

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студентки **Кошеленко Анни Олександрівни**
академічної групи **192М-18-1ФБ**
спеціальності **192 – Будівництво та цивільна інженерія**
за освітньо-професійною програмою **Промислове і цивільне будівництво**
на тему **Капітальний ремонт амбулаторії №7 КЗ «ДЦПМСД №7» за адресою:**
вул. Філософська, 62 у м. Дніпро

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Кравченко К.В.			
розділів:				
Розділ 1	Кравченко К.В.			
Розділ 2	Кравченко К.В.			
Розділ 3	Кравченко К.В.			
Розділ 4	Вигодін М. О.			
Рецензент	Луценко І.М.			
Нормоконтролер	Максимова Е.О.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки

«__» _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра

студенту Кошеленко Анні Олександрівні академічної групи 192м-18-1 ФБ
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
за освітньо-професійною програмою Промислове і цивільне будівництво
на тему Капітальний ремонт амбулаторії №7 КЗ «ДЦПМСД №7» за адресою:
вул. Філософська, 62 у м. Дніпро,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від __.__.2019 р. № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Архітектурно-будівельні рішення	02.09.2019 – 02.10.2019
Розділ 2	Конструктивні рішення основних етапів реконструкції	03.10.2019 – 20.11.2019
Розділ 3	Моделювання енергоспоживання будівлі	21.11.2019 – 02.12.2019
Розділ 4	Економічна оцінка енергоефективних рішень	02.12.2019 – 10.12.2019

Завдання видано

Дата видачі 02.09.2019

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 119 с, рис. 12, табл. 23, додатки 2, джерел 16.

Об'єкт дослідження: будівля амбулаторії у м. Дніпро.

Предмет дослідження: енергетичні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі після реконструкції.

Мета роботи: розробка проекту реконструкції будівлі амбулаторії з урахуванням сучасних законодавчих вимог до енергетичної ефективності будівель.

Розділ архітектурно-планувальних рішень містить основні відомості про розміщення об'єкта, параметри конструкції будівлі, планувальні рішення.

У розділі конструктивних рішень наведено основні вимоги до реконструкції огорожуючих конструкцій будівлі за технологічними картами, проведено розрахунок термічного опору, теплосвоєння, теплостійкості у зимовий та літній період, визначено вологісний режим огорожувальних конструкцій. Також розраховано величину енергопотреби будівлі та енергоспоживання на опалення, охолодження, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення.

У розділі моделювання енергоспоживання будівлі у відповідності до діючої методики розрахунку розроблено математичну модель будівлі. За її допомогою розраховано зміни енергопотреби та енергоспоживання будівлі за різних варіантів розміщення та автоматизації систем управління і моніторингу будівлі.

У економічному розділі розраховано статичні та динамічні показники інвестиційної привабливості для проектів термомодернізації елементів огорожуючої конструкції будівлі.

РЕКОНСТРУКЦІЯ, ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

ABSTRACT

Explanatory note: p 119,fig 12,tab 23,applications 2, ref 16.

Object of research: building of clinic in Dnipro.

Subject of research: energy characteristics of building enclosures after reconstruction.

Purpose: development of a project for reconstruction of the clinic building, taking into account current legislative requirements for the energy efficiency of buildings.

The Architectural Planning Solutions section contains basic information on the location of the object, the design parameters of the building, planning decisions.

In the section of structural solutions the basic requirements for the reconstruction of the enclosing structures of the building by technological maps are given, the calculation of thermal resistance, heat absorption, heat resistance in winter and summer, the moisture regime of the enclosing structures are determined. The energy consumption of the building and the energy consumption for heating, cooling, ventilation, hot water and lighting have also been calculated.

In the section of building energy consumption modeling, a mathematical model of the building has been developed in accordance with the current calculation methodology. It is used to calculate changes in energy consumption and energy consumption of the building under different options for placement and automation of building management and monitoring systems.

The economic section calculates static and dynamic indicators of investment attractiveness for the projects of thermo-modernization of elements of the building envelope.

RECONSTRUCTION, THERMODODERIZATION, ENERGY
PASSPORT, ENERGY CERTIFICATE OF BUILDING

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ	9
1.1 Характеристика природно-кліматичного району будівництва	9
1.2 Вихідні характеристики будівлі	9
1.3 Об'ємно-планувальні рішення	11
1.4 Проектні рішення	12
1.5 Теплотехнічні рішення	14
2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ	15
2.1 Огороджуючі конструкції	15
2.1.1 Зовнішні стіни	15
2.1.2 Переkritтя верхнього поверху та покрівля	19
2.1.3 Облаштування підлоги по ґрунту	23
2.1.4 Заміна вікон та дверей у рамах з метало пластикового профілю	27
2.2 Основні об'ємно-планувальні показники	29
2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій	30
2.4 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій	36
2.5 Визначення енергетичних показників	46
2.6 Інженерні мережі будівлі	53
2.6.1 Система опалення будівлі	53
2.6.2 Вентиляція	55
2.6.3 Водопостачання	55
2.6.4 Каналізація	56
2.6.5 Заходи з енергозбереження в інженерних мережах	56
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ	58

3.1 Методика визначення питомої енергопотреби та питомого енергоспоживання будівлі	58
3.2 Моделювання впливу архітектурно-планувальних рішень на енергетичні показники будівлі	64
3.3 Оцінка впливу енергоефективних заходів та їх взаємодії з архітектурно-планувальними рішеннями на показники енергоспоживання будівлі	68
4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	76
4.1 Характеристика запропонованих заходів з енергозбереження	76
4.2 Розрахунок капітальних витрат	76
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	78
4.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань	79
4.5 Оцінка динамічних показників запропонованих проектів з енергозбереження	80
4.5.1 Дисконтування витрат і доходів від реалізації енергозберігаючих проектів	80
4.5.2 Розрахунок чистої поточної вартості (ЧПВ)	82
4.5.3 Визначення внутрішньої норми дохідності (ВНД)	83
4.5.4 Розрахунок рентабельності інвестицій (ІР)	84
4.5.5 Визначення періоду окупності (ПО)	85
ВИСНОВОК	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	87
Додаток А	90
Додаток Б	99
Додаток В	
Додаток Г	
Додаток Д	

ВСТУП

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці проекту виконання капітального ремонту будівлі амбулаторії у м. Дніпро. Для виконання проекту взято фактичні дані для двоповерхової будівлі амбулаторії, спорудженої на початку ХХ століття у середмісті Дніпра, яка підлягає капітальному ремонту.

Метою даної кваліфікаційної роботи була розробка проектних рішень, зокрема архітектурно-планувальних, проектно-конструкторських рішень, а також заходів з енергозбереження, які вимагаються згідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».

