лінійних теплопровідних включень:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1,0}{\frac{0,9}{8,268} + 1 \cdot 0,063} = 5,814 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт.}$$

Оскільки нормативна вимога $R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$ виконується, то товщину теплоізоляційного шару 250 мм підбрано вірно.

У випадку, якщо вимога не виконуватиметься, необхідно збільшити товщину теплоізоляційного шару або обрати мінеральну вату з меншим коефіцієнтом теплопровідності та повторити розрахунок.

3.10 Визначення допустимого значення опору теплопередачі та необхідності утеплення перекриття опалювального підвалу

Необхідність утеплення перекриття опалювального підвалу або внутрішньої огорожувальної конструкції між приміщеннями, що межують, з різницею внутрішніх температур більше, ніж 4°C , визначається перевіркою на виконання умови: $R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішніх огорожувальних конструкцій $R_{q \text{ min}}$, що розмежують опалювальні приміщення і суміжні приміщення (вхідні тамбури, паркінги, холодні комори та морозильні камери, парильні, технічні приміщення або сусідні будівлі) із розрахунковими температурами повітря, які відрізняються на понад 4°C , визначають за формулою:

$$R_{q \text{ min}} = \frac{\theta_{\text{int},1} - \theta_{\text{int},2}}{\Delta\theta_{\text{int-si,max}}} \cdot \frac{1}{h_{\text{si},1}}, \quad (3.4)$$

де

$\theta_{\text{int},1}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні з вищою температурою, що приймають за проектними даними або за ДБН -31 [4],

$\theta_{\text{int},2}$ – температура повітря в суміжних приміщеннях з нижчою температурою, що приймають за проектними даними, $^\circ\text{C}$;

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С; див. [додаток 7](#);

$h_{si,1}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в приміщенні з вищою температурою, Вт/(м²·К), [додаток 3](#).

Допустиме значення опору теплопередачі внутрішніх огорожувальних конструкцій $R_{q min}$, розраховане за формулою приймають *не менше ніж 0,6 (м²К)/Вт*.

Приведений опір теплопередачі існуючого підвального перекриття визначається за формулою (3.4), як для термічно однорідної конструкції, оскільки точкові теплопровідні включення у вигляді кріпильних елементів для неутепленої існуючої плити – відсутні.

Примітка: у даному випадку h_{si} дорівнюватиме h_{se} , оскільки обидва приміщення опалювальні

Вихідні дані:

Для розрахунку обрано типовий фрагмент конструкції перекриття опалювального підвалу багатоповерхового житлового будинку з приміщеннями, що орендуються під комерційну діяльність. Основою конструкції перекриття є залізобетонні плити товщиною 220 мм, зверху виконано шар керамзитобетонної стяжки товщиною 70 мм та покриття підлоги першого поверху – полівінілхлоридний лінолеум. Середня температура в підвалі в опалювальний сезон підтримується на рівні 15°С.

3.10.1 Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції [14]

Визначення опору теплопередачі термічно однорідної конструкції перекриття проводимо за формулою з врахуванням складу шарів конструкції перекриття та їх характеристик (прийнятих за Додатком А ДСТУ 9191 [5]).

Таблиця 3.17 – Склад конструкції

Шари перекриття підвалу	Товщина шару, d_i , м	Коефіцієнт теплопровідності в умовах «Б», λ_i , Вт/м·К	Відношення d_i / λ_i
Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі (густиною 1400 кг/м ³)	0,04	0,23	0,174

Керамзитобетонна стяжка (густиною 600 кг/м ³)	0,07	0,26	0,269
Залізобетонна панель	0,22	2,04	0,108
			<i>1 / h</i>
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні з боку житлового приміщення, h_{si} , Вт/м ² ·К	5,9		0,169
Опір теплопередачі (без урахування теплопровідних включень), R_n , м ² ·К/Вт		Σ	0,72

3.10.2 Визначення мінімально допустимого опору теплопередачі конструкції перекриття опалювального підвалу [14]

Визначаємо мінімально допустимого значення опору теплопередачі конструкцій перекриття опалювального підвалу $R_{q \min}$ за формулою (3.4):

$$R_{q \min} = \frac{20-15}{2 \cdot 5,9} = 0,144 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

але приймається не менше 0,6 Вт/м²·К;

де

$\theta_{int,1} = 20^\circ\text{C}$ – розрахункова внутрішня температура опалювальних житлових приміщень першого поверху;

$\theta_{int,2} = 15^\circ\text{C}$ – середнє значення внутрішньої температури в приміщеннях підвалу;

$\Delta\theta_{int-si,max} = 2^\circ\text{C}$, прийнято за таблицею 5 ДБН В.2.6-31 для перекриття над підвалом житлового будинку;

$h_{si} = 5,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, прийнято за додатком 3.

Перевіряємо виконання умову $R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$:

$0,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} > 0,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – умова виконується.

Виконувати утеплення перекриття опалювального підвалу не потрібно.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛОПАКЕТІВ

Завдання

Визначити приведений опір теплопередачі віконного блоку розміром 1,4 м х 1,8 м з двома стулками: однією нерухомою і однією рухливою. Вікно має трьохкамерний ПВХ-профіль з двокамерними склопакетами 4i-12Ar-4-12Ar-4i (рис. 4.1). Дистанційні рамки склопакетів – теплоізольовані ПВХ.

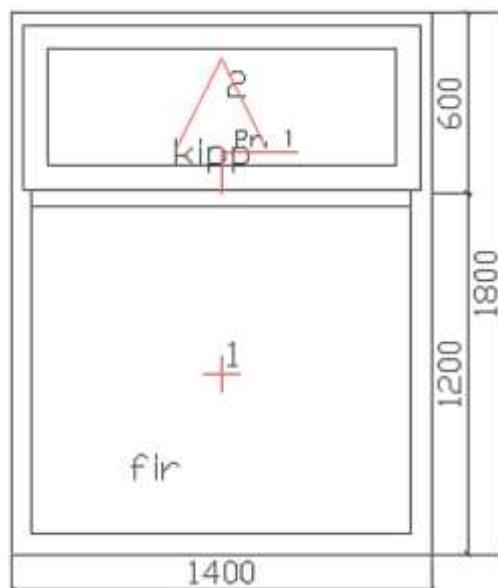


Рис. 4.1 – Основні розміри заданого віконного блоку

При енергетичних розрахунках дані про конструкцію, коефіцієнти теплопередачі профілів та склопакетів вікна і матеріал, з якого виготовлені дистанційні рамки, зазвичай надаються компанією, яка їх виготовляє. Інформація про коефіцієнт теплопередачі профілів і деталей повинна бути підтверджена протоколами випробувань. За відсутності таких даних потрібно користуватися методикою та таблицями, представленими в ДСТУ EN ISO 10077-1:2022 [7]. Приклад застосування даної методики представлено нижче.

Коефіцієнт теплопередачі вікна розраховується за наступною формулою, Вт/(м²·К):

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}, \quad (4.1)$$

де

A_g – площа світлопрозорої частини віконного блоку, м²;

U_g – коефіцієнт теплопередачі скління, Вт/(м²·К);

A_f – площа непрозорої частини віконного блоку (рама, стулка, штапик, імпост), m^2 ;

U_f – коефіцієнт теплопередачі рами, $Вт/(m^2 \cdot K)$;

l_g – довжина видимих периметрів стекол, м;

ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі, який враховує вплив скла, дистанційної рамки і рами на теплотехнічні властивості вікна.

Загальна площа заданого віконного блоку становить $1,4 \times 1,8 = 2,52 m^2$. Приймаємо, що площа світлопрозорої частини складає 70% від загальної площі віконного блоку, а площа непрозорої частини – 30%:

$$- A_g = 0,7 \cdot 2,52 = 1,764 m^2;$$

$$- A_f = 0,3 \cdot 2,52 = 0,756 m^2.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі склопакету, скориставшись таблицею 4.1.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти теплопередачі склопакетів з двома і трьома шарами скла

Скління Glazing				Коефіцієнт теплопередачі для різних видів газового заповнення ^a U_g Thermal transmittance for different types of gas space ^a U_g				
Склопакет Type	Скло Glass	Коефіцієнт емісії Normal emissivity	Розміри, мм Dimensions, mm	Повітря Air	Аргон Argon	Криптон Krypton	SF ₆ ^b	Ксенон Xenon
Склопакет з подвій- ним склін- ням Double- glazing	Скло без покриття (звичайне скло) Uncoated glass (normal glass)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	Одне скло з покриттям One pane coated glass	$\leq 0,2$	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
	Одне скло з покриттям One pane coated glass	$\leq 0,15$	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
Одне скло з покриттям One pane coated glass	$\leq 0,1$	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4	
		4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3	
		4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,4	
		4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4	
		4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4	

Продовження таблиці 4.1.

Скління Glazing				Коефіцієнт теплопередачі для різних видів газового заповнення ^a U_g Thermal transmittance for different types of gas space ^a U_g				
Склопакет Type	Скло Glass	Коефіцієнт емісії Normal emissivity	Розміри, мм Dimensions, mm	Повітря Air	Аргон Argon	Криптон Krypton	SF ₆ ^b	Ксенон Xenon
	Одне скло з покриттям One pane coated glass	≤ 0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2
			4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1
			4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2
			4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2
Склопакет з трьома стеклами Triple- glazing	Скло без покриття (звичайне скло) Uncoated (normal) glass	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,6
	Два скла з покриттям Two panes coated	≤ 0,2	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
	Два скла з покриттям Two panes coated	≤ 0,15	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
	Два скла з покриттям Two panes coated	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6
	Два скла з покриттям Two panes coated	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5

Для заданого склопакету (4i-12Ar-4-12Ar-4i) з трьома стеклами, при газовому заповненні аргоном, коефіцієнт теплопередачі становить $U_g = 0,8$ Вт/(м²·К) (за відсутності даних коефіцієнт емісії обираємо ≤0,05).

Щоб визначити коефіцієнт теплопередачі рами за відсутності результатів спеціальних вимірювань, можна скористатися таблицею 4.2 (для пластикових рам) або рисунком 4.2 (для дерев'яних рам), які стосуються виробів з вертикальним положенням.

Відповідно до таблиці 4.2 для заданого трьохкамерного ПВХ-профілю $U_f = 2$ Вт/(м²·К).

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти теплопередачі пластикових рам



Матеріал рами Frame material	Тип рами Frame type	U_f , Вт/(м ² ·К) W/(m ² ·K)		
Поліуретан Polyurethane	3 металевим осердям, товщина PUR ≥ 5 мм with metal core thickness of PUR ≥ 5 mm	2,8		
Профіль ПВХ ^a PVC-hollow profiles ^a	Дві камери з зовнішньої two hollow chambers зовнішньої external		з внутрішньої сторони internal	2,2
	Три камери з зовнішньої three hollow chambers зовнішньої external		з внутрішньої сторони internal	2,0
^a З відстанню не менше ніж 5 мм між поверхнями стінок камер (див. рисунок D.1). ^a With a distance between wall surfaces of each hollow chamber of at least 5 mm (refer to Figure D.1).				



Рис. 4.2 – Коефіцієнти теплопередачі дерев'яних рам

Визначимо довжину видимих периметрів стекол:

$$l_g = 1,4 \cdot 2 + 1,8 \cdot 2 + 1,4 = 7,8 \text{ м.}$$

Лінійний коефіцієнт теплопередачі залежить від матеріалу рами та наявності низькоемісійного покриття на склі. У таблицях Е.1 та Е.2, представлених у додатку ДСТУ EN ISO 10077-1:2022 [7], надано табличні дані для різних профільних систем та дистанційних рамок.

Оберемо відповідно до таблиці 4.4 для заданого вікна з теплоізованими ПВХ дистанційними рамками $\psi_g = 0,06$.

Таблиця 4.3 – Значення розрахункового лінійного коефіцієнту теплопередачі для дистанційних рамок

Матеріал рами Frame type	Лінійний коефіцієнт теплопередачі для різних типів скління Ψ_g Linear thermal transmittance for different types of glazing, Ψ_g	
	Склопакет з двома або трьома шарами скла, скло без покриття, міжскляний прошарок, заповнений повітрям або газом Double or triple glazing uncoated glass air- or gas-filled	Склопакет з двома ^a або трьома ^b шарами скла з низьким коефіцієнтом емісії, міжскляний прошарок, заповнений повітрям або газом Double ^a or triple ^b glazing low-emissivity glass air- or gas-filled
Деревина або ПВХ Wood or PVC	0,06	0,08
Металева з теплоізоляцією Metal with a thermal break	0,08	0,11
Металева без термовкладки Metal without a thermal break	0,02	0,05
^a З одним склом з покриттям у склопакеті з двома шарами скла. ^a One pane coated for double glazed. ^b З двома шарами скла/подвійним склінням з покриттям у склопакеті з трьома шарами скла. ^b Two panes coated for triple glazed.		

Таблиця 4.4 – Значення розрахункового лінійного коефіцієнту теплопередачі для дистанційних рамок з підвищеною теплоізоляцією

Матеріал рами Frame type	Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для різних типів скління з дистанційними рамками з підвищеною теплоізоляцією Linear thermal transmittance for different types of glazing with improved thermal performance	
	Склопакет з двома або трьома шарами скла, скло без покриття, міжскляний прошарок, заповнений повітрям або газом Double or triple glazing uncoated glass air- or gas-filled	Склопакет з двома ^a або трьома ^b шарами скла з низьким коефіцієнтом емісії, міжскляний проміжок, заповнений повітрям або газом Double ^a or triple ^b glazing low-emissivity glass air- or gas-filled
Деревина або ПВХ Wood or PVC	0,05	0,06
Металева з теплоізоляцією Metal with a thermal break	0,06	0,08
Металева без теплоізоляції Metal without a thermal break	0,01	0,04
^a З одним склом з покриттям у склопакеті з двома шарами скла. ^a One pane coated for double glazed. ^b З двома шарами скла з покриттям у склопакеті з трьома шарами скла. ^b Two panes coated for triple glazed.		

Підставивши значення у формулу (4.1) порахуємо коефіцієнт теплопередачі заданого вікна:

$$U_W = \frac{1,764 \cdot 0,8 + 0,756 \cdot 2 + 7,8 \cdot 0,06}{1,764 + 0,756} = 1,346 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначимо приведений опір теплопередачі вікна, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:

$$R_W = \frac{1}{U_W} = \frac{1}{1,346} = 0,743 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Визначений вище опір теплопередачі потрібно визначати для кожного типу і розміру вікон будівлі, оскільки величина теплових втрат досить суттєво залежить від архітектури світлопрозорої конструкції з тими самими комплектуючими. Застосування показників для стандартного вікна (наприклад, $1,28 \times 1,48$ м) для всіх інших конструкцій може призвести до підвищення загальних тепловтрат будівлі на 4–6% (наприклад, при відносно великих площах засклення).

5. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРАНСМІСІЄЮ ДЛЯ ПІДЛОГИ НА ГРУНТІ, ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПІДВАЛУ ТА ТЕХПІДПІЛЛЯ

Завдання

Для будинку, що знаходиться у м. Києві, задано наступні дані.

Конструкція зовнішньої стіни:

- керамічна цегла ($\delta=0,5$ м, $\lambda=0,81$ Вт/(м·К));
- екструдований пінополістирол ($\delta=0,1$ м, $\lambda=0,036$ Вт/(м·К));
- цементно-піщана стяжка ($\delta=0,02$ м, $\lambda=0,93$ Вт/(м·К)).

Визначити теплопередачу до ґрунту для наступних випадків для всієї площі підлоги:

- 1) підлога на ґрунті;
- 2) опалювальний підвал (висота стін, що контактують з ґрунтом $z=2,8$ м; товщина зовнішніх стін підвалу $w=0,62$ м);
- 3) технічне підпілля (висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям $h=1$ м, коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту $U_w = 0,28$ Вт/(м²К)).

Підлога опалювального підвалу та технічного підпілля має ту саму конструкцію, що й підлога по ґрунту. Площа підлоги $A=515,88$ м², периметр $P=122,16$ м.

Конструкція підлоги:

- плитка керамічна ($\delta=0,01$ м, $\lambda=1,1$ Вт/(м·К));
- цементно-піщана стяжка ($\delta=0,07$ м, $\lambda=0,93$ Вт/(м·К));
- екструдований пінополістирол ($\delta=0,1$ м, $\lambda=0,036$ Вт/(м·К));
- залізобетонна плита ($\delta=0,12$ м, $\lambda=2,04$ Вт/(м·К)).

Конструкція перекриття над техпідпіллям:

- плитка керамічна ($\delta=0,01$ м, $\lambda=1,1$ Вт/(м·К));
- цементно-піщана стяжка ($\delta=0,05$ м, $\lambda=0,93$ Вт/(м·К));
- екструдований пінополістирол ($\delta=0,05$ м, $\lambda=0,036$ Вт/(м·К));
- залізобетонна плита ($\delta=0,22$ м, $\lambda=2,04$ Вт/(м·К)).

5.1 Підлога першого поверху межує з ґрунтом

Приклад підлоги на ґрунті показано на рис. 5.1.

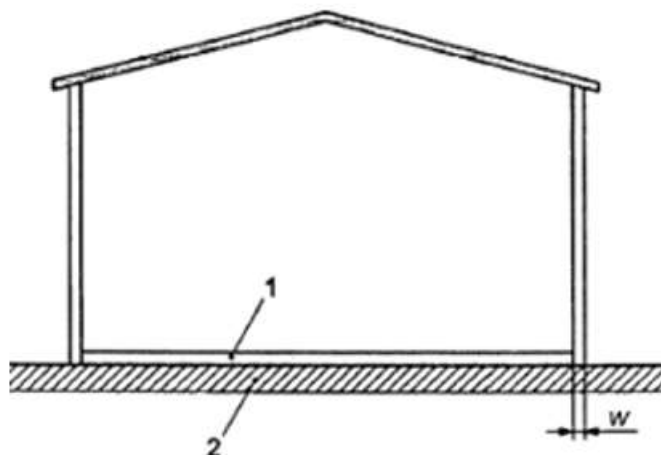


Рисунок 5.1 – Підлога на ґрунті:

1 – шар підлоги; 2 – ґрунт; 3 – товщина зовнішніх стін

Розрахуємо характерний розмір підлоги:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (5.1)$$

де A – площа підлоги, м^2 ;

P – зовнішній периметр підлоги, м ,

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{515,88}{0,5 \cdot 122,16} = 8,45.$$

Розрахуємо еквівалентну товщину підлоги:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (5.2)$$

де

w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари,

$w = 0,62\text{м}$ за вхідними даними;

λ – теплопровідність ґрунту, згідно таблиці з табл. 5.1 (або табл. Б.1 ДСТУ 9190 [1]) $\lambda = 2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, коли тип ґрунту невідомий;

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, згідно з таблицею 5.2 (або табл. Б.2 ДСТУ 9190 [1]) $R_{si} = 0,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ для горизонтальної конструкції (підлога);

R_f – термічний опір підлоги, включаючи всі шари, $(\text{м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$:

$$R_f = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,01}{1,1} + \frac{0,07}{0,93} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,12}{2,04} = 2,92 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}.$$

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, згідно табл. 5.2 (або табл. Б.2 ДСТУ 9190 [1]), $R_{se} = 0,043 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.

Тоді:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,6 + 2(0,17 + 2,92 + 0,043) = 6,89\text{м.}$$

Таблиця 5.1 – Теплопровідність ґрунту

Категорія	Опис	λ , Вт/(м·К)	Теплоємність одиниці об'єму, ρ_c , Дж/(м ² ·К)
1	Глина або мул	1,5	$3 \cdot 10^6$
2	Пісок або гравій	2	$2 \cdot 10^6$
3	Скельний або напівскельний	3,5	$2 \cdot 10^6$
У разі, якщо тип ґрунту невідомий або невизначений, обирають категорію 2			

Таблиця 5.2 – Тепловий опір навколишнього середовища

Тип середовища й огорожувальної конструкції	Тепловий опір
Внутрішнє, для вертикальних огорожувальних конструкцій	$R_{si}=0,115$ (м ² ·К)/Вт
Внутрішнє, для горизонтальних огорожувальних конструкцій (тепловий потік зверху вниз)	$R_{si}=0,17$ (м ² ·К)/Вт
Внутрішнє, для горизонтальних огорожувальних конструкцій (тепловий потік знизу вверху)	$R_{si}=0,1$ (м ² ·К)/Вт
Усі зовнішні середовища	$R_{se}=0,043$ (м ² ·К)/Вт

Визначимо коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U , Вт/(м²·К) за однією з формул:

- якщо $d_t < B'$ (неізолювана або посередньо ізолюваною підлога):

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \quad (5.3)$$

- якщо $d_t > B'$ (добре ізолювана підлога):

$$U = \frac{\lambda}{0,457 B' + d_t}, \quad (5.4)$$

де

B' – характерний розмір підлоги, що дорівнює відношенню площі підлоги на половину периметра підлоги за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P},$$

де P – периметр підлоги за внутрішніми обмірами зовнішніх стін.

Згідно розрахунків отримали, що $d_t < B'$.

Так як $d_t < B'$, розраховуємо коефіцієнт теплопередачі підлоги наступним чином:

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2}{3,14 \cdot 8,45 + 6,89} \ln \left(\frac{3,14 \cdot 8,45}{6,89} + 1 \right) = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Визначимо стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g = 515,88 \cdot 0,19 + 122,16 \cdot 0,98 = 217,73 \frac{\text{Вт}}{\text{К}},$$

де

Ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла примикання підлоги по ґрунту до зовнішніх стін. Для зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією 100 мм: $\Psi_g = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [5], див. рис 5.2.

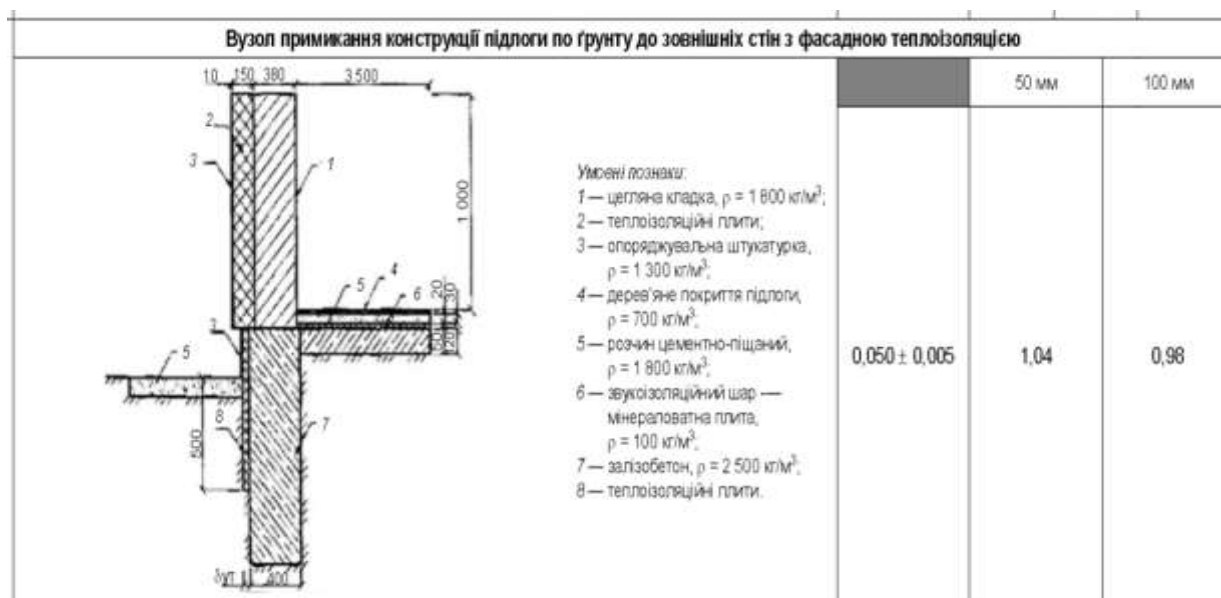


Рисунок 5.2 — Урахування теплопровідного включення для підлоги на ґрунті відповідно до ДСТУ 9191 [5] для вузла примикання зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією товщиною 100 мм

Приведений опір теплопередачі підлоги на ґрунті:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{A}{H_g} = \frac{515,88}{217,73} = 2,37 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

5.2 Підлога опалювального підвалу (цокольний поверх)

Приклад підлоги опалювального підвалу (цокольного поверху) показано на рис. 5.3.

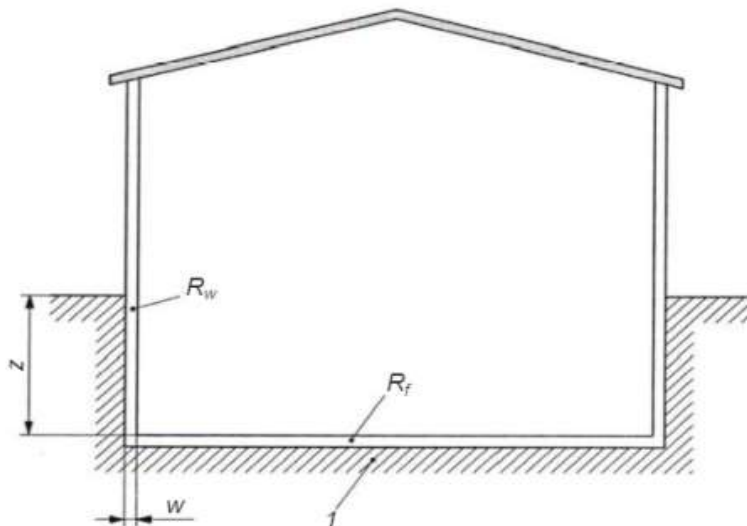


Рисунок 5.3 — Будівля з опалювальним підвалом (цокольним поверхом):

1 – ґрунт; R_f – тепловий опір підлоги; R_w – тепловий опір стін, що контактують з ґрунтом; w – товщина зовнішніх стін підвалу; z – висота стін, що контактують із ґрунтом.

Визначимо коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу по ґрунту U_{bf} за однією з формул:

- якщо $d_t + 0,5z < B'$ (неізольована та посередньо ізольована підвальна підлога):

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t + 0,5z} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5z} + 1 \right), \quad (5.5)$$

- якщо $d_t + 0,5z \geq B'$ (добре ізольована підлога підвалу):

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t + 0,5z}, \quad (5.6)$$

де

B' – характерний розмір підлоги за формулою (5.1);

d_t – еквівалентна товщина підлоги за формулою (5.2);

λ – теплопровідність ґрунту, згідно таблиці з табл. 5.1;

z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що розміщена нижче планувальної відмітки стіни). За вихідними даними $z=2,8$ м.

Визначимо:

$$d_t + 0,5z = 6,89 + 0,5 \cdot 2,8 = 8,29 < B' = 8,45.$$

Так як $d_t + 0,5z < B'$ розраховуємо коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу наступним чином:

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 8,45 + 6,89 + 0,5 \cdot 2,8} \ln \left(\frac{\pi \cdot 8,45}{6,89 + 0,5 \cdot 2,8} + 1 \right) = 0,16 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\text{К})}.$$

Визначимо еквівалентну сумарну товщину стін, що контактують з ґрунтом:

$$d_w = w + \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}), \quad (5.7)$$

де

w – товщина зовнішніх стін підвалу, $w=0,62$ м у вихідних даних;

λ – теплопровідність ґрунту, згідно таблиці з табл. 5.1 (або табл.Б.1 ДСТУ 9190 [1]) $\lambda = 2$ Вт/(м · К), коли тип ґрунту невідомий;

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, згідно з таблицею 5.2 (або табл. Б.2 ДСТУ 9190 [1]) $R_{si}=0,115$ (м²·К)/Вт для вертикальної конструкції (стіна, що контактує з ґрунтом);

R_f – термічний опір стіни, що контактує з ґрунтом, включаючи всі шари, (м²·К)/Вт:

$$R_w = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{0,1}{0,036} = 3,42 \text{ (м}^2\text{К)/Вт};$$

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, згідно табл. 5.2 (або табл. Б.2 ДСТУ 9190 [1]), $R_{se}=0,043$ (м²·К)/Вт.

Тоді за формулою (5.7):

$$d_w = w + \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 0,62 + 2(0,115 + 3,42 + 0,043) = 7,78 \text{ м}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом U_{bw} за однією з формул:

- якщо $d_w > d_t$:

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5 d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right), \quad (5.8)$$

- якщо $d_w < d_t$ – у формулі вище d_t замінюється на d_w .

Так як $d_w > d_t$ розраховуємо коефіцієнт теплопередачі стін підвалу наступним чином:

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 2,8} \left(1 + \frac{0,5 \cdot 6,89}{6,89 + 2,8} \right) \ln \left(\frac{2,8}{7,78} + 1 \right) = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Визначимо стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + P \cdot \Psi_g, \quad (5.9)$$

де

$A=515,88 \text{ м}^2$ – площа підлоги;

$P=122,16 \text{ м}$ – периметр підлоги;

Ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла примикання стін, що контактують з ґрунтом та підлогою на ґрунті, $\Psi_g = 1,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [5], див. рис 5.4.