Оскільки дана будівля відноситься до тих, які часто відвідуються громадянами, то до проекту реконструкції висувуються певні вимоги щодо величини річного енергоспоживання на опалення, охолодження та гаряче водопостачання після виконання такої реконструкції, тому належне обґрунтування необхідності впровадження комплексу заходів, спрямованих на зниження енергоспоживання будівлі, є актуальною задачею.

Об'єктом дослідження є енергетичні характеристики будівлі, предметом дослідження є споживання енергії системою опалення будівлі.

При розробці енергозберігаючих заходів було проаналізовано взаємозв'язок архітектурно-планувальних та конструкторських рішень, що застосовуються при проектуванні огорожуючих конструкцій будівлі та при проектуванні інженерних мереж. Показано, що для досягнення мінімального рівня енергоспоживання необхідне поєднання архітектурних та конструкторських рішень і застосування сучасних автоматизованих систем моніторингу та управління енергоспоживання будівлею. Зокрема, змодельовано різні варіанти розміщення будівлі відносно сторін горизонту, а також різні варіанти автоматизації управління системою теплопостачання будівлі. Проаналізовано вплив запропонованих заходів на кінцеву величину енергоспоживання будівлі на опалення. Ідеєю, яка покладена в основу моделювання, є показати з однієї сторони, що проміжних результатів енергетичної ефективності можна досягти як за допомогою застосування

сучасних архітектурних та конструкторських рішень, так і за допомогою оптимізації роботи енергетичних мереж будівлі. Проте для задоволення сучасних вимог до енергетичної ефективності будівель необхідне поєднання усіх перерахованих вище заходів.

При моделюванні була створена математична модель будівлі, яка базується на Методиці визначення енергетичної ефективності будівель, затвердженій Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 169 від 11.07.2018 року [1] та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [2].

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в обґрунтуванні заходів, необхідних до впровадження при реконструкції будівлі для забезпечення виконання мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Економічний ефект від впровадження розроблених заходів полягає у скороченні комунальних платежів на утримання будівлі та зменшенні експлуатаційних витрат на обслуговування сучасних інженерних мереж.

Екологічний ефект полягає у скороченні споживання паливних ресурсів та зменшення обсягів викидів парникових газів при генерації теплової енергії та холоду для кліматизації кондиціонованого об'єму будівлі.

Соціальний ефект від реалізації запропонованих заходів полягає у створенні комфортних кліматичних умов для працівників та відвідувачів амбулаторії.

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ

1.1 Характеристика природно-кліматичного району будівництва

Будівля нежитлового будинку по вул. Філософська, 62 знаходиться в I температурній зоні з розрахунковою температурою -23°C , в нормальній зоні вологості. Кліматичні параметри розміщення будівлі:

- температура найхолоднішою п'ятиденки становить -24°C ;
- глибина промерзання ґрунтів - 0,9 м;
- нормативна снігове навантаження - 134 кг/м^2 ;
- розрахунковий вітрової натиск - 47 кг/м^2 ;
- у теплий період року переважає південно-східний вітер;
- у холодний період року - північно-західний;
- категорія складності об'єкта – III;
- клас відповідальності – СС2;
- ступінь вогнестійкості – II.

1.2 Вихідні характеристики будівлі

Будівля амбулаторії розташована за адресою вул. Філософська, 62, у м. Дніпро та побудована за індивідуальним проектом. Існуюча будівля амбулаторії 2-о поверхова, опалювана, в плані прямокутної форми, з основними габаритними розмірами 12,15x26,18 м. Будівля оснащена системами опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації, електропостачання та електроосвітлення.

Схема розташування будинку та орієнтація по сторонах світу наведені на рис. 1.

Поверховість – 2 поверхи. Фундаменти – стрічкові, бутобетонні. Зовнішні стіни - із керамічної цегли товщиною 640 мм. Внутрішні стіни - товщиною

380мм і 640 мм. Перегородки - 120 мм. Покрівля шатрова. Несучим елементом є кроквяна система з брусів. Покриття покрівлі - шифер по латах з дощок. Перекриття - збірні залізобетонні пустотні плити.

Конструкція зовнішніх стін одного типу: шпаклівка товщ. 5 мм, гіпсокартонні листи товщиною 12,5 мм, повітряний прошарок 50 мм; керамічна цегла товщиною 640 мм, щільність – 1800 кг/м³; утеплювач з жорстких мінераловатних плит товщиною 100 мм, щільністю – 130кг/м³, штукатурка фасадна товщиною 5мм.

Горище неопалюване: OSB листи товщиною 9 мм, повітряний прошарок 50 мм, залізобетонна плита переkritтя товщиною 220 мм, цементно-полістирольна стяжка товщиною 50 мм, пароізоляційна мембрана товщиною 2,5 мм, щільність 1600 кг/м³; утеплювач із мінеральної вати товщиною 200 мм щільність 70кг/м³.

Конструктивні рішення підлоги по ґрунту: лінолеум товщиною 4 мм, ОСБ плити товщиною 22 мм, утеплювач URSA XPS-N- III-L товщиною 100 мм, вирівнювальна цементна стяжка товщиною 60 мм

Світлопрозорі конструкції (вікна, зовнішні двері) металопластикові з ламінацією зі сторони вулиці, заповнені двокамерним склопакетом зі значенням опору теплопередачі $R_{gmin}=0,75\text{м}^2\text{К/Вт}$. Площа світлопрозорих конструкцій відповідає нормам природного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [12]. Інсоляційний режим приміщень відповідає вимогам ДСП 173-96 [13]. При цьому надходження зайвої сонячної радіації в жаркий період року мінімізовано згідно ДСТУ Н Б В 2.2- 27: 2010 [14].

В будівлі амбулаторії передбачена водяна система опалення, гаряче водозабезпечення. Вентиляція в будівлі припливно-витяжна з механічним спонуканням. Приплив та видалення повітря здійснюється через вентиляційні канали.

Ведеться загальний облік споживання теплової енергії, холодної води та активної електричної енергії. Окремий облік споживання електроенергії на приготування води для гарячого водопостачання не ведеться.

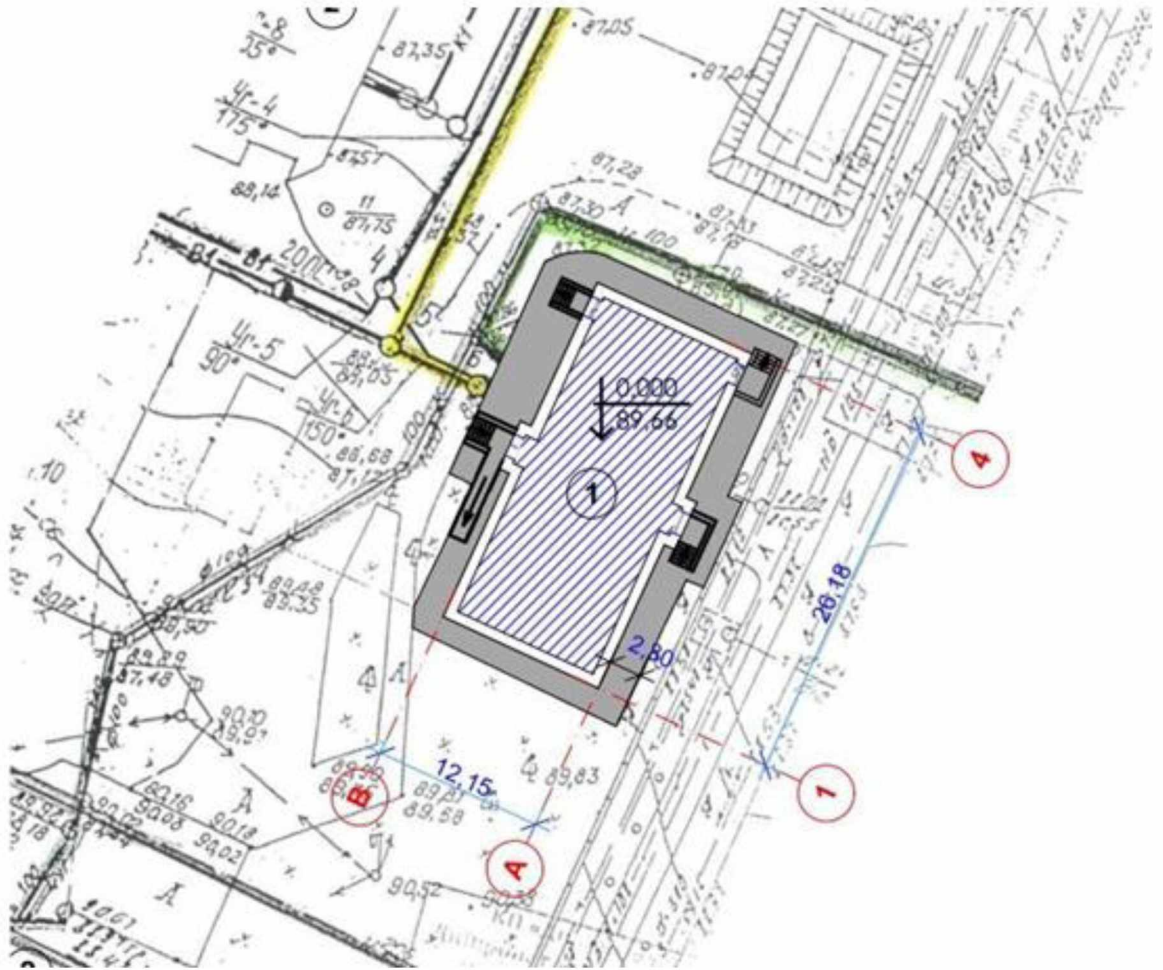


Рисунок 1.1 - Схема розташування будинку та орієнтація по сторонах світу

1.3 Об'ємно-планувальні рішення

Поверховість споруди - двоповерхова з підвальним поверхом.

Загальна площа будівлі - 632,09 м².

Будівельний об'єм будинку - 3790,0 м³.

Висота підвального поверху - 2,50 м.

Висота 1 поверху - 3,75 м.

Висота 2 поверху - 3,50 м

Площа забудови - 324,19 м².

Загальна площа приміщень - 576,30 м².

Опалювана площа будівлі $F_h = 576,3$;

Опалюваний об'єм будівлі $V_h = 1999,8\text{м}^3$;

Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – $A_\Sigma = 1308,09\text{м}^2$.

1.4 Проектні рішення

Проектом з капітального ремонту передбачено такі види робіт:

- демонтаж частини перегородок з гіпсокартонних листів;
- демонтаж частини перегородок з цегли;
- розбирання частини цегляної кладки окремими місцями (віконні прорізи);
- розбирання облицювання стель з плит Армстронг "600x600 мм";
- очищення внутрішніх поверхонь стін і стель від вапняної фарби;
- зняття шпалер простих і поліпшених;
- розбирання облицювання стін з керамічних глазурованих плиток;
- розбирання облицювання внутрішніх стін, декоративним пластиком;
- розбирання дощатих покриттів підлог, покриттів підлог з лінолеуму і керамічних плиток;
- заміна дерев'яних віконних блоків на металопластикові;
- демонтаж віконних решіток з металоконструкцій і монтаж нових віконних решіток;
- улаштування нових покриттів підлог з лінолеуму, керамічних плиток і дощатих покриттів підлог із суцільною тепло- і звукоізоляцією;
- заміна існуючих і установка нових дверних блоків в зовнішніх і внутрішніх прорізах;
- улаштування обшивки укосів гіпсокартонними листами з кріпленням на клей та забарвленням полівінілацетатними водоемульсійними складами;
- улаштування нових армованих цегельних перегородок;
- улаштування нових перегородок на металевому каркасі товщиною 100мм з обшивкою гіпсокартоном в один шар з ізоляцією;

- улаштування нових дверних прорізів в перегородках;
- закладення тріщин у цегляних стінах згідно ТЗ;
- улаштування підшивки підвісних стель гіпсокартонними листами;
- улаштування внутрішньої обробки приміщень згідно звідомістю;
- забарвлення масляними складами за 2 рази раніше пофарбованих поверхонь і огорожі металевих сходів;
- улаштування нових бетонних ганків з пандусом замість існуючих;
- улаштування покриттів ганку з бетонних плиток типу "хмаринка" на розчині з сухої клейової суміші;
- зовнішнє облицювання ганку і пандуса бетонними плитками типу "дикий камінь", на розчині з сухої клеючої суміші;
- посилення балкона торкретуванням шаром 20 мм;
- ремонт прямої частини дерев'яного поручня балкона з забарвленням металевої частини огорожі;
- ремонт штукатурки рустованих фасадів з забарвленням його водно-дисперсними фарбами по утепленню;
- розбирання облицювання стін цоколя з керамічних глазурованих плиток;
- лицювання поверхонь цоколя цементними плитами "під дикий камінь" з утеплення;
- ремонт асфальтобетонних покриттів вимощення і утеплення фундаментів;
- установка лавок та урн бетонних;
- утеплення фасаду будівлі згідно енергетичного паспорту будівлі;
- влаштування санітарної кімнати для маломобільних груп населення;
- переплануванні сходових клітин для безперешкодного доступу для маломобільних груп населення (при необхідності);
- встановлення автоматичних розсувних дверей.