Вузол примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни підвала				
33		<p>Умовні позначки:</p> <p>1 — залізобетон, $\rho = 2\,500 \text{ кг/м}^3$, завтовшки $\delta = 300 \text{ мм}$;</p> <p>2 — теплоізоляційні плити;</p> <p>3 — опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1\,300 \text{ кг/м}^3$;</p> <p>4 — дерев'яне покриття підлоги, $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$;</p> <p>5 — розчин цементно-піщаний, $\rho = 1\,800 \text{ кг/м}^3$;</p> <p>6 — теплоізоляційні плити;</p> <p>7 — залізобетон, $\rho = 2\,500 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,050 ± 0,005	1,05

Рисунок 5.4 — Урахування теплопровідного включення для підлоги з опалювальним підвалом відповідно до ДСТУ 9191 [5] для вузла примикання конструкції підлоги по ґрунту до стіни підвалу

Тоді за формулою (5.9):

$$H_g = 515,88 \cdot 0,16 + 2,8 \cdot 122,16 \cdot 0,19 + 122,16 \cdot 1,05 = 275,8 \text{ Вт/К.}$$

5.3 Підлога над техпідпіллям

Приклад підлоги над техпідпіллям показано на рис. 5.5

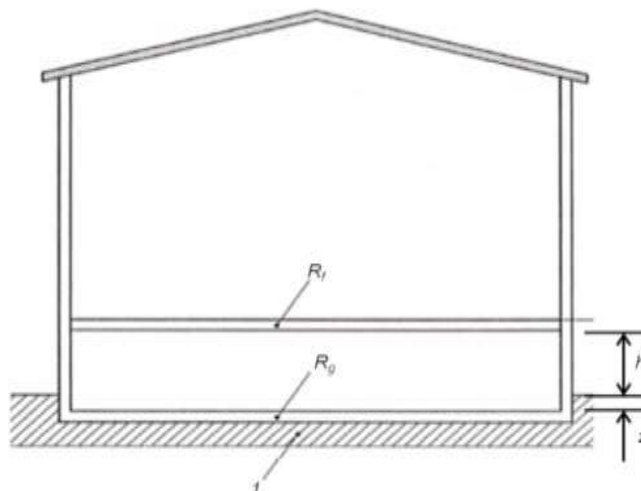


Рисунок 5.5 — Будівля з технічним підпіллям:

1 – ґрунт; R_f – термічний опір перекриття над технічним підпіллям;
 R_g – термічний підлоги на ґрунті; h – висота стін, що контактують із
 зовнішнім повітрям; z – висота стін, що контактують із ґрунтом, $z=0,4$.

$$d_g = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}). \quad (5.10)$$

Так як підлога технічного підпілля має ту саму конструкцію, що і підлога по ґрунту:

$$d_g = d_t = 6,89 \text{ м.}$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі підлоги:

за $z \leq 0,5$

- еквівалентна товщина підлоги техпідпілля:

$$d_g = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se});$$

- коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_g} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_g} + 1 \right), \quad (5.11)$$

за $z \geq 0,5$

$$U_g = U_{bf} + \frac{z \cdot P \cdot U_{bw}}{A}. \quad (5.12)$$

Так як B' , λ мають ті самі значення, що й при розрахунку підлоги по ґрунту, тоді:

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_g} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_g} + 1 \right) = U = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Визначимо еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем U_x за формулою:

$$U_x = 2 \frac{U_w}{B'} + 1450 \frac{\varepsilon \cdot \nu \cdot f_w}{B'}, \quad (5.13)$$

– висота U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, за умовою $0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

ε – відносна площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, що є співвідношенням їхньої загальної площі до периметра будівлі, $\text{м}^2/\text{м}$; приймаємо 0;

ν – середня швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$, визначають згідно із ДСТУ «Будівельна кліматологія» [3] як середню швидкість вытру за переважним напрямком у січні, для Києва $\nu = 2,8 \text{ м}/\text{с}$;

f_w – ступінь вітрозахисту будівлі, що визначають за таблицею 5.3.

$$U_x = 2 \frac{\cdot 2,8}{8,45} + 1450 \frac{0 \cdot 2,8 \cdot 0,05}{8,45} = 0,07 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Таблиця 5.3 – Значення коефіцієнту вітрозахисту будівлі

Місцевість	Приклад	Коефіцієнт вітрозахисту будівлі f_w
Відкрита (А)	Відкрите узбережжя моря, озера, водосховища, поле	0,1
Середньозахищена (В)	Територія, лісовий масив тощо з рівномірно розташованими перешкодами заввишки понад 10 м	0,05
Закрита (С)	Місцевість з розташованими будівлями заввишки понад 25 м	0,02

Визначимо коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям U_f (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля).

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + R_f + \frac{1}{h_{se}}} + P \cdot \Psi_{\text{пер}}; \quad (5.14)$$

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{5,9} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{5,9}} + 122,16 \cdot 0,027 = 3,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

де

R_f – сумарний тепловий опір усіх конструктивних шарів перекриття, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$;

P – периметр підлоги, м ;

$\Psi_{\text{пер}}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла сполучення стін з перекриттям над техпідпіллям, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, за ДСТУ 9191. Приймаємо склад стіни і цоколю однаковий, $\Psi_{\text{пер}} = 0,027$ для товщини ізоляції 100 мм (див. рис. 5.6).

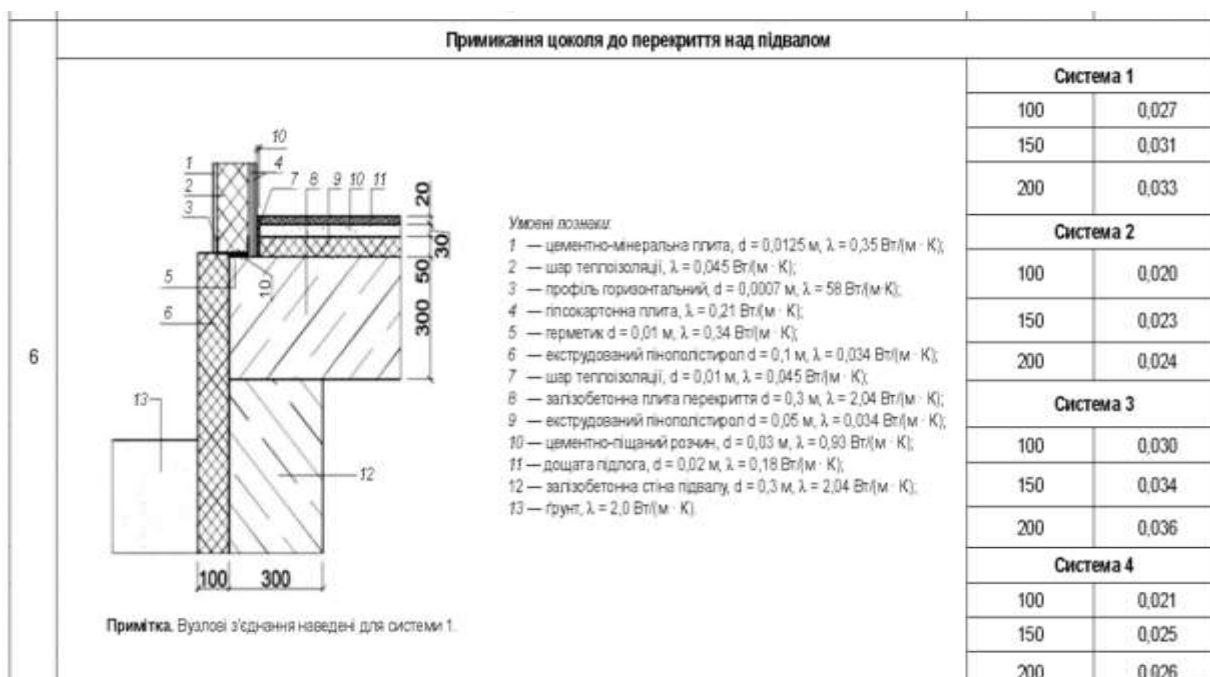


Рисунок 5.6 — Урахування теплопровідного включення для підлоги з техпідпіллям відповідно до ДСТУ 9191 [5] для вузла примикання конструкції стін до перекриття техпідпілля

Коефіцієнт теплопередачі до ґрунту через систему огорожувальних конструкцій технічного підпілля, яке природньо вентилується зовнішнім повітрям:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \Rightarrow \quad (5.15)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}} = \frac{1}{\frac{1}{3,82} + \frac{1}{0,19 + 0,07}} = 0,243 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Визначимо стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту:

$$N_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g = 515,88 \cdot 0,243 + 122,16 \cdot 1,05 = 253,6 \text{ Вт/К}$$

де

$A = 515,88 \text{ м}^2$ – площа підлоги;

$P = 122,16 \text{ м}$ – периметр підлоги;

Ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла примикання стін, що контактують з ґрунтом та підлогою на ґрунті, $\Psi_g = 1,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ [5].

Спрощений метод

Теплопередачу трансмісією згідно з ДСТУ 9190 [1] для випадку, коли у будівлі є *технічне підпілля* можна також визначити за спрощеним

підходом. Для існуючих будівель для цілей сертифікації згідно з нормативними вимогами допускається використовувати значення поправочного коефіцієнта b_u при розрахунку коефіцієнту теплопередачі (див. табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Значення поправочного коефіцієнта b_u ([1], табл. 3)

Тип некондиціонованого об'єму	b_u для опалювального періоду	b_u для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будівель	0,9	0
Холодне горище односімейних будівель	1,0	0
Неопалювана сходова клітка всередині будівлі	0,4	0
Неопалюване приміщення з трьома зовнішніми стінами (наприклад, зовнішні сходи)	0,8	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами та дверима (наприклад, тамбур, хол, гараж)	0,6	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами без дверей	0,5	0
Неопалюване приміщення з однією зовнішньою стіною	0,4	0
Засклена лоджія для нового проєктування	0,5	1,0*
Засклений балкон для нового проєктування	0,6	1,0*
Засклена лоджія наявних будівель — задовільний стан огороження; — незадовільний стан огороження	0,7 0,85	1,0* 1,0*
Засклений балкон наявних будівель — задовільний стан огороження; — незадовільний стан огороження	0,8 0,9	1,0* 1,0*
* За відкритих ступок.		

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі, що враховує теплопередачу трансмісією та вентиляцією, між кондиціонованим об'ємом (1 поверх) та зовнішнім середовищем через некондиціонований об'єм (техпідпілля):

$$N_u = N_{iu} \cdot b_u, \quad (5.16)$$

де

N_{iu} – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об'ємом та некондиціонованим об'ємом (між першим поверхом та техпідпіллям):

$$H_{iu} = A \cdot U_f = 515,88 \cdot 3,82 = 1970 \frac{\text{Вт}}{\text{К}},$$

Тоді

$$H_u = H_{iu} \cdot b_u = 1970 \cdot 0,3 = 591,3 \text{ Вт/К}$$

6 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ В БУДІВЛЮ: ВНУТРІШНІ ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ ТА ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ ВІД СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ

Вихідні дані

Об'єкт розрахунку – житлова будівля у м. Києві. Будівля односекційна, має 5 житлових поверхів, техпідпілля і суміщене покриття. Загальна висота будівлі від підлоги першого поверху до стелі останнього – 14,7 м. Висота типового поверху – 3,0 м. Основний вхід будівлі орієнтовано на захід.

Кондиціонована площа будівлі становить: $A_f=1372,5 \text{ м}^2$;

Площі зовнішніх огорожень наведено у таблиці 5.1.

Примітка: даний приклад розрахунку наведено у ДСТУ 9190 [1]

Таблиця 6.1 – Площі зовнішніх огорожень будівлі

Ч. ч.	Вид огорожувальної конструкції	Площа, м ²
1	Зовнішні стіни, зокрема орієнтовані на:	880,17
	— північ	176,40
	— схід	271,80
	— південь	149,40
	— захід	282,57
2	Суміщене покриття	274,50
3	Перекриття над техпідпіллям	274,50
4	Світлопрозорі конструкції, зокрема, орієнтовані на:	175,50
	— схід	81,00 (21,4')
	— південь	27,00 (10,7')
	— захід	67,50 (10,7')
5	Вхідні двері до будівлі	2,73
6	Загальна площа зовнішніх огорожень	1607,40
* Вікна, затінені балконними плитами.		

6.1 Визначення внутрішніх (побутових) теплонадходжень

Згідно із методикою стандарту ДСТУ 9190 [1] до уваги взяті теплонадходження (внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення), значення яких прийняті згідно з таблицею 6.2 (або таблиця 6 ДСТУ 9190 [1]) і їхня загальна сумарна величина усередненого теплового потоку становить:

$$\Phi_{int} = \Phi_{int, Oc} + \Phi_{int, L} + \Phi_{int, A} = 1,8 + 2 = 2 = 5,8 \text{ Вт/м}^2,$$

де

$\Phi_{int, Oc}$ – щільність теплового потоку, Вт/м², від метаболічної теплоти;

$\Phi_{int, L}$ – щільність теплового потоку, Вт/м², від освітлення;

$\Phi_{int, A}$ – щільність теплового потоку, Вт/м², від обладнання.

Таблиця 6.2 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання (значення за замовчуванням, за табл.6 ДСТУ 9190 [1])

Призначення будівлі	Графік використання N , год/тиждень	Щільність теплового потоку, Вт/м ² , від		
		метаболічної теплоти, $\Phi_{int, Oc}$	освітлення, $\Phi_{int, L}$	обладнання, $\Phi_{int, A}$
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
Будівлі навчальних закладів	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2,7	7,0	6,0
Готелі	168	4,0	8,0	2,0
Ресторани	84	5,0	8,0	4,0
Спортивні заклади	84	5,0	8,0	1,0
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	84	7,0	12,0	2,0
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5,0	8,0	2,0
Інші види будівель	60	3,0	7,0	2,0

Таблиця 6.3 – Кількість святкових днів (період невикористання), $N_{m,нос}$ (за табл. 7 ДСТУ 9190 [1])

Призначення будівлі	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Одноквартирні будинки												
Багатоквартирні будинки, гуртожитки												
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	2		1	1	3	2		1		1		1
Будівлі навчальних закладів	2		1	1	3	2	22	22		1		1
Будівлі дитячих дошкільних закладів	2		1	1	3	2	22	12		1		1
Будівлі закладів охорони здоров'я												
Готелі												
Ресторани												
Спортивні заклади	2											
Будівлі закладів гуртової та роздрібною торгівлі	1											
Інші види будівель	2		1	1	3	2		1		1		1

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

$$Q_{int} = \frac{N}{168} \frac{N_m - N_{m,noc}}{N_m} (\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_{f,k})t + Q_{W,dis,rbl,m}, \quad (6.1)$$

де

N – графік використання, залежно від призначення будівлі, може бути прийнятий згідно з табл.5.1 (або табл.6 ДСТУ 9190 [1]), год/тиждень;

N_m – кількість діб у відповідному місяці;

$N_{m,noc}$ – кількість діб невикористання, залежно від призначення будівлі у відповідному місяці, може бути прийнято згідно із таблицею 5.2 (або табл.7 ДСТУ 9190 [1]);

$\Phi_{int,mn,k}$ – усереднена за часом щільність теплового потоку від k -го внутрішнього джерела залежно від призначення будівлі, що може бути прийнята за табл.5.1 (або табл.6 ДСТУ 9190 [1]), Вт/м²;

$A_{f,k}$ – кондиціонована площа k -ї зони будівлі, м²;

t – тривалість місяця, для якого проводять розраховування, год, визначена за додатком А ДСТУ 9190 [1]);

$Q_{W,dis,rbl,m}$ – утилізаційні регулярні тепловтрати, Вт·год, у підсистемі розподілення ГВП з трубопроводів, що містяться в опалювальних приміщеннях за відповідний місяць, визначають для кожного місяця (відповідно до п.16.2.10.3 ДСТУ 9190 [1]).

Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця наведені в таблиці 6.9.

Наведені значення розраховані за формулою (5.1) з урахуванням графіка використання згідно з табл. 6.3 ($N=112$) та $\frac{N_m - N_{m,noc}}{N_m} = 1$, що прийнята згідно з таблицею 6.2 (або табл. 7 ДСТУ 9190 [1]) через відсутність періодів невикористання для багатоквартирних будівель, тобто $N_{m,noc} = 0$.

Відповідно, загальну сумарну величину усередненого теплового потоку для кожного місяця розраховують як:

$$Q_{int} = \frac{N}{168} \frac{N_m - N_{m,noc}}{N_m} \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_{f,k} \right) t + 0;$$

$$Q_{int} = \frac{112}{168} \cdot 1 \cdot 5,8 \cdot t = 3,87 \cdot t$$

6.2 Визначення сонячних теплонадходжень

6.2.1 Послідовність визначення сонячних теплонадходжень

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та її визначають орієнтацією сприймальних поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймальних поверхонь. Величину, що містить характеристики та площу сприймальних поверхонь (включно із впливом затінення), називають еквівалентною площею інсоляції.

Теплонадходження від сонця до будівлі, що розглядається, для кожного місяця, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (6.2)$$

де

t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за додатком А в ДСТУ 9190 [1];

$\Phi_{sol,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт.

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі, Вт:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \quad (6.3)$$

де

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

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м², визначається окремо для світлопрозорих та непрозорих поверхонь;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена за додатком А ДСТУ 9190 [1];

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:

$$F_r = 1 \text{ – для незатіненого горизонтального даху,}$$

$$F_r = 0,5 \text{ – для незатіненої вертикальної стіни;}$$

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

За відсутності фактичних даних *понижувальний коефіцієнт затінення* $F_{sh,ob,k}$ необхідно розраховувати за формулою):

$$F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}, \quad (6.4)$$

де

F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за табл.12 ДСТУ 9190 [1]);

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за табл.13 ДСТУ 9190 [1]);

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за табл. 14-1 та табл.14-2 ДСТУ 9190 [1]); якщо ребра з обох боків від вікна, то відповідні значення з таблиць перемножуються.

Для користування таблицями 12, 13, 14-1 та 14-2 потрібно попередньо визначити архітектурно-будівельний кліматичний район для міста, де розташована будівля, для цього потрібно скористатися картою з ДСТУ «Будівельна кліматологія» [3], що наведено у додатку 9 даного навчального посібника.

Еквівалентна площа інсоляції застекленого елемента (вікна):

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (6.5)$$

де

$F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, у випадку їх відсутності приймаємо $F_{sh,gl} = 1$;

F_F – частка площі обрамлення ; за відсутності точних даних:

– $F_F=0,3$ – для віконних та дверних блоків,

– $F_F=0,2$ – для світлопрозорих фасадів будівлі;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції застекленого елемента (наприклад, площа вікна), м²;

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

$$g_{gl} = F_w g_n, \quad (6.6)$$

де

F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають $F_w = 0,9$;

g_n – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння, приймають за таблицею 8 ДСТУ 9190 [1].

Еквівалентна площа інсоляції непрозорого елемента будівлі:

$$A_{sol} = a_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (6.7)$$

де

$a_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають за даними таблиці 10 ДСТУ 9190 [1];

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, приймають $R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ згідно ДСТУ 9190 [1];

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини (стіни, дах), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c – площа проекції непрозорої частини (стіни, дах), м^2 .

Додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі $\Phi_{r,k}$ в загальному випадку визначається наступним чином, Вт:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (6.8)$$

де

U_c – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, обирається для кожного елемента будівлі;

A_c – площа проекції елемента, м^2 ;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; який наближено можна визначити як

$$h_r = 5 \cdot \varepsilon,$$

де

$\varepsilon = 0,7$ для стіни;

$\varepsilon = 0,5$ для вікон;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери,

для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11 \text{ К}$ згідно з ДСТУ 9190 [1].

6.2.2 Характеристики сонячних теплонадходжень будівлі

Світлопрозорі конструкції, через які до будівлі надходять сонячні теплонадходження, розташовані на всіх, крім північного, фасадах. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А ДСТУ 9190 [1] і наведена у таблиці 5.8.

Світлопрозорі конструкції, що використовують для застосування будівлі – віконні та балконні блоки на основі ПВХ -профілів із застосуванням двокамерними склопакетами з енергозберігальним покриттям на внутрішньому склі. Для цього типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії за нормального кута падіння згідно з таблицею 6.4 (або табл.8 ДСТУ 9190 [1]) становить:

$$g_n = 0,58.$$

Відповідно, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини, що визначають згідно з формулою (6.6), становить:

$$g_{gl} = F_w g_n = 0,9 \cdot 0,58 = 0,522.$$

Таблиця 6.4 – Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії за нормального кута падіння для поширених типів скління

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низькоемісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективним низькоемісійним покриттям	0,58
Потрійне скління з двома селективними низькоемісійними покриттями	0,50
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,83

Площа *світлопрозорих* конструкцій згідно з проектними даними становить:

- на східному фасаді - $A_{W,Cx} = 81 \text{ м}^2$;
- на південному фасаді - $A_{W,Пд} = 27 \text{ м}^2$;
- на південному фасаді - $A_{W,Зх} = 67,5 \text{ м}^2$;

F_F – частка площі обрамлення за відсутності точних даних:

– $F_F=0,3$ – для віконних та дверних блоків.

Як рухомі засоби затінення передбачено, що використовують таке:

- для періоду опалення передбачено кольорові текстильні завіси з ефективністю пропускання 0,5 зсередини вікон (знижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 5.4 (або таблицею 9 ДСТУ 9190 [1]) дорівнює 0,77).

Знижувальний коефіцієнт затінення для засобів нерухомого затінення становить:

$$g_{gl} = 0,522 \cdot 0,77 = 0,4.$$

- для періоду охолодження передбачено білі завіси зсередини вікон з ефективністю пропускання 0,7 (знижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 6.5 (або таблицею 9 ДСТУ 9190 [1]) дорівнює 0,8). Знижувальний коефіцієнт затінення для засобів нерухомого затінення становить:

$$g_{gl} = 0,522 \cdot 0,8 = 0,42.$$

Таблиця 6.5 – Знижувальні коефіцієнти для деяких типів постійних завіс

Тип завіси	Оптичні властивості завіси		Понижувальний коефіцієнт з	
	поглинання	пропускання	завісами всередині	завісами ззовні
Білі венеціанські жалюзі	0,1	0,05	0,25	0,1
		0,1	0,3	0,15
		0,3	0,45	0,35
Білі завіси	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,8	0,75
		0,9	0,95	0,95
Кольорові текстильні	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Текстильні з алюмінієвим покриттям	0,2	0,05	0,20	0,08

Прийнято, що будівля затінюється тільки від власних елементів (звісів від балконних плит). Кут затінення від звісів становить $\alpha=45^\circ\text{C}$.

Згідно з таблицею 6.6 поправкові коефіцієнти затінення становлять:

Таблиця 6.6 – Поправкові коефіцієнти затінення

Період	опалювальний			охолодження		
	С	Пд	З	С	Пд	З
Орієнтування						
Площа затінених вікон	21,4	10,7	10,7	21,4	10,7	10,7
Частковий поправковий коефіцієнт $F_{кор}$	0,665	0,380	0,650	0,975	0,925	0,575

Еквівалентна площа інсоляції вікон $A_{Sol,w}$ з урахуванням знижувальних коефіцієнтів затінення $F_{sh,gl} = 1$ розрахована згідно з формулою (6.5).

Непрозорі елементи, які піддають інсоляції – це зовнішні стіни чотирьох фасадів та покрівля. Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

- на північному фасаді - $A_{Пн} = 176,4 \text{ м}^2$;
- на східному фасаді - $A_{Сх} = 271,8 \text{ м}^2$;
- на південному фасаді - $A_{Пд} = 149,4 \text{ м}^2$;
- на західному фасаді - $A_{Зх} = 282,57 \text{ м}^2$;
- покриття - $A_{пк} = 274,5 \text{ м}^2$.

Еквівалентна площа непрозорих елементів A_{Sol} розрахована згідно з формулою (6.7). При цьому. Безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною згідно з таблицею 6.7 (або табл.10 ДСТУ 9190 [1]) становить:

$\alpha_{S,нп} = 0,4$ – для кремової штукатурки;

$\alpha_{S,нп} = 0,9$ – для руберойду;

Коефіцієнти теплового випромінювання зовнішньою поверхнею відповідно до табл. 6.7 (або табл.10 ДСТУ 9190 [1]) становлять:

$\epsilon = 0,93$ – для стін;

$\epsilon = 0,9$ – для покриття.

Таблиця 6.7 – Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції

Матеріал зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, $\alpha_{s, \varepsilon}$	Коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ε
Алюміній	0,1	0,06
Азбестоцементний лист	0,65	0,96
Асфальтобетон	0,9	0,93
Бетон	0,7	0,62
Дерево нефарбоване	0,6	0,8
Захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію	0,65	0,95
Цегла керамічна	0,7	0,93
Цегла силікатна	0,6	0,9
Облицювання природним каменем білим	0,45	0,42
Пофарбування силікатне темно-сіре	0,7	0,81
Пофарбування вапняне біле	0,3	0,90
Плитка облицювальна керамічна	0,8	0,93
Плитка облицювальна скляна	0,6	0,94
Плитка облицювальна біла або палева	0,45	0,93
Руберойд з піщаною засипкою	0,9	0,9
Сніговий покрив	0,2	0,89
Сталь листовая, пофарбована білою фарбою	0,45	0,9
Сталь листовая, пофарбована темно-червоною фарбою	0,8	0,9

Теплове випромінювання в атмосферу від непрозорих елементів розраховують з урахуванням коефіцієнта форми між елементом будівлі та небосхилом. Результати розрахувань першої та другої складових формули (6.3), помножені на t і поділені на 1000 для переведення у кВт·год, наведено у табл. 6.8.

Теплонадходження від сонця до будівлі, розраховані згідно з формулою (6.2), наведені в таблиці 6.9.

Таблиця 6.8 – Елементи сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр				
	$F_{sol} \cdot A_{sol} / t, \text{ кВт} \cdot \text{год}$			$\Phi_r \cdot F_r \cdot t, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	
	вікна	стіни	покриття	стіни	покриття
Січень	772,2	68,1	36,1	431,9	62,1
Лютий	1 150,4	101,7	60,2	390,1	56,1
Березень	1 971,0	171,3	114,0	431,9	62,1
Квітень	2 340,4	198,9	162,8	417,9	60,1
Травень	3 191,9	272,0	238,2	431,9	62,1
Червень	3 249,3	280,3	249,1	417,9	60,1
Липень	3 306,6	282,9	248,4	431,9	62,1
Серпень	2 914,3	243,4	208,9	431,9	62,1
Вересень	2 184,1	183,0	142,0	417,9	60,1
Жовтень	1 307,7	112,4	80,2	431,9	62,1
Листопад	589,9	52,3	33,9	417,9	60,1
Грудень	524,9	46,5	24,8	431,9	62,1

Таблиця 6.9 – Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр								
	θ_e , °C	t , год	I_{sol-PH} Вт/м ²	I_{sol-CX} Вт/м ²	I_{sol-PD} Вт/м ²	I_{sol-ZX} Вт/м ²	$I_{sol-rop}$ Вт/м ²	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год
Січень	-4,7	744	13	21	50	22	32	598,4	3948,4
Лютий	-3,6	672	24	36	70	38	59	1061,1	3566,3
Березень	1,0	744	35	58	90	61	101	1978,3	3948,4
Квітень	9,0	720	39	77	92	73	149	2433,1	3821,0
Травень	15,2	744	56	104	101	99	211	3424,1	3948,4
Червень	18,3	720	67	111	96	105	228	3509,7	3821,0
Липень	19,8	744	61	108	98	104	220	3559,9	3948,4
Серпень	19,0	744	40	93	106	89	185	3088,5	3948,4
Вересень	13,9	720	29	70	102	66	130	2240,1	3821,0
Жовтень	8,1	744	19	38	75	37	71	1222,3	3948,4
Листопад	1,9	720	11	17	39	17	31	407,0	3821,0
Грудень	-2,5	744	9	14	35	15	22	318,2	3948,4

7 РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ОПАЛЕННЯ У ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖАХ: ПІДСИСЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ, РОЗПОДІЛЕННЯ І ТЕПЛОВІДДАЧІ

Вихідні дані

Об'єкт розрахунку – житловий 26-поверховий будинок, 2015 року побудови, у м. Києві. Система теплопостачання централізована.

Схема підключення системи опалення до теплових мереж незалежна (через пластинчасті теплообмінники з керуючими вузлами та насосною циркуляцією).

Опалювальна площа 15577,4 м².

Підсистема розподілення двотрубна з вертикальним нижнім розведенням, в квартирах – двотрубна з горизонтальним розведенням. Балансувальні клапани на горизонтальних вітках системи відсутні.

Довжина трубопроводів, розміщених у техпідпіллі (між ІТП та стояками) 280 м.

Довжина вертикальних трубопроводів 684 м.

Довжина з'єднувальних трубопроводів 820 м. Всі трубопроводи ізольовані.

Підсистема тепловіддачі складається з 695 сталевих панельних радіаторів. Опалювальні прилади встановлені біля зовнішніх стін під вікнами без радіаційного захисту.

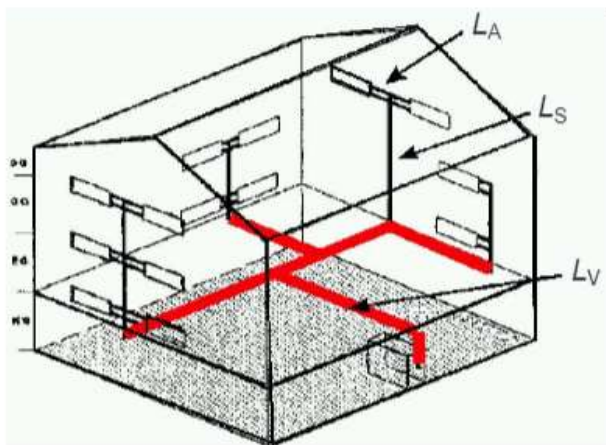
Температурний напір 70/55.