1.5 Теплотехнічні показники

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3] розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_{в} = 21^{\circ}\text{C}$, розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Дніпро $t_{з} = -23^{\circ}\text{C}$. Розрахункове значення відносної вологості приміщень 50%, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні $t_{\min} = 10,7^{\circ}\text{C}$.

Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони – $D_d = 3501$ градусо-днів.

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [7] тривалість опалювального періоду для м. Дніпро складає $z_{оп} = 172$ доби, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп\ c} = -0,2^{\circ}\text{C}$.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [3] нормативне значення приведенного опору теплопередачі $R_{q\min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, становить:

- зовнішніх стін – $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- перекриття неопалювальних горищ – $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- світлопрозорі огорожувальні конструкції – $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- зовнішні двері – $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Максимально допустиме значення питомої енергопотребности на опалення, охолодження та гаряче водопостачання протягом року згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [3] становить $48 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$.

2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ

2.1 Огороджуючі конструкції

2.1.1 Зовнішні стіни

Проект реконструкції будівлі виконувався у відповідності до чинної нормативної документації в частині проектування та енергетичної ефективності об'єктів будівництва.

Стіни будівлі викладені з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Для задоволення сучасних вимог в частині термічного опору огорожувальних конструкцій необхідно здійснити зовнішнє утеплення стін. Також для забезпечення ергономічності простору будівлі після утеплення і для мінімізації внутрішніх оздоблювальних робіт доцільно провести монтаж гіпсокартонових конструкцій по внутрішніх поверхнях стін. Наведемо порядок виконання робіт при реконструкції згідно технологічних карт зазначених видів робіт.

Для утеплення фасаду будівлі необхідно встановити риштування. Поверхні перед облицюванням повинні бути очищені від напливів розчинів, бетону, фундамент – від будівельного сміття. Всі тріщини повинні бути забиті цементно-піщаним розчином. Робочі поверхні закладних деталей повинні знаходитись у рівень з поверхнею зовнішньої стіни. Утеплення мінераловатними плитами стін будівель проводиться ярусами на висоту поверху. Готову фасадну стіну утеплюють мінераловатними плитами у наступній послідовності:

- перевіряють вертикальність стіни за допомогою виска по плоскій частині через 2-3 м, а також у місцях перелому фасаду;
- намічається фарбою по шнуру положення горизонтальних швів облицювання;
- проводиться розмітка стіни для встановлення отворів під анкери. Діаметр отворів 6 мм, а глибина 100 мм.

- електричним перфоратором свердлять отвори у стіні, отвори очищуються від пилу;
- теплоізоляційна плита кріпиться до несучої стіни поліуретановими анкерами на глибину не менше 90 мм.

Мінераловатні плити клеяться до стіни за допомогою спеціального клейового розчину на цементній основі. Додатково усі плити з мінеральної вати кріпляться до стіни анкерами. Після завершення кріплення мінераловатних плит на їх поверхню наноситься шар клейового розчину, потім армуюча сітка. По армуючій сітці наноситься шар зовнішньої штукатурки та зовнішній декоративний шар, який також виконує функцію захисту теплоізоляції від проникнення опадів у вигляді дощу та снігу. Структура та порядок нанесення шарів зображені на рис. 2.1.



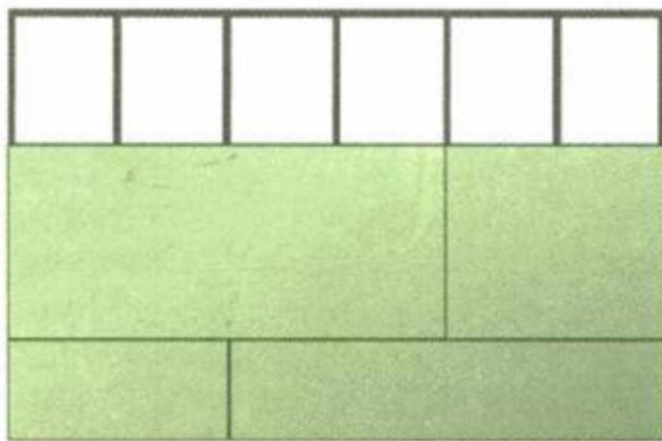
Рисунок 2.1 - Технологія утеплення стіни мінераловатними матами

Порядок виконання робіт при оздобленні внутрішніх поверхонь стін та улаштування додаткових перегородок із застосуванням гіпсокартону. До складу робіт із облаштування стін гіпсокартонними плитами з утеплювачем та без нього включені:

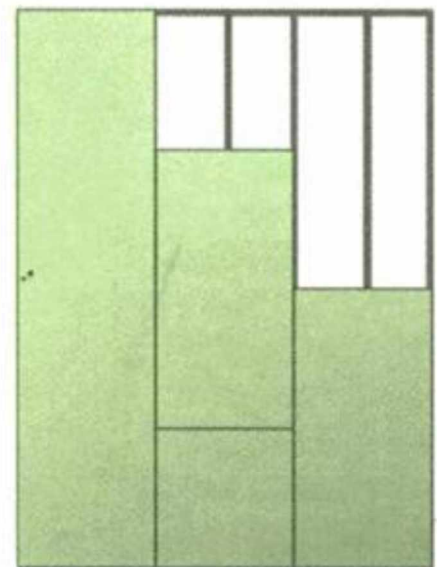
- встановлення металевого каркасу;

- встановлення металевих дверних коробок;
- прокладання прихованих інженерних мереж, зокрема, електромереж, розподільчих трубопроводів систем холодного і гарячого водопостачання, опалення, кондиціонування та повітроводів системи вентиляції;
- монтаж утеплювача;
- монтаж гіпсокартонових з фіксацією їх до металевого каркасу за допомогою самонарізних гвинтів;
- монтаж з'єднувальних клейових або армуючі сіток між суміжними плитами гіпсокартону;
- нанесення захисного шару гіпсової штукатурки;
- оздоблення внутрішніх поверхонь декоративними фарбами.

Гіпсокартонні плити можуть закріплятись на несучих металевих конструкціях. Існує дві схеми встановлення гіпсокартонних плит: поздовжніх та поперечних.



а)



б)

Рисунок 2.2 - Схеми встановлення гіпсокартонних плит: а) поперечна; б) поздовжня

Металевий каркас, до якого кріпляться гіпсокартонові плити, складається із горизонтальних напрямних та вертикальних стійок із гнутих профілів. Гіпсокартонні плити, які використовуються для обшивки металевого каркасу, мають товщину 12,5 мм. Монтаж плит необхідно робити в одному напрямку з відкритою частиною профілю каркасу, що забезпечує встановлення шурупів у першу чергу ближче до стінки профілю. Плити гіпсокартону до каркасу кріпляться саморізами з кроком не більше 250 мм. Шурупи повинні відступати від краю плити на відстань не менше 10 мм. При цьому шурупи у двох суміжних вертикальних рядах (при кріпленні двох листів до однієї стійки) повинні бути зміщені по вертикалі не більше ніж на 10мм. Самонарізні гвинти повинні входити у гіпсокартонний лист під прямим кутом та проникати через металевий профіль на глибину не менше 10мм.

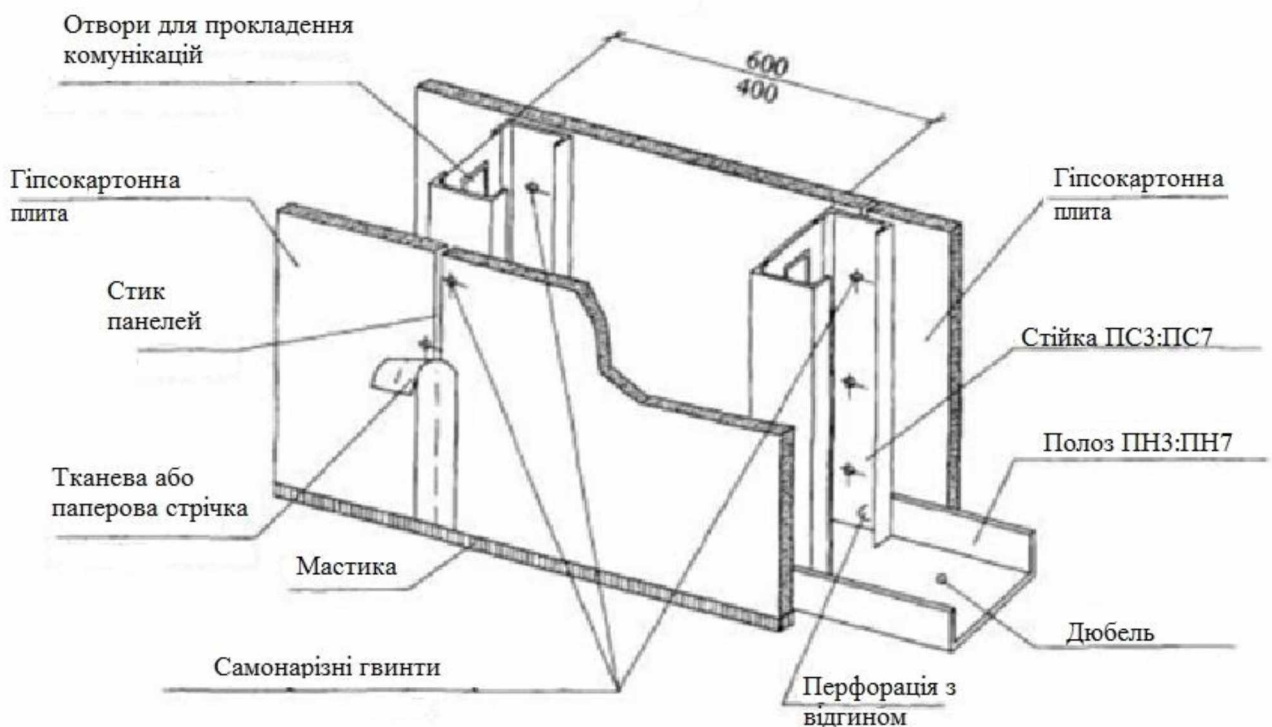


Рисунок 2.3 – Порядок монтажу стін та перегородок з використанням гіпсокартонних плит

Перед встановленням перегородок повинні бути завершені усі загальнобудівельні роботи, а також випробувані системи водоспоживання та опалення.

При встановленні перегородок повинні бути розмічені місця дверних коробок. Повинні бути прокладені проводи електричних розподільчих мереж через отвори у стінках стійок каркасу та встановлені розподільчі коробки. Монтаж електричної проводки виконується після встановлення металевого каркасу. Проводка пропускається зверху або знизу через отвори у стінках стійок каркасу у сталевих або вінілпластових трубках, що не підтримують горіння. Виводи проводки на лицеву поверхню перегородки пропускаються через отвори, які прорізаються у гіпсокартонній плиті.

У всіх кутових з'єднаннях та примиканнях гіпсокартонних плит до суміжних конструкцій кріплять спеціальні кутові профілі. Далі перегородки повинні бути оштукатурені та пофарбовані.

Допустимі відхилення при встановленні облицювання із гіпсокартонних плит складають:

- 1мм на 1м по вертикалі, але не більше 5 мм на всю висоту приміщення;
- відхилення від спів падання поверхонь двох суміжних листів обшивки у стиці – 1мм.

2.1.2 Перекриття верхнього поверху та покрівля

Горищне перекриття є одним із елементів огорожувальних конструкцій будівлі, на якому заходи щодо теплоізоляції є дуже ефективними і часто легко здійсненними. Через верхнє перекриття (дах) втрачається близько 20% тепла.

Горищні перекриття облаштовуються по залізобетонних збірних або монолітних основах або дерев'яних балках. Укладання утеплювача по залізобетонній основі виконують між дерев'яними лагами каркасу.

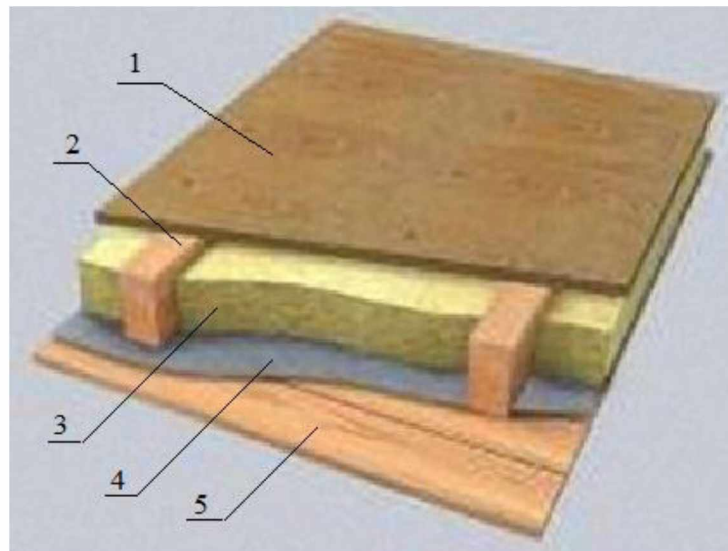


Рисунок 2.4 – Технологічна схема утеплення перекриття горища

1 - настил з ДСП, OSB або іншого матеріалу для експлуатованих горищ; 2 - балки перекриття або лаги для облаштування настилу; 3 - мінеральна вата; 4 - пароізоляційна плівка; 5 - перекриття стелі

Для утеплення перекриття, неопалювального горища застосовуються різні теплоізоляційні матеріали, які зазвичай не піддаються великим механічним навантаженням і, якщо покрівля даху є водонепроникною, то утеплювач знаходиться в сухому, добре провітрюваному стані.