Регулювання температури повітря в кожній квартирі в опалювальний сезон здійснюють самі власники квартир. Тепловий режим постійний.

Визначити:

- тепловтрати підсистеми тепловіддачі;
- тепловтрати підсистеми розподілення;
- тепловтрати підсистеми генерування та енергоспоживання.

Типи трубопроводів в будівлях, що враховуються під час сертифікації, показано на рис. 7.1.



Умовні позначки:

L_V — довжина трубопроводу між теплогенератором та стояками. Цей (горизонтальний) трубопровід може бути розташований в неопалюваному об'ємі (підвал, горище), або в опалюваному об'ємі;

L_S — довжина вертикальних трубопроводів (стояки). Ці трубопроводи можуть бути прокладені в будь-яких опалюваних об'ємах, у зовнішніх стінах або всередині будівлі. У них завжди циркулює теплоносія;

L_A — з'єднувальні трубопроводи (вузли обв'язки). У цих трубопроводах витрата теплоносія є регульованою тепловіддавальною складовою системи в опалюваних об'ємах.

Рисунок 7.1 — Типи трубопроводів теплорозподільної складової системи

Вирішення

В ході розрахунків за методикою стандарту ДСТУ 9190 [1] було визначено енергопотребу на опалення будинку по місяцям. Результати зведені в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 — Енергопотреба на опалення

Місяць	$t_{op,an}$, ГОД	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год	$q_{H,nd}$, кВт·год/м ²
I	744	0,999	199353,02	12,80
II	672	0,997	159751,36	10,26
III	744	0,987	114803,38	7,37
IV	240	0,894	10288,30	0,66
X	360	0,958	25832,97	1,66
XI	720	0,997	128862,53	8,27
XII	744	0,999	182111,41	11,69

7.1 Визначення тепловтрат у підсистемі тепловіддачі

Визначимо загальну ефективність тепловіддавальної складової системи опалення приміщення η_{em} за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{\left[4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})\right]}, \quad (7.1)$$

де

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення, визначається в залежності від типу підсистеми тепловіддачі; для радіаторів, розміщених у приміщеннях висотою не більше ніж 4 м використовується таблиця 17 ДСТУ 9190 [1], $\eta_{ctr} = 0,88$;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (застосовується для вбудованих систем), тому $\eta_{emb} = 1$;

η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення, визначається за таблицею А17 ДСТУ 9190 [1], в залежності від температурного напору та місця розташування радіаторів:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2} = \frac{0,93 + 0,83}{2} = 0,88.$$

Підставимо значення у формулу (7.1):

$$\eta_{em} = \frac{1}{\left[4 - (0,88 + 1 + 0,88)\right]} = 0,81.$$

Розрахунок загальних тепловтрат підсистеми тепловіддачі виконується помісячно, згідно з ДСТУ Б EN 15316-2-1, за формулою:

$$Q_{H,em,ls} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out}, \quad (7.2)$$

де

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, визначається за таблицею 18 ДСТУ 9190 [1], $f_{hydr} = 1,03$;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення. Згідно з п.15.4.2.1 ДСТУ 9190 [1] $f_{im} = 1$ - для постійного теплового режиму; $f_{im} = 0,98$ - для періодичного теплового режиму з регулюванням без інтегрованого зворотного зв'язку; $f_{im} = 0,97$ –

для періодичного теплового режиму з регулюванням, що має інтегрований зворотний зв'язок;

f_{rad} – коефіцієнт, що включає променеву складову теплового потоку, згідно з п.15.4.2.1 ДСТУ 9190 [1] визначається тільки для променевих систем опалення, так як у будівлі конвективна система $f_{rad}=1$;

$Q_{H,em,out}$ – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі за конкретний місяць, Вт·год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць, $Q_{H,em,out,i} = Q_{H,nd,i}$ (див. табл. 7.1).

Покажемо розрахунок тепловтрат підсистеми тепловіддачі для січня та лютого:

$$Q_{H,em,ls}^I = \left(\frac{1,03 \cdot 1 \cdot 1}{0,81} - 1 \right) \cdot 199353,02 = 54145,26 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{H,em,ls}^{II} = \left(\frac{1,03 \cdot 1 \cdot 1}{0,81} - 1 \right) \cdot 159751,36 = 43389,26 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунків для кожного місяця зведені в таблицю 7.2.

Для цілей сертифікації енергоефективності додатковою енергією нехтують, а утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж i -го місяця приймають рівними 0. Таким чином енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі:

$$Q_{H,em,in} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,ls} \quad (7.3)$$

Розрахуємо енергію входу для місяців січня та лютого:

$$Q_{H,em,in}^I = 199353,02 + 54145,26 = 253\,498,28 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{H,em,in}^{II} = 159751,36 + 43389,26 = 203\,140,62 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунку для кожного місяця зведені в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Результати розрахунків підсистеми тепловіддачі

Місяць	$Q_{H,em,out}$, кВт·год	$Q_{H,em,ls}$, кВт·год	$Q_{H,em,in}$, кВт·год
I	199353,02	54145,26	253498,28
II	159751,36	43389,26	203140,62
III	114803,38	2996,48	20732,69
IV	10288,30	180,00	1245,42
X	25832,97	689,23	4768,79
XI	128862,53	2992,31	20703,81
XII	182111,41	4271,71	29556,00

7.2 Визначення тепловтрат у підсистемі розподілення

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж i -го місяця, Вт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}, \quad (7.4)$$

де

$\Psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го трубопроводу, Вт/(м·К), для цілей сертифікації визначається згідно з даними таблиці 24 ДСТУ 9190 [1]:

- для трубопроводів, розміщених у техпідпіллі $\Psi_{L,v} = 0,2$ Вт/(м·К),
- для вертикальних трубопроводів $\Psi_{L,s} = 0,3$ Вт/(м·К),
- для з'єднувальних трубопроводів $\Psi_{L,a} = 0,4$ Вт/(м·К);

L_j – довжина трубопроводів, за вхідними даними: $L_v=280$ м; $L_s=684$ м, $L_a=820$ м;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами;

$t_{op,an,i}$ – години опалення упродовж i -го місяця, визначаються виходячи з кількості діб та дня початку і закінчення опалювального періоду згідно з ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 [3] (для м. Київ 176 діб, 17.X–11.IV), зведені у таблицю 7.4.

θ_i – температура оточуючого середовища:

- для опалювальних приміщень $\theta_i=20^\circ\text{C}$,
- для техпідпілля $\theta_i = 13^\circ\text{C}$;

θ_m – середня температура теплоносія в зоні, визначається за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами за середньомісячної температури зовнішнього середовища відповідного місяця (таблиця 7.3);

Так як температурний графік 70/55, $\theta_m=62,5^\circ\text{C}$ за розрахункової температури для опалення -22°C (для м. Київ за ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [3]). За цими даними будується графік середніх температур теплоносія (рис. 7.2).

Таблиця 7.3 – Середньомісячна температура зовнішнього повітря у м.Києві (з ДСТУ “Будівельна кліматологія” [3])

Область, місто	Середньомісячна температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5

За графіком (рис. 7.1) визначається середня температура теплоносія для кожного місяця. Результати заносяться до таблиці 7.4.

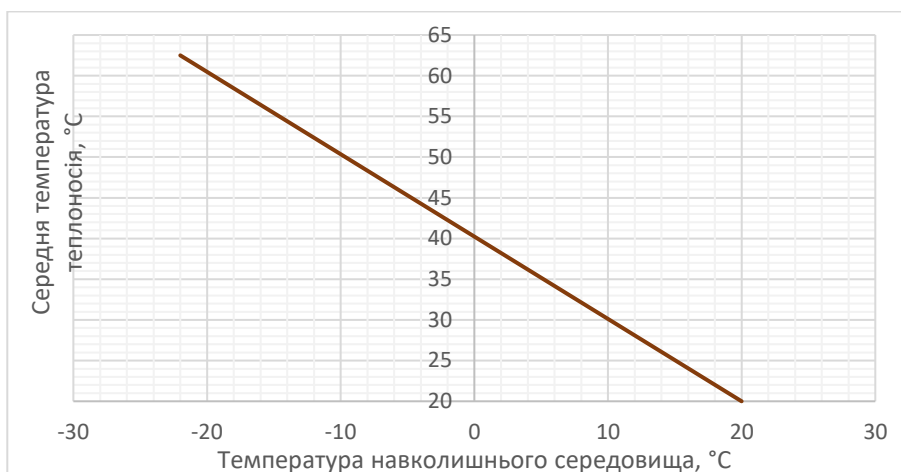


Рисунок 7.2 – Графік середніх температур теплоносія

Визначимо які тепловтрати є утилізованими, а які неутілізованими.

Згідно з ДСТУ 9190 [1] **неутілізаційні тепловтрати** системи складаються із втрат підсистеми розподілення (або їхніх частин), розташованих в неопалюваних об'ємах, які неможливо утилізувати. Тепловтрати трубопроводів, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах, вважають неутілізаційними. У розглянутому будинку це трубопроводи розміщені у техпідпіллі. Розрахуємо неутілізаційні тепловтрати за формулою (7.4) для січня та лютого:

$$Q_{H,dis,ls,nrbl}^I = 0,2 * (44,9 - 13) * 280 * 744 * 10^{-3} = 1329,08 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,dis,ls,nrbl}^{II} = 0,2 * (43,88 - 13) * 280 * 672 * 10^{-3} = 1162,08 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Утилізованими вважаються тепловтрати трубопроводів в усіх опалюваних об'ємах. У розглянутому будинку це трубопроводи вертикальних стояків та з'єднувальні трубопроводи. Розрахуємо утилізаційні тепловтрати за формулою (7.4) для січня та лютого:

$$Q_{H,dis,ls,rbl}^I = 0,3 * (44,99 - 20) * 684 * 744 * 10^{-3} + \\ + 0,4 * (44,99 - 20) * 820 * 744 * 10^{-3} = 9913,55 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,dis,ls,rbl}^{II} = 0,3 * (43,88 - 20) * 684 * 672 * 10^{-3} + \\ + 0,4 * (43,88 - 20) * 820 * 672 * 10^{-3} = 8556,45 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Утилізовані тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,rbl,i} = Q_{H,dis,ls,rbl,i} * 0,9 * \eta_{H,gn,i}, \quad (7.5)$$

де

$\eta_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж i -го місяця, визначений при розрахунку енергопотреби та наданий у вхідних даних.

Визначимо утилізовані тепловтрати за формулою (7.5) для січня та лютого:

$$Q_{H,dis,ls,rvd}^I = 9913,55 * 0,9 * 0,999 = 8913,27 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,dis,ls,rvd}^{II} = 8556,45 * 0,9 * 0,997 = 7677,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Неутилізовані тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i} + (Q_{H,dis,ls,rbl,i} - Q_{H,dis,ls,rvd,i}). \quad (7.6)$$

Визначимо неутилізовані тепловтрати за формулою (7.6) для січня та лютого:

$$Q_{H,dis,ls,nrvd}^I = 1329,08 + (9913,55 - 8913,27) = 2329,36 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,dis,ls,nrvd}^{II} = 1162,08 + (8556,45 - 7677,7) = 2040,83 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Результати розрахунку тепловтрат підсистеми розподілення по місяцям заносяться до таблиці 7.4.

Енергія входу, яка необхідна для підсистеми розподілення:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i}, \quad (7.7)$$

де

$Q_{H,dis,out}$ – енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж i -го місяця дорівнює енергії входу до підсистеми тепловіддачі $Q_{H,em,in}$.

Розрахуємо енергію входу підсистеми розподілення для січня та лютого:

$$Q_{H,dis,in}^I = 253498,28 + 2329,36 = 255827,64 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

$$Q_{H,dis,in}^{II} = 203140,62 + 2040,83 = 205181,45 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Результати розрахунку для кожного місяця зведені в таблицю 7.4.

Таблиця 7.4 – Результати розрахунків підсистеми розподілення

Мі- сяць	$t_{op,an}$, год	θ_m , °C	$Q_{H,dis,ls,nrbl}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rvd}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrvd}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in}$, кВт·год
I	744	44,9	1329	9913,6	8913,3	2329,4	255827,6
II	672	43,9	1162	8556,45	7677,7	2040,83	205181,4
III	744	39,2	1093	7627,05	11110,6	2489,8	149651,5
IV	240	31,1	244	1424,41	2412,8	829,6	14055,3
X	360	32	384	2311,42	4029,1	1027,8	34178,4
XI	720	38,3	1021	7031,38	10547,4	2227,9	167306,8
XII	744	42,8	1240	9032,03	12508,9	2644,0	235873,6

7.3 Визначення тепловтрат у підсистемі генерування та енергоспоживання на потреби опалення

Загальна енергія виходу з підсистеми генерування та акумулювання теплоти дорівнює енергії входу в підсистему розподілення:
 $Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,in}$.

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж i -го місяця, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}, \quad (7.8)$$

де

$\eta_{H,gen}$ – ефективність підсистеми генерування та акумулювання теплоти приймається згідно з даними таблиці Д.8 в додатку 8, для централізованого теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП за погодними умовами $\eta_{H,gen} = 0,96$;

Визначимо тепловтрати підсистеми генерування за формулою (7.8) для січня та лютого:

$$Q_{H,gn,ls}^I = 255827,64 * (1 - 0,96) / 0,96 = 10659,49 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,gn,ls}^{II} = 205181,45 * (1 - 0,96) / 0,96 = 8549,23 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Споживання теплової енергії при опаленні визначається за формулою:

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}. \quad (7.9)$$

Визначимо енергоспоживання на потреби опалення для січня та лютого:

$$Q_{H,use}^I = 255827,64 + 10659,49 = 266487,13 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_{H,use}^{II} = 205181,45 + 8549,23 = 213730,68 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Питоме енергоспоживання визначається наступним чином, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$:

$$q_{H,use,i} = Q_{H,use,i} / A_f, \quad (7.10)$$

де

A_f – опалювальна площа будівлі, за вхідними даними $A_f = 15577,4 \text{ м}^2$.

Розрахуємо питоме енергоспоживання для січня та лютого:

$$q_{H,use}^I = 266487,13 / 15577,4 = 17,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$q_{H,use}^{II} = 213730,68 / 15577,4 = 13,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Результати розрахунків для всіх місяців зведені у таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 – Результати розрахунків підсистеми генерування та енергоспоживання будинку

Місяць	$Q_{H,gen,out}$, кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{H,use}$, кВт·год	$q_{H,use}$, кВт·год/м ²
I	255827,64	10659,49	266487,13	17,2
II	205181,45	8549,23	213730,68	13,8
III	149106,4	6212,8	155319,1	10,0
IV	13747,7	572,8	14320,5	0,9
X	33853,0	1410,5	35263,5	2,3
XI	166821,7	6950,9	173772,7	11,2
XII	235381,1	9807,5	245188,6	15,7
Σ			1 107 536,2	71,1

8 ВИВЧЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА СКЛОПАКЕТІВ ЗА ТЕПЛОТЕХНІЧНИМИ ТА АКУСТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Мета заняття: ознайомитися із методами випробування будівельних та теплоізоляційних матеріалів, що використовуються в будівельному секторі, визначення теплотехнічних та акустичних характеристик матеріалів, панелей та склопакетів.

Заняття проводиться науково-технічному центрі з питань енергоефективності та енергозбереження у сфері будівництва ДП Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (ДП НДІБК, м.Київ).

Основні завдання:

ознайомитися із основними напрямками діяльності центру та його участю у розвитку нормативно-правової бази в сфері енергоефективного будівництва;

- ознайомлення з основними лабораторними стендами лабораторії 1 та порядком виконання досліджень характеристик будівельних матеріалів (теплотехнічних);
- ознайомлення з основними лабораторними стендами лабораторії 2 та порядком виконання досліджень характеристик будівельних матеріалів (акустичних);
- оформити звіт.

Подібні заняття покращують зацікавленість студентів, сприйняття матеріалу та рівень майбутніх фахівців.

В лабораторії проводяться наступні випробування будівельних конструкцій та теплоізоляційних матеріалів:

- стійкість до кліматичних впливів і впливів агресивних середовищ;
- дослідження коефіцієнтів пропускання світла;
- опір теплопередачі, термостійкість, морозостійкість;
- повітро-, паро-, водопроникність;
- опір вітровому і статичному навантаженню;
- термін ефективної експлуатації матеріалів;
- звукопоглинальні характеристики та ін.

Студенти можуть ознайомитися з методами та приладами контролю теплофізичних характеристик будівельних матеріалів і виробів в процесі їх виготовлення і експлуатації.

В центрі також можна проводити прогнозування ефективної експлуатації будівельних матеріалів з врахуванням дії зовнішнього

середовища. Такі дослідження відбуваються у спеціальній камері, де зовнішній шар стандартного елемента конструкції (стіна з балконним блоком) піддається різним впливам протягом 60-ти циклів:

- опромінення як імітація впливу сонячної інсоляції,
- зволоження як імітація дощу,
- обробка лужним і кислотним розчином, замороження до -30°C та нагрівання до $+60^{\circ}\text{C}$ як вплив зовнішнього середовища.

У лабораторії акустики створено ряд камер для дослідження акустичних властивостей конструкцій і оцінки впливу зовнішніх і внутрішніх джерел шуму. Студенти можуть ознайомитися із засобами звукоізоляції, звукопоглинання, екранування, віброізоляції, а також відвідати безехову камера, де практично немає звуковідбиття.

В рамках співпраці НН ІЕЕ та ДП «НДІБК» можливості лабораторій будівельної теплотехніки та акустики можуть використовуватися під час виконання наукових дослідів і експериментів для магістерських робіт, що підвищує рівень дослідницьких робіт університету.



а



б

Рисунок 7.1 – Дослідження властивостей будівельних матеріалів
а) камера для випробувань матеріалів на термін ефективної експлуатації

б) установка для випробувань огорожувальних конструкцій на повітро- та водонепроникність, вітрові та статичні навантаження

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання [Чинний від 2023–03–01]. К. ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 156 с.
2. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008. ITD)
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К.: НДІБК, 2011. – 127 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К: НДІБК, 2022. – 27 с.
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023–03–01]. К. ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 63 с.
6. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації будинків. К: НДІБК, 2014. – 70 с.
7. ДСТУ EN ISO 10077-1:2022 Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови. [Чинний від 2022–07–15]. К. ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 52 с.
8. Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 81 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53129>
9. Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифікату», [наказ №172 від 11.07.2018 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України]. К., 2018. – 23 с.
10. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018, № 55. – с. 301.
11. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020. №261.

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>

12. Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної сертифікації будівель: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020. №260.

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>

13. Про внесення змін до порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 01.12.2021. №309.

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1654-21#Text>

14. Приклади розрахунку до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Посібник для проєктування. К.: ДП НДІБК, 2014. – 78 с.

15. Типові рішення по термоможернізації житлових будинків. Альбом технічних рішень. Том.1 Пояснювальна записка до архітектурно-будівельних рішень. К.: Фонд енергоефективності, 2020. Режим доступу: <https://eefund.org.ua/tekhichni-materiali>

ДОДАТОК 1

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ

Завдання 2.1 та 2.2 – Геометричні характеристики

Будинок 3 поверхи. План типового поверху будівлі наведено на рис.Д.1. Будівля має три опалювальні сходові клітини. Будівля має неопалювальне горище.

Розміри прийняти за таблицями Д1.1.1 та Д.1.1.2.

Укоси біля світлопрозорих конструкцій мають розміри:

- парні варіанти – 150мм,
- непарні – 200 мм.

Товщина перекриття між поверхами:

- парні варіанти – $\delta_{\text{пер}}=0,24$ м;
- непарні – $\delta_{\text{пер}}=0,22$ м;

Визначити:

- опалювальну площу, м^2 ;
- опалювальний об'єм, м^3 ;
- площу фасадів;
- площу світлопрозорих конструкцій, м^2 ;
- площу непрозорих конструкцій – стін та вхідних дверей, м^2 ;
- площу горизонтальних огорожень – підлога та перекриття.

Визначити також необхідну площу зовнішніх стін та окремо площу зовнішніх укосів, які підлягають утепленню. Прийняти при цьому, що товщина світлопрозорого огороження 0,7 м.

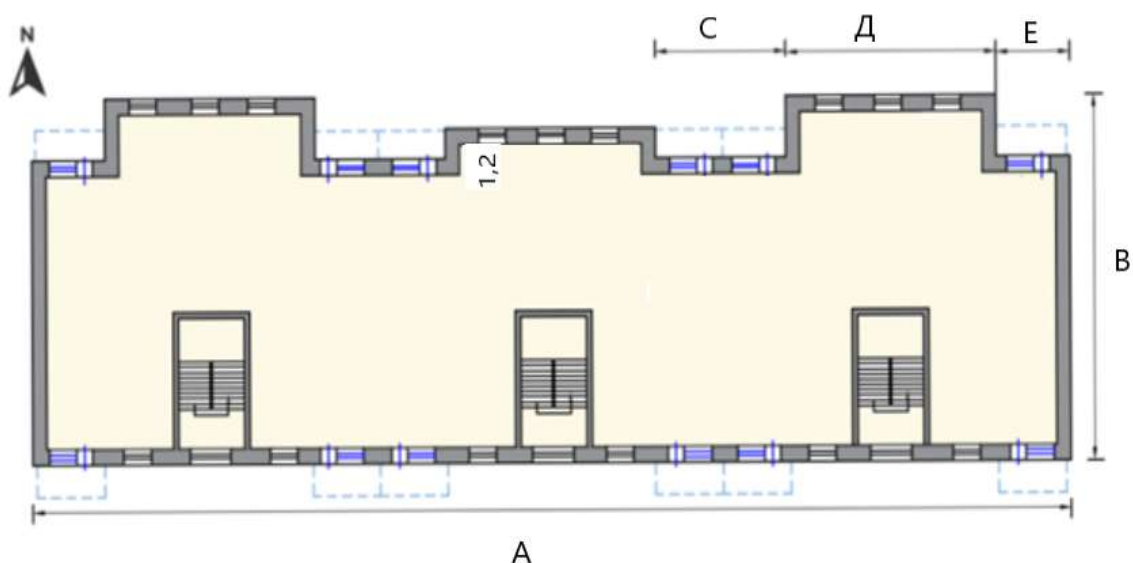


Рисунок Д.1 – План будинку

Таблиця Д.1.1 – Геометричні розміри будівлі

Найм.	Розміри, м						
Вар	А	В	С	Д	Е	К	$\delta_{з.ст.}$, м
1	35	18	6	9	3	2,5	0,62
2	36	17,5	6,5	10,5	2,5	2,4	0,6
3	37	17	7	11	3,2	2,3	0,58
4	38	18	7,5	12	2,6	2,2	0,56
5	38,5	25	8	13	2,8	2,1	0,54
6	39	24	8,5	14	3	2	0,52
7	39,5	23	9	15	2,5	2,6	0,5
8	40	22	10	14	3,2	2,7	0,62
9	40,5	21	6	12,5	2,6	2,8	0,6
10	41	20	6,5	13,5	2,8	3	0,58
11	41,5	19	7	14,5	3	2,1	0,56
12	42	25	7,5	16	2,5	2,2	0,54
13	42,5	24	8	17	3,2	2,3	0,52
14	43	23	8,5	18	2,6	2,5	0,5
15	43,5	22	9	9	2,8	2,4	0,62
16	44	21	10	10,5	3	2,3	0,6
17	44,5	20	6	11	2,5	2,2	0,58
18	45	19	6,5	12	3,2	2,1	0,56
19	45,5	24	7	13	2,6	2	0,54
20	46	25	7,5	14	2,8	2,6	0,52

Таблиця Д.1.2 – Поверховість будівлі та розміри світлопрозорих огорожень

Вар	Кількість поверхів	Висота поверху	Розміри огорожень, ШxН		
			Вікно	Вікно МЗК	Балк. двері
1	3	2,5	0,9x1	0,7x0,8	0,9x2
2	4	2,6	1x1	0,7x0,9	1x1,9
3	5	2,7	1,1x0,9	0,7x1	0,8x2
4	6	2,8	1,2x1,0	0,7x1,1	1x2,1
5	7	2,9	0,9x1,2	0,7x1,2	0,8x2,1
6	8	3	1,1x1,2	0,7x1,3	0,9x2,1
7	9	3,1	1,2x1,2	0,7x1,4	1x2
8	10	3,2	1,1x1,3	0,8x0,8	0,9x2
9	3	3,3	1,2x1,3	0,8x0,9	1x1,9
10	4	2,5	1,1x1,4	0,8x1	0,8x2
11	5	2,6	1x1,1	0,8x1,1	1x2,1
12	6	2,7	1x1,2	0,8x1,2	0,8x2,1
13	7	2,8	1x1,3	0,8x1,3	0,9x2,1
14	8	2,9	1x1,4	0,8x1,4	1x2
15	9	3	1x1,5	0,9x1	0,9x2
16	10	3,1	1,1x0,9	0,9x1,3	1x1,9
17	3	3,2	1,2x1,0	0,9x1,4	0,8x2
18	4	3,3	0,9x1,2	0,9x1,3	1x2,1
19	5	2,7	1,1x1,2	0,9x1,4	0,8x2,1
20	6	2,8	1,2x1,2	1x1,6	0,9x2,1

Завдання 3.2 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вар.	Місто	Розмір панелі, м	Товщина панелі, мм	Розміри вікна, м	Тип ізоляції
1	Харків	2,7х3,7	420	1х1,1	Тип 1 густина 10 кг/м ³
2	Хмельницький	3х3,2	400	1,1х1,2	Тип 2 густина 30 кг/м ³
3	Черкаси	3,2х3,5	360	1,2х1,2	Тип 1 густина 15 кг/м ³
4	Чернівці	3,3х3,4	450	1,3х1,3	Тип 2 густина 40 кг/м ³
5	Дніпро	3,5х3,5	370	1,4х1,4	Тип 1 густина 20 кг/м ³
6	Київ	3,4х3,2	410	1,5х1,5	Тип 2 густина 50 кг/м ³
7	Ужгород	3,3х3,6	400	1,6х1,6	Тип 1 густина 35 кг/м ³
8	Луцьк	3,5х3,7	380	1,7х1,7	Тип 2 густина 75 кг/м ³
9	Рівне	3,1х3,1	360	1,8х1,5	Тип 1 густина 10 кг/м ³
10	Львів	3х3,3	420	1,5х1,4	Тип 2 густина 30 кг/м ³
11	Запоріжжя	3,1х3,5	390	1,6х1,2	Тип 1 густина 15 кг/м ³
12	Мукачево	3,2х3,6	430	1,2х1,3	Тип 2 густина 40 кг/м ³
13	Черкаси	3,3х3,7	470	1,2х1,4	Тип 1 густина 20 кг/м ³
14	Миколаїв	3,4х3,8	480	1,2х1,5	Тип 2 густина 50 кг/м ³
15	Вінниця	3,3х3,5	450	1,3х1,4	Тип 1 густина 35 кг/м ³
16	Одеса	3,2х3,8	500	1,3х1,5	Тип 2 густина 75 кг/м ³
17	Донецьк	3,1х3,7	480	1,3х1,6	Тип 1 густина 20 кг/м ³
18	Житомир	3,0х3,5	510	1,4х1,5	Тип 2 густина 50 кг/м ³
19	Бровари	3,1х3,8	490	1,1х1,3	Тип 1 густина 35 кг/м ³
20	Херсон	3,1х3,9	520	1,1х1,6	Тип 2 густина 75 кг/м ³

Примітки:

- 1) товщину ізоляції прийняти 18 см;
- 2) інші вихідні дані приймати за прикладом;
- 3) типи ізоляції:
 - Тип 1: вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна;
 - Тип 2: вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна.

Завдання 3.3 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вар.	Тип матеріалу стіни – кладка цегляна з повнотілої цегли	Тип ізоляції
1	Керамічна звичайна на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 15 кг/м ³
2	Керамічна звичайна на цементно-шлаковому розчині	Тип 2 густина 30 кг/м ³
3	Керамічна звичайна на цементно-перлітовому розчині	Тип 1 густина 25 кг/м ³
4	Силікатної на цементно-піщаному розчині	Тип 3 густина 30 кг/м ³
5	Шлакової на цементно-піщаному розчині	Тип 4 густина 30 кг/м ³
6	Керамічна звичайна на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 35 кг/м ³
7	Керамічна звичайна на цементно-шлаковому розчині	Тип 2 густина 35 кг/м ³
8	Керамічна звичайна на цементно-перлітовому розчині	Тип 3 густина 50 кг/м ³
9	Силікатної на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 50 кг/м ³
10	Шлакової на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 15 кг/м ³
11	Керамічна звичайна на цементно-піщаному розчині	Тип 2 густина 30 кг/м ³
12	Керамічна звичайна на цементно-шлаковому розчині	Тип 1 густина 25 кг/м ³
13	Керамічна звичайна на цементно-перлітовому розчині	Тип 3 густина 30 кг/м ³
14	Силікатної на цементно-піщаному розчині	Тип 4 густина 30 кг/м ³
15	Шлакової на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 35 кг/м ³
16	Керамічна звичайна на цементно-піщаному розчині	Тип 2 густина 35 кг/м ³
17	Керамічна звичайна на цементно-шлаковому розчині	Тип 3 густина 50 кг/м ³
18	Керамічна звичайна на цементно-перлітовому розчині	Тип 1 густина 50 кг/м ³
19	Силікатної на цементно-піщаному розчині	Тип 1 густина 15 кг/м ³
20	Шлакової на цементно-піщаному розчині	Тип 2 густина 30 кг/м ³

Примітки:

- 1) Вихідні дані прийняти за умовами завдання 3.2: місто, розмір панелі та її товщина, розміри вікна. Інші вихідні дані приймати за прикладом;
- 2) товщину ізоляції з ППС прийняти 12 см;
- 3) типи ізоляції ППС:
 - Тип 1 виробу зі спіненого полістиролу;
 - Тип 2: виробу з екструдованого полістиролу;
 - Тип 3: виробу зі спіненого пінополіетилену;
 - Тип 4: виробу зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену.
- 4) Тип ізоляції протипожежного поясу – див умову для завдання 3.2.