Теплоізоляційні матеріали не повинні бути занадто міцними на стиск і занадто вологостійкими. В якості утеплювача добре підходять мінеральна вата (на основі кам'яного волокна або скловолокна) і пінополістирол щільністю 10-15 кг/м³.

Для попередження конденсації вологи в теплоізоляційному шарі перекриття з теплого повітря в приміщенні, під утеплювач укладається пароізоляційна плівка.

Пароізоляцію укладають між балками або лагами дерев'яного каркасу з перекриванням полотнищ у 10 см, проклеюванням швів і приклеюванням її до виступаючих над поверхнею перекриття конструкцій. У місцях примикання пароізоляції до поверхні стін, конструкцій балок та ін. необхідно також обернути торці плит утеплювача пароізоляційним матеріалом.

У балочних перекриттях пароізоляція виконує також функцію ізоляції проти інфільтрації, тобто небажаного повітрообміну через щілини, тріщини і шви. Однак для цього необхідно добре склеїти перекриваючі одна одну плівки.

При утепленні балочних перекриттів в існуючих будинках часто немає можливості встановити пароізоляцію під балками перекриття. В даному випадку вона розташовується відразу під виконаною згодом теплоізоляцією. У зв'язку із фізичними тепловими мостами, які утворюють балки, в даному варіанті дуже важливо встановити додатковий шар утеплювача над балками, щоб не допустити утворення конденсату в дереві балок (через пароізоляцію дана волога не зможе випаровуватися і балки можуть почати гнити) або використовувати спеціальні пароізоляційні плівки зі змінною паропроникністю.

Плити або мати утеплювача укладають по пароізоляції між балками або лагами дерев'яного каркасу. Якщо товщина шару утеплення більше висоти перетину несучих елементів дерев'яного каркасу, то застосовують добірні бруски, висота яких дорівнює необхідній товщині додаткової теплоізоляції. При цьому бруски прибивають до балок або лагів каркасу в перпендикулярному напрямку, що надає додаткову жорсткість і стійкість каркасу.

Для забезпечення гарного теплозахисту всього будинку утеплюючі плити, повинні укладатися безперервно, з тим, щоб не було розривів теплоізоляції і не утворювалися «містки холоду».

Щоб не допустити утворення «містків холоду», утеплення на горищних перекриттях зазвичай виконується в два шари, з перекриттям місць стиків плит утеплювача нижнього шару плитами верхнього шару.

Якщо між балками встановлюються тверді теплоізоляційні матеріали, наприклад, плити з пінополістиролу, то крайні шви з балками слід ґрунтовно загерметизувати, щоб попередити надмірні теплові втрати.

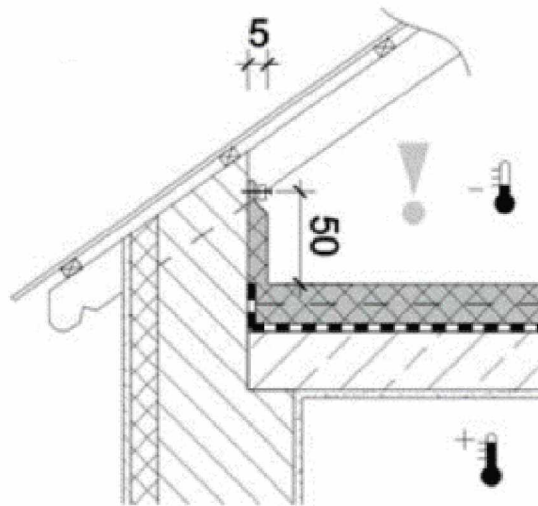


Рисунок 2.5 – Технологічна схема улаштування примикань теплоізоляції до виступаючих елементів зовнішнього фасаду

У багатьох будинках цегляна кладка фасадів або внутрішніх стін підносяться над горищним перекриттям (рис. 2.5). Оскільки в неопалюваних, провітрюваних горищах переважають зовнішні температури, такі ділянки утворюють містки холоду, які можуть привести до конструктивних пошкоджень, якщо ці ділянки не утеплені зсередини. Необхідний захист від конструктивних пошкоджень, як правило, забезпечується, якщо встановлюється шар вертикальної теплоізоляції на висоті близько 50 см (від верхньої частини теплоізоляції перекриття горища). При використанні м'яких матів з мінеральної вати можна просто підняти смуги утеплювача по стіні на 50 см вгору і закріпити їх на верхньому краю стіни за допомогою рейок.

На експлуатованих горищних перекриттях по утеплювачу укладають паропроникну вітрозахисну мембрану (захисний шар від вітру і бруду) із ходовими доріжками для можливих покрівельних робіт. Вітрозахисна мембрана допомагає також знизити ризик появи містків холоду між стиками плит або матами утеплювача.

На експлуатованих горищних перекриттях по балках або лагам каркасу настиляють чорнову підлогу, яка служить основою під фінішну обробку.

Необхідно забезпечити вентиляцію горища через слухові вікна, отвори на фронтонах, щілинні отвори в нижній частині карнизу і на коньку, площа яких повинна бути не менше $1/300 - 1/500$ площі перекриття горища.

Вентиляційні отвори повинні бути розташовані так, щоб провітрювання здійснювалося по всьому об'єму горища без утворення застійних зон. Забезпечення необхідного теплозахисту горищного перекриття та вентиляції горищного простору дозволить створити необхідний експлуатаційний температурно-вологісний режим на горищі, при якому температура повітря в горищному приміщенні буде вкрай мало відрізнятися від температури зовнішнього повітря.