Завдання 3.4 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вар.	Легкий теплоізоляційний шар панелі	Тип ізоляції
1	Газо- та пінозолобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
2	Газо- та пінозолобетон густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
3	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 40 кг/м ³
4	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 20 кг/м ³
5	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
6	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 800 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
7	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 600 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
8	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1600 кг/м ³	Тип 1 густина 10 кг/м ³
9	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
10	Керамзитшлакобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
11	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	Тип 2 густина 40 кг/м ³
12	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	Тип 1 густина 20 кг/м ³
13	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1600 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
14	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 800 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
15	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
16	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 800 кг/м ³	Тип 1 густина 20 кг/м ³
17	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
18	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
19	Бетон на зольному гравії густиною 1200 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
20	Бетон на зольному гравії густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³

Примітки:

- 1) Вихідні дані прийняти за умовами завдання 3.2: місто, розмір панелі, розміри вікна. Інші вихідні дані приймати за прикладом.
- 2) Несучий шар панелі: парні варіанти – керамічна звичайна на цементно-піщаному розчині; непарні варіанти – керамічна звичайна на цементно-шлаковому розчині; товщина – 0,25 м.
- 3) Типи ізоляції:
 - Тип 1: вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна;
 - Тип 2: вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна.
- 4) Товщина шару ізоляції - 20 см.

Завдання 3.5 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вар.	Тип бетону (стяжка) по залізобетонній плиті	Тип ізоляції
1	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
2	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
3	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 800 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
4	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 10 кг/м ³
5	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
6	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1600 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
7	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 600 кг/м ³	Тип 2 густина 40 кг/м ³
8	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1600 кг/м ³	Тип 1 густина 20 кг/м ³
9	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
10	Керамзитошлакобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
11	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
12	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
13	Бетон на зольному гравії густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 20 кг/м ³
14	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 800 кг/м ³	Тип 2 густина 50 кг/м ³
15	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
16	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 800 кг/м ³	Тип 2 густина 75 кг/м ³
17	Бетон на зольному гравії густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
18	Газо- та пінозобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
19	Газо- та пінозобетон густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
20	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 40 кг/м ³

Примітки:

- 1) Прийняти місто за умовою завдання 3.2.
- 2) Залізобетонна плита товщиною 25 см.
- 3) Тип ізоляції (ППС товщиною 18 см):
 - парні варіанти - спінений пінополістирол густиною 15 кг/м³;
 - непарні варіанти - спінений пінополістирол густиною 25 кг/м³;
- 4) Типи ізоляції (мінеральна вата товщиною 10 см):
 - Тип 1: виробу теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна;
 - Тип 2: виробу теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна.

Завдання 3.6 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вар.	Тип бетону по залізобетонній плиті	Тип ізоляції ППС
1	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
2	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	Тип 2 густина 35 кг/м ³
3	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	Тип 3 густина 50 кг/м ³
4	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1600 кг/м ³	Тип 1 густина 50 кг/м ³
5	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 600 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
6	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1600 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
7	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м ³	Тип 1 густина 25 кг/м ³
8	Керамзишлакобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 3 густина 30 кг/м ³
9	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1000 кг/м ³	Тип 4 густина 30 кг/м ³
10	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1200 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
11	Бетон на зольному гравії густиною 1200 кг/м ³	Тип 2 густина 35 кг/м ³
12	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 800 кг/м ³	Тип 3 густина 50 кг/м ³
13	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 50 кг/м ³
14	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 800 кг/м ³	Тип 1 густина 15 кг/м ³
15	Бетон на зольному гравії густиною 1400 кг/м ³	Тип 2 густина 30 кг/м ³
16	Газо- та пінозобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 3 густина 30 кг/м ³
17	Газо- та пінозобетон густиною 1200 кг/м ³	Тип 4 густина 30 кг/м ³
18	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	Тип 1 густина 35 кг/м ³
19	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м ³	Тип 2 густина 35 кг/м ³
20	Керамзишлакобетон густиною 1000 кг/м ³	Тип 1 густина 50 кг/м ³

Примітки:

- 1) Прийняти місто за умовою завдання 3.2.
- 2) Товщина залізобетонної панелі – 20 см.
- 3) Товщина утеплюючого шару керамзитобетону – 10 см.
- 5) Типи ізоляції ППС:
 - Тип 1 вироби зі спіненого полістиролу;
 - Тип 2: вироби з екструдованого полістиролу;
 - Тип 3: вироби зі спіненого пінополіетилену;
 - Тип 4: вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену.
- 6) Інші вихідні дані прийняти аналогічно прикладу

Завдання 3.7, 3.8, 3.9 -Приведений опір непрозорих огорожень

Вихідні дані до розрахунку:

- 1) Прийняти місто за умовою завдання 3.2.
- 2) Залізобетонна плита товщиною 25 см.
- 3) Прийняти тип бетонної стяжки та тип теплоізоляції за умовою завдання 3.5.
- 4) Прийняти товщину теплоізоляції 15 см.
- 5) Якщо умова $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \min}$ не виконуватиметься, підібрати необхідний шар ізоляції або запропонувати інший тип утеплювача та розрахувати необхідну товщину.
- 6) Інші вихідні дані прийняти аналогічно прикладу.

Завдання 3.10

№	Місто	Тип будинку	Тип бетонної стяжки	Товщина стяжки, мм
1	Львів	Поліклініка	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	72
2	Запоріжжя	ЗВО	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м ³	65
3	Мукачєво	Житлова	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	67
4	Черкаси	Нежитлова	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 800 кг/м ³	74
5	Миколаїв	Лікарня	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 600 кг/м ³	76
6	Вінниця	ДНЗ	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1600 кг/м ³	78
7	Одеса	Адміністративна будівля	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м ³	80
8	Донецьк	Громадська будівля	Керамзитшлакобетон густиною 1000 кг/м ³	82
9	Житомир	Санаторій	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	84
10	Бровари	Торгівельна	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	86
11	Херсон	Школа-інтернат	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1600 кг/м ³	88
12	Харків	Навчальний корпус	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 800 кг/м ³	90
13	Хмельницький	Студентський гуртожиток	Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 1000 кг/м ³	92
14	Черкаси	Школа	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 800 кг/м ³	94
15	Чернівці	ПТУ	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1000 кг/м ³	96

16	Дніпро	Початкова школа	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією густиною 1200 кг/м ³	98
17	Київ	ЗВО	Бетон на зольному гравії густиною 1200 кг/м ³	100
18	Ужгород	Гуртожиток	Бетон на зольному гравії густиною 1400 кг/м ³	110
19	Луцьк	Житлова	Газо- та пінозобетон густиною 1000 кг/м ³	115
20	Рівне	Тубдиспансер	Газо- та пінозобетон густиною 1200 кг/м ³	120

Примітки:

- 1) Температура в опалювальному підвалі:
 - парні варіанти – на 5 градусів нижче внутрішньої температури,
 - непарні варіанти – на 4 градуси нижче внутрішньої температури,
- 2) Товщина залізобетонної панелі – 25 см.
- 3) Інші вихідні дані обрати аналогічно наведеному прикладу.

Завдання 4 - Склопакети

Вихідні дані для розрахунків представлені нижче в таблиці та на рис. Д.2.

Прийняти, що всі вікна мають ПВХ профіль та ПВХ дистанційні рамки, які гарно теплоізовані. Коефіцієнт емісії для склопакетів з покриттями прийняти $\leq 0,05$.

Варіант	Ширина, мм	Висота, мм	Тип вікна (рис. Д.1)	Конст- рукція профілю	Конст- рукція склопакету
1	1100	2000	Тип 1	3-камерний В	4i-12Kr-4-12Kr-4i
2	1800	1500	Тип 2	3-камерний	4i-8Kr-4-8Kr-4i
3	2500	1800	Тип 3	3-камерний	4i-6Kr-4-6Kr-4i
4	1600	2500	Тип 4	3-камерний	4-12Ar-4-12Ar-4
5	1000	1900	Тип 1	3-камерний	4-8Ar-4-8Ar-4
6	2100	1600	Тип 2	3-камерний	4-6Ar-4-6Ar-4
7	2300	2000	Тип 3	3-камерний	4-12-4-12-4
8	1400	2300	Тип 4	3-камерний	4-8-4-8-4
9	800	1800	Тип 1	3-камерний	4-6-4-6-4
10	1500	1500	Тип 2	3-камерний	4i-12Xe-4-12Xe-4i
11	2200	1600	Тип 3	3-камерний	4i-8Xe-4-8Xe-4i
12	1200	2200	Тип 4	2-камерний	4-16-4
13	900	1500	Тип 1	2-камерний	4-12-4
14	2000	1450	Тип 2	2-камерний	4-8-4
15	2300	1650	Тип 3	2-камерний	4i-12Kr-4
16	1600	2500	Тип 4	2-камерний	4i-8Kr-4
17	1100	1850	Тип 1	2-камерний	4i-6Kr-4
18	1400	1600	Тип 2	2-камерний	4-12Ar-4
19	2200	1700	Тип 3	2-камерний	4-8Ar-4
20	1400	2300	Тип 4	2-камерний	4-6Ar-4



Тип 1



Тип 2



Тип 3



Тип 4

Рисунок Д.2 – Типи вікон для варіантів завдання 4

Завдання 5 – Теплопередача для підлоги

Вар.	Площа підлоги А, м ²	Периметр підлоги Р, м	Товщина шару цегли у зовн. стіні, $\delta_{\text{цегли}}$, м	Товщина шару пінополістиролу у підлозі, $\delta_{\text{ППС}}$, м	Тип ґрунту
1	450	103	0,25	0,15	Гравій
2	455	105	0,34	0,1	Пісок
3	460	110	0,5	0,12	Невідомий
4	465	115	0,63	0,1	Скельний
5	470	120	0,25	0,15	Глина
6	475	121	0,3	0,1	Мул
7	480	131	0,5	0,05	Невідомий
8	485	114	0,35	0,1	Пісок
9	490	118	0,45	0,12	Гравій
10	495	122	0,5	0,05	Пісок
11	500	134	0,25	0,15	Невідомий
12	505	136	0,35	0,05	Скельний
13	510	142	0,5	0,1	Глина
14	515	146	0,45	0,12	Мул
15	520	149	0,45	0,12	Невідомий
16	525	152	0,5	0,05	Пісок
17	530	155	0,25	0,15	Гравій
18	535	158	0,35	0,05	Пісок
19	540	167	0,5	0,1	Невідомий
20	545	173	0,45	0,12	Скельний

Тип цегли для зовнішньої стіни:

- парні варіанти - керамічна порожниста густиною 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині
- непарні варіанти - керамічна порожниста густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині

Завдання 6 - Теплонадходження

Перша цифра вар.	Місто	Тип будівлі	Кондиціонована площа, Af, м ²	Площа світлопрозорих конструкцій, м ²			
				Пн	Пд	Зх	Сх
1	Житомир	Громадська	1200	70	25	64	28
2	Бровари	Поліклініка	1320	75	30	55	31
3	Вишневе	Житлова	1410	80	35	52	33
4	Ужгород	Лікарня	1530	85	40	43	35
5	Одеса	ПТУ	1220	90	45	47	37
6	Миколаїв	Інтернат	1350	95	50	51	41
7	Херсон	ЗВО	1430	100	55	43	43
8	Тернопіль	Гуртожиток	1550	105	60	75	46
9	Ів.-Франківськ	ДНЗ	1240	110	22	80	48
10	Львів	Торгів. комплекс	1370	115	32	85	50
11	Полтава	Школа	1450	120	42	90	52
12	Херсон	Інститут	1570	125	52	95	54
13	Хмельницький	Університет	1280	130	62	100	56
14	Черкаси	Школа	1390	135	72	105	57
15	Чернівці	Музей	1470	143	82	110	59
16	Вінниця	Адміністративна	1590	145	92	115	33
17	Луцьк	Житлова	1230	158	34	46	44
18	Рівне	ДНЗ	1330	155	44	56	55
19	Дніпро	Санаторій	1420	160	57	23	66
20	Мукачеве	Тубдиспансер	1540	165	41	31	77

Примітки:

- 1) Всі дані, що не задані, приймати за прикладом.
- 2) Рухомі засоби затінення (весь рік): кольорові текстильні
- 3) Коефіцієнти теплопередачі непрозорих конструкцій:
парні варіанти:
 - стіни $U_c=0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
 - покриття даху $U_c=0,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;

непарні варіанти:

- стіни $U_c=0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
- покриття даху $U_c=0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;

4) тип скління:

- парні варіанти: подвійне скління з селективним низькоемісійним покриттям;
- непарні варіанти: потрійне скління;

5) Кут затінення від звисів становить $\alpha=30^\circ\text{С}$.

6) Матеріал зовнішньої поверхні огороження:

- парні варіанти:
стіна: цегла сілікатна, дах: руберойд;
- непарні варіанти:
стіна: цегла керамічна, дах: руберойд; дах – захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію..

Завдання 7 - Інженерні мережі

Вар.	Місто	Тип будівлі	Рік побудови будівлі	Нпр м	Темп. техпід-пілля $\theta_i, ^\circ\text{C}$	$L_v, \text{ м}$	$L_s, \text{ м}$	$L_a, \text{ м}$
1	Херсон	Університет	1984	2,8	14	210	604	805
2	Хмельницький	Школа	2015	3,0	12	220	610	810
3	Черкаси	Музей	1977	2,9	11	230	620	820
4	Чернівці	Адміністративна	1983	3,15	10	240	630	830
5	Вінниця	Житлова	2016	2,7	13,5	250	640	840
6	Луцьк	ДНЗ	1976	3,1	12,5	260	650	850
7	Рівне	Санаторій	1982	2,65	11,5	270	660	860
8	Дніпро	Тубдиспансер	2017	3,2	10,5	285	670	870
9	Харків	Громадська	1975	2,8	9,5	295	680	880
10	Житомир	Поліклініка	1981	3,0	15,5	300	690	890
11	Бровари	Житлова	2018	2,9	14,5	310	700	895
12	Вишневе	Лікарня	1974	3,05	14	320	705	900
13	Ужгород	ПТУ	1980	2,7	12	330	710	885
14	Одеса	Інтернат	2019	3,35	11	340	720	875
15	Миколаїв	ЗВО	1973	2,65	10	350	730	865
16	Херсон	Гуртожиток	1990	3,9	16	360	740	855
17	Тернопіль	ДНЗ	2020	2,8	15	370	750	845
18	Ів.-Франківськ	Торгів. комплекс	1972	3,8	14	380	760	835
19	Львів	Школа	1991	2,9	13	390	770	825
20	Полтава	Інститут	1971	2,75	12	395	780	815

Примітки:

- 1) Під час виконання завдання потрібно навести детально розрахунки для трьох місяців, а далі звести до таблиці.
- 2) Дані по енергопотребі та інші не наведені дані взяти за прикладом.
- 3) **Система генерації:**

Варіанти 1-10:

1,3,5,7,9 - централізоване тепlopостачання з центральним

якісним регулюванням за температурним графіком до 110° С зі зрізкою без коригування в Індивідуальному тепловому пункті;

2,4,6,8,10 - централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110° С без зрізки без коригування в Індивідуальному тепловому пункті.

Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням та з Централізованого теплового пункту без коригування за погодними умовами

Варіанти 11-20:

11,13,15,17,19 – вугільні котли, виготовлені до 1980 р.;

12,14,16,18,20 - котли на газоподібному або рідкому паливі з відкритою камерою згоряння (атмосферні пальники) та двопозиційним регулюванням.

- 4) $H_{пр}$ – висота приміщення, м – задана для кожного варіанту для вибору коефіцієнтів з відповідних таблиць ДСТУ 9190 [1];
- 5) Тип регулювання системи опалення з радіаторами:
- 7) Парні варіанти – П-регулювання (2К)
- 8) Непарні варіанти – відсутнє.
- 6) Гідравлічне налагодження системи (двотрубна):
- 9) Парні варіанти – система не налагоджена;
- 10) Непарні варіанти – система налагоджена, наявне статичне налагодження системи (ручні балансувальні клапани);
- 7) Розрахунковий температурний графік 95°С/70°С:
Температури подавального і зворотного теплоносія при конкретній температурі повітря:

$$t_1^H = 18 + 64,5k_{o.в.}^{0,8} + 12,5k_{o.в.}$$

$$t_2^H = t_1^H - 25k_{o.в.}$$

де

$$k_{o.в.} = \frac{t_{вн} - t_3}{t_{вн} - t_{p.o.}}$$
 – коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення та

вентиляцію залежно від температури зовнішнього повітря;

$t_{вн}$, °С – розрахункова температура внутрішнього повітря в будівлі, $t_{вн} = f(\text{призначення будівлі})$;

t_3 , °С – температура зовнішнього повітря $t_3 = f(\text{погодні умови})$.

Тоді середня температура теплоносія при конкретній температурі зовнішнього повітря:

$$\Theta_m = \frac{t_1^H + t_2^H}{2}$$

ДОДАТОК 2

Розрахункові значення температури та вологості повітря в приміщеннях (для теплотехнічних розрахунків) [4]

Призначення будівлі	Розрахункова температура внутрішнього повітря t_v , °С	Розрахункове значення відносної вологості ϕ_v , %
Житлові будівлі та готелі	20	55
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси, заклади торгівлі	20	50
Навчальні заклади та заклади охорони здоров'я	21	50
Дитячі дошкільні заклади	22	50
Примітка. При проектуванні допускається розрахункові параметри температури й вологості повітря приймати з урахуванням положень відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд.		

Примітка 1. Прийнято за ДСТУ В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»

ДОДАТОК 3

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої, h_{si} , та зовнішньої, h_{se} , поверхонь огорожувальної конструкції [5]

Ч.ч.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)		
		h_{si}	h_{se}	
1	Вертикальні непрозорі огорожувальні конструкції (зовнішні стіни)	з опорядженням штукатурками	8,7	23
		з вентилятованими повітряними прошарками	8,7	12
2	Те саме (зовнішні двері, ворота)	непрозорі	8,7	23
3	Вертикальні світлопрозорі огорожувальні конструкції (вікна, двері балконні, світлопрозорі зовнішні двері, вітражі, світлопрозорі фасади)		8,0	23
4	Горизонтальні світлопрозорі огорожувальні конструкції (зенітні ліхтарі, покриття атриумів, оранжерей)		9,9	23
5	Горизонтальні непрозорі огорожувальні конструкції за теплового потоку знизу догори	плоскі (суміщені) покриття	10,0	23
		горищні перекриття	10,0	6
6	Горизонтальні непрозорі огорожувальні конструкції за теплового потоку зверху донизу	перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	5,9	6
		перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами в стінах	5,9	12
		перекриття над неопалюваними підвалами, що межують із зовнішнім повітрям	5,9	17
		перекриття, що межують із зовнішнім повітрям (єркери, проїзди)	5,9	23

ДОДАТОК 4

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України [2]

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова темпер.	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10°С		≥ 21°С	
																діб	Сер. темп	діб	Сер. темп	діб	Сер. темп
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпро	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кропивницький	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-
21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

ДОДАТОК 6

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$ [4]

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K/Wt$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

ДОДАТОК 7

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\Delta \theta_{int-si, max}$ °C

Призначення будівлі	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні), світлопрозорі фасади	Покриття перекриття неопалюваних горищ	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, над неопалюваними підвалами та підлог на ґрунті в опалюваних приміщеннях
Житлові будівлі та будівлі закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0
Нежитлові будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$\theta_{int} - \theta_D$	0,8 ($\theta_{int} - \theta_D$)	
Виробничі будівлі з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	12	12	

Примітка:

θ_{int} - розрахункова температура повітря в приміщенні, визначається за додатком 2.

ДОДАТОК 8

Таблиця Д.8 – Значення сезонної ефективності виробництва/ генерування теплоти (Додаток 1. Наказ №261 “Про затвердження Змін до Методики визначення енергоефективності будівель”)

№ з/п	Енергоносії/послуга	Джерело теплозабезпечення	Ефективність, %		
			3	4	5
	Невідновлюваний				
1	Горючі корисні копалини тверді	Вугільні котли, виготовлені:			
		а) до 1980 р.,		60	
		б) протягом 1980 - 2000 рр.,		65	
		в) від 2000 р.		82	
2		Каміни із закритою камерою згоряння		70	
3		Кахельні печі		80	
4	Горючі корисні копалини скраплені та газоподібні	Масляні або газові кімнатні печі		84	
5		Котли на газоподібному або рідкому паливі з відкритою камерою згоряння (атмосферні пальники) та двопозиційним регулюванням		86	
6		Низькотемпературні котли на газоподібному або рідкому паливі, із закритою камерою згоряння та модульованим пальником, з номінальною потужністю:			
		а) до 50 кВт,		87	
		б) від 50 до 120 кВт,		91	
		в) від 120 до 1200 кВт		94	
7		Газові конденсаційні котли (70/55° С) з номінальною потужністю:			
		а) до 50 кВт,		91	
		б) від 50 до 120 кВт,		92	
		в) від 120 до 1200 кВт		95	
8		Газові конденсаційні котли (55/45° С) з номінальною потужністю:			
		а) до 50 кВт,		94	
		б) від 50 до 120 кВт,		95	
		в) від 120 до 1200 кВт		98	
9	Електроенергія	Електричні проточні водонагрівачі		94	
10		Електротермічні обігрівачі		100	
11		Електричні прилади прямого нагріву: конвектори, поверхневе опалення, променеве опалення, нагрівальний підлоговий кабель		99	
12		Теплові насоси типу повітря/вода, компресор з газотурбінним приводом:			
		а) 55/45° С,		130	
		б) 35/28° С		140	
13		Теплові насоси типу повітря/вода, абсорбційні, компресор з газотурбінним приводом:			
		а) 55/45° С,		130	
		б) 35/28° С		140	
14		Теплові насоси типу гліколь/вода, компресор з газотурбінним приводом:			
	а) 55/45° С,		140		
	б) 35/28° С		160		
15	Теплові насоси типу гліколь/вода, абсорбційні, компресор з газотурбінним приводом:				
	а) 55/45° С,		140		
	б) 35/28° С		160		
16	Теплові насоси типу повітря/повітря, компресор з газотурбінним приводом		130		
17	Теплові насоси типу повітря/повітря, абсорбційні, компресор з газотурбінним приводом		130		
18	Теплові насоси типу вода/вода, компресор з електроприводом:				
	а) 55/45° С,		360		
	б) 35/28° С		400		

19		Теплові насоси типу гліколь/вода, компресор з електроприводом: а) 55/45° С, б) 35/28° С	350 400			
20		Теплові насоси типу пряме випаровування в ґрунті / вода, компресор з електроприводом: а) 55/45° С, б) 35/28° С	350 400			
21		Теплові насоси типу пряме випаровування в ґрунті / пряма конденсація в нагрівальних установках, компресор з електроприводом	400			
22		Теплові насоси типу повітря/вода, компресор з електроприводом: а) 55/45° С, б) 35/28° С	260 300			
23		Теплові насоси типу повітря/повітря, компресор з електроприводом:	300			
	Відновлювальні					
24		Котли на біомасі (soma), з ручним керуванням, потужністю: а) до 100 кВт, б) понад 100 кВт	63 70			
25		Котли на біомасі (деревина: поліна, брикети, пелети, тріски), з ручним керуванням, потужністю до 100 кВт	65			
26		Котли на біомасі (soma) автоматичні потужністю: а) до 100 кВт, б) від 100 кВт до 600 кВт	70 75			
27		Котли на біомасі (деревина: поліна, брикети, пелети, тріски), автоматичні з механічною подачею палива, потужністю а) до 100 кВт, б) від 100 кВт до 600 кВт	70 85			
28		Котли на біомасі (деревина: поліна, брикети, пелети, тріски), автоматичні з механічною подачею палива, потужністю понад 600 кВт	85			
	Централізований			До 1994	1994-2008	Почин. з 2008
29	Централізоване опалення	Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110° С зі зрізкою без коригування в Індивідуальному тепловому пункті	70	70	70	
30		Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком 110° С або вище зі зрізкою без коригування в Індивідуальному тепловому пункті	62	62	62	
31		Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110° С без зрізки без коригування в Індивідуальному тепловому пункті. Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням та з Централізованого теплового пункту без коригування за погодними умовами	86	86	86	
32		Централізоване теплопостачання з постійною температурою теплоносія без коригування в Індивідуальному тепловому пункті	50	50	50	
33		Централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням та Централізованого теплового пункту з коригуванням за погодними умовами з автоматичним обмеженням витрати системи опалення кожної будівлі	93	93	93	
34		Централізоване теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в Індивідуальному тепловому пункті за погодними умовами	95	95	96	
35	Централізоване ГВП	Централізоване теплопостачання	95	95	96	
36	Централізоване опалення та ГВП	Централізоване теплопостачання з тепловими пунктами квартирного типу	-	-	97	

Для теплових насосів наведено значення коефіцієнта сезонної ефективності.

Для інших джерел тепла, за винятком тих, що живляться електроенергією, наведено ефективність, пов'язану з теплотворною здатністю палива.

ДОДАТОК 9

пр. ДСТУ-Н.Б.В.1.1 – XXX.201X

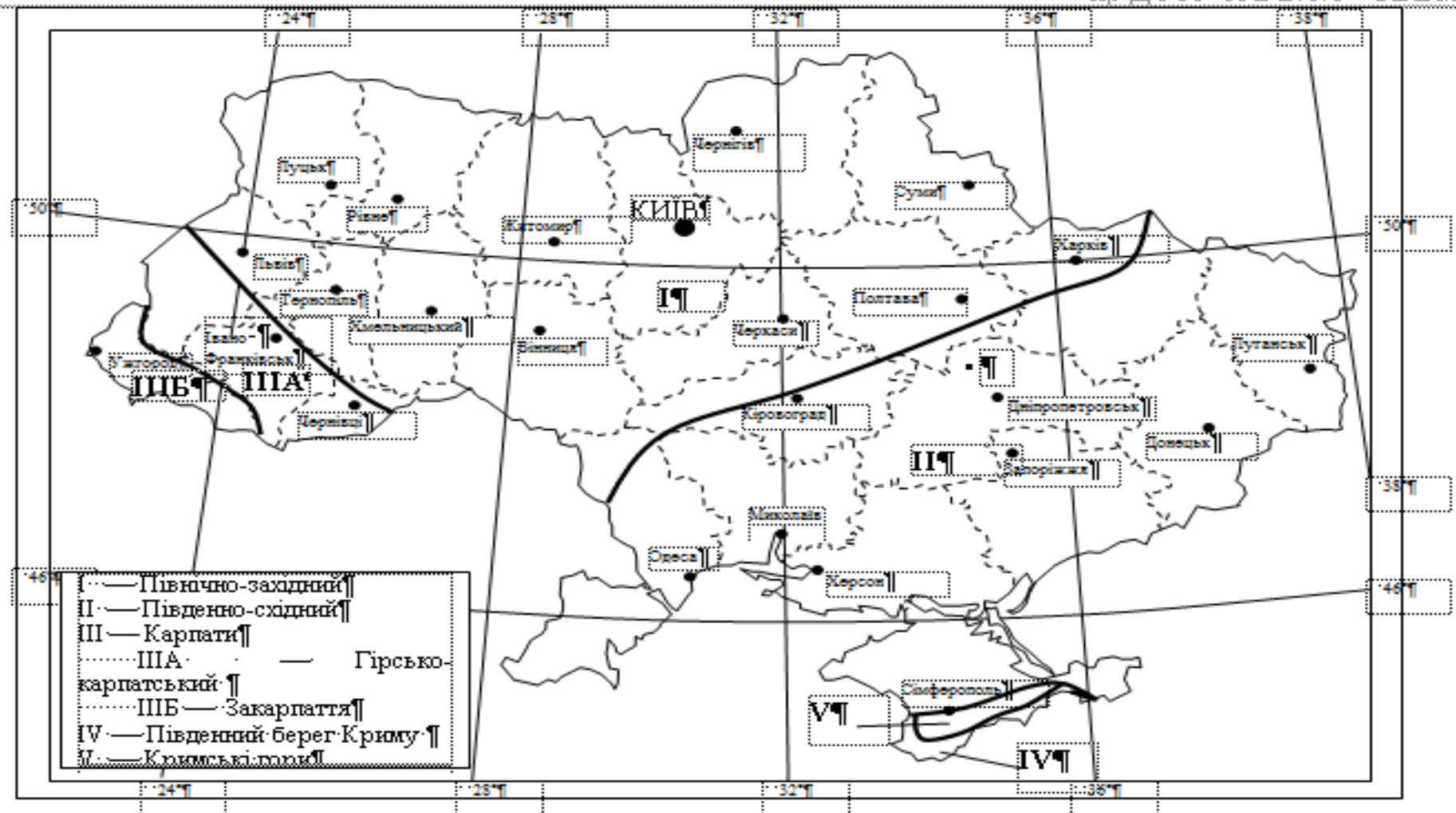


Рисунок 1. — Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України.