2.1.3 Облаштування підлоги по ґрунту

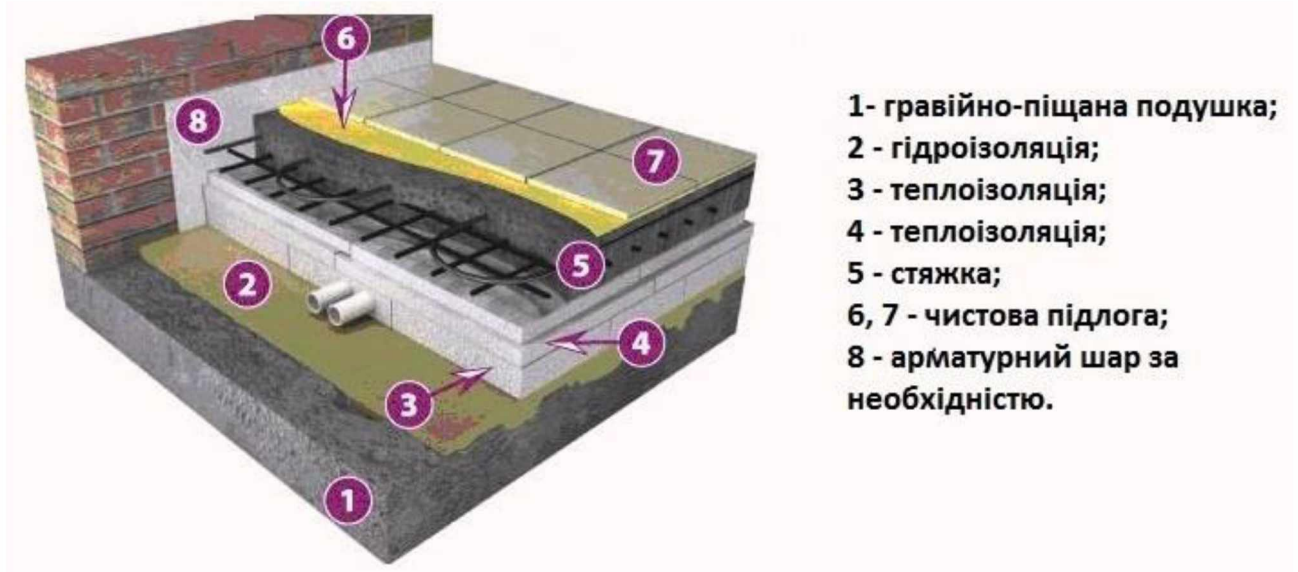


Рисунок 2.6 - Технологія облаштування підлоги по ґрунту

Перед заливкою стяжки підлоги необхідно ретельно продумати, яким способом буде виконана його гідроізоляція. Ця важлива умова потрібна для захисту підлоги і плит перекриття від постійного проникнення вологи з підвалу, та нижніх неопалювальних приміщень, або для захисту від раптового

протікання води. Гідроізоляція підлоги перед стяжкою вкрай необхідна при будівництві. Якості таких робіт слід приділити ретельну увагу, так як хімічно активні ґрунтові випаровування негативно впливають на структуру бетону, поступово руйнують його і зменшують строк практичної експлуатації.

Рулонна гідроізоляція або обклеювальна має скловолокнисту основу, оброблену спеціальними синтетичними сполуками і бітумом. Такий захист дозволяє створити якісне вологонепроникне і водовідштовхувальне покриття, стійке до впливу агресивних хімічних речовин, які містяться у воді.

Також гідроізоляцію роблять мастиками на основі каучуку або бітуму. Така гідроізоляція наноситься в кілька шарів, поверхня під мастику повинна бути вирівняна. Відмінна властивість пастоподібної гідроізоляції в тому, що такий матеріал добре заповнює дрібні нерівності основи.

Просочувальна гідроізоляція відрізняється підвищеною стійкістю до проникнення вологи. Таке захисне покриття наноситься безпосередньо на бетонну основу підлоги, при цьому повністю заповнюються всі пори і мікротріщини. Така гідроізоляція являє собою спеціальні полімерні і полімерно-бітумні розчини, які повністю з'єднуються з бетоном і значно зміцнюють стяжку підлоги. Відмінною властивістю застосування такої ізоляції є те, що при можливому проникненню води в бетон, хімічна реакція просочувальної гідроізоляції триває і бетон зміцнюється ще сильніше. Пори всередині бетонної стяжки кристалізуються, що підсилює процес герметизації.

Весь процес влаштування рулонної гідроізоляції виглядає так:

- очищення і вирівнювання основи під гідроізоляційний матеріал, всі нерівності і вибоїни необхідно затерти цементним розчином;
- ґрунтування бітумною емульсією — це необхідно в тому випадку, якщо на основу плит перекриттів в якості гідроізоляційного матеріалу буде покладений звичайний руберойд (при використанні полімерних матеріалів така обробка не потрібна);
- укладання демпферної (амортизаційної) стрічки по периметру підлоги — це обов'язково необхідно для компенсації розширення бетонної стяжки в

- процесі її експлуатації (кріплять стрічку за допомогою спеціального клею або плінтусних дюбелів);
- настил рулонної гідроізоляції, яка укладається з перекриттям до 10 сантиметрів, а на стіни настили заводять не менше, ніж на 20 сантиметрів (при необхідності настиляють кілька шарів рулонної гідроізоляції і склеюють їх між собою, а рубероїд обов'язково укладається в два і більше шарів);
 - полімерні плівки спаюють будівельним феном, а напрямні матеріали, наприклад склоізол, до основи закріплюються газовим пальником, щодо рубероїду, то його закріплюють до основи бітумною мастикою, тим же способом склеюються і стикувальні шви;
 - утворені здуття і хвилі розрізають ножем, потім ретельно розгладжують шпателем, виганяючи зайве повітря, а краї підрізу відгинають, промазують мастикою і приклеюють до основи;
 - виконання бетонної стяжки підлоги, а після того, як стяжка затвердіє, врівень з підлогою обрізають виступаючі частини демпферної стрічки і гідроізоляційного матеріалу.

Гравійно-піщана подушка, в основному застосовується в індивідуальному будівництві, при відсутності підвалу під першим поверхом будинку. Під бетонну стяжку підлоги насипають шар гравію або щебеню, ретельно трамбують і засипають піском. Така гідроізоляція, завдяки своїй структурі, захищає від капілярного проходження ґрунтових вод до бетонного покриття, але пропускає водяні пари. Саме тому захисні властивості гравійно-піщаної подушки підсилюють додатковою плівковою гідроізоляцією.

Також популярною є пастоподібна гідроізоляція, яка виконується наступним чином:

- підготовка основи — все сміття, пил і забруднення ретельно прибираються, при цьому повинні бути зачищені всі виступаючі гострі кромки, а також плями від олій і будь-яких хімічно-активних речовин, для запобігання руйнування гідроізоляції при подальшій експлуатації;

- обробка робочої поверхні основи праймером в один шар щіткою — така ґрунтовка зменшує запилювання і підвищує зчеплення мастики, сохне близько двох годин (бажано, щоб праймер був одного виробника з видом мастики, яка буде використовуватися безпосередньо для гідроізоляції);
- нанесення пастоподібної гідроізоляції — бітумну чи каучукову мастику наносять у кілька шарів спеціальним пензлем або валиком (рухи валика або пензлика повинні виконуватися в різних напрямках, при цьому кожний наступний шар наносять після достатнього застигання попереднього, а повне висихання всіх шарів обмазуваної гідроізоляції відбувається протягом двох діб);
- заливка стяжки підлоги — при цьому в якості арматури краще всього використовувати скло-пластикові прутки, вони міцні, але дуже легкі (при експлуатаційному навантаженні армування металевую арматурою може порушити і пошкодити постоподібну гідроізоляцію).

Для створення подушки необхідно здійснити наступні операції:

- підготовка основи — при закладанні підлоги в будинках без підвалу зазвичай такі роботи проводяться на етапі підготовки площі під будівництво (проводиться вирівнювання ґрунту і зняття з нього родючого, хімічно активного шару);
- укладання гравію — на ретельно підготовлений ґрунт по всій площі підлоги засипається гравій або щебінь з величиною фракції до 50 мм. (матеріал повинен бути добре вирівняний й утрамбований для виключення перепадів по висоті, а товщина насипу від 0,2 метра, на ділянках з близьким проходженням ґрунтових вод – 0,5 метри);
- засипка піску — його засипають шаром грубозернистого піску від 0,1 метра до 0,4 метра (для повного заповнення пор в щебені, пісок постійно поливають водою і ретельно утрамбовують);
- укладання геотекстилю — цей матеріал створює ефект амортизації, оберігає шар гідроізоляції і утеплювача від можливих пошкоджень (стики смуги геотекстилю склеюють між собою будівельним феном);

- укладання спіненого утеплювача — це може бути будь-який утеплювач з підвищеними показниками механічної міцності, наприклад полістирол або піноплекс;
- укладання додаткової плівковою гідроізоляції в разі необхідності.

Найнадійніша гідроізоляція підлоги перед заливкою стяжки досягається при використанні різних способів захисту. Для гідроізоляції підлоги у помешканні на першому поверсі можна зробити проникаючу гідроізоляцію плит перекриттів, потім провести обробку пастоподібною або клейкою гідроізоляцією. У помешканнях на верхніх поверхах, для уникнення можливих протікань води на нижні поверхи, рекомендується споруджувати подвійну гідроізоляцію: до виконання бетонної стяжки і після, безпосередньо на її поверхні. При цьому під бетонну заливку укладають рулонну ізоляцію, а верх стяжки захищають пастоподібною гідроізоляцією.

При виконанні захисної гідроізоляції для підлоги у приміщенні, де немає підвального приміщення, найкраще застосувати гідроізоляцію з гравійно-піщаної подушки, додати шар будь-якого утеплювача і на нього укласти гідроізоляційну плівку. А потім виконати необхідне заливання бетонною сумішшю. Такий прошарок не тільки надійно захистить бетонну підлогу від вологи, але і прослужить хорошим додатковим утеплювачем.

2.1.4 Заміна вікон та дверей у рамах з металопластикового профілю

Навіть високоякісні енергозберігаючі вікна та двері не забезпечують належного теплового комфорту, якщо не подбати про їх монтаж. Сучасні технології по установці пластикових вікон в обов'язковому порядку передбачають так званий «теплий» монтаж вікон і дверей.

“Теплий” пошаровий монтаж ґрунтується на створенні трьох взаємодіючих сфер, які забезпечують надійну герметизацію роз'ємів між стіною і вікном або дверима. Система теплового монтажу при установці і

герметизації вікна включає в себе: поліуретанову піну, саморозширювальну стрічку, пароізоляційну стрічку і герметик.

Завдяки сухому шару в ізоляції забезпечується постійний захист від промерзання, конденсату і цвілі. Такий тип монтажу віконних конструкцій працює за схемою, при якій внутрішній простір є герметичним відносно зовнішнього.

Монтаж вікон та дверей взаємопов'язаний з витратами, які позначаються в подальшому на експлуатації всієї будівлі. Потрібно враховувати, що матеріал для шаруватого монтажу коштуватиме більше, тому, що доповненням до звичайної монтажної піни, тут будуть використовуватися і інші матеріали.

Внутрішній шар – внутрішня герметизація. З внутрішньої сторони приміщення повинні бути пароізоляційні стрічки, утеплювач, силікон, завданням яких є неможливість проникнення водяної пари або вологи зсередини приміщення в шар термоізоляції, щоб не допустити контакту з піною.

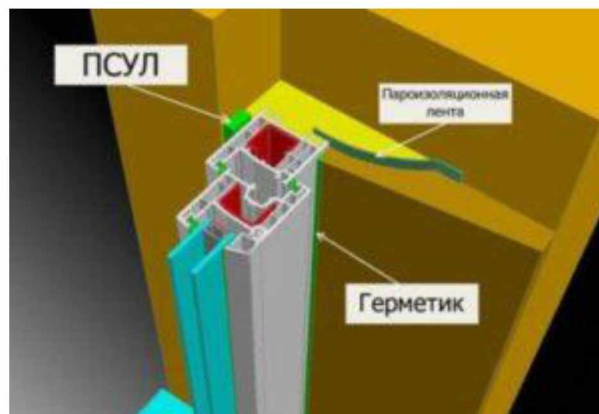


Рисунок 2.7 – Монтаж металопластикових вікон

Середній шар складається з монтажної піни, яка заповнить всі прогалини між рамою і віконним прорізом або профілем дверної коробки, діючи в якості акустичної та термічної ізоляції.

Зовнішня герметизація. Із зовнішнього боку цей шар монтажної піни закривається спеціальною пароводонепроникною стрічкою, яка запобігає

проникненню всередину вологи з вулиці, наприклад, опадів, одночасно роблячи можливою дифузію наявної водяної пари з перегородки.

«Теплий» монтаж дозволяє забезпечити тепловий комфорт, протистояти можливому контакту вологи із зовні з ізоляційними і будівельними матеріалами, не дає можливості появи цвілі в місцях з'єднання вікна і стіни, і найважливіше – замерзання стін взимку.

Витрати на опалення взимку можуть стати нижче, ніж в попередньому сезоні. Витрати на електрику влітку при використанні кондиціонерів, значно зменшуються.

2.2 Основні об'ємно-планувальні показники:

До основних об'ємно-планувальних характеристик будівлі відносяться величини загальних, опалюваних, кондиціонованих об'ємів, площ, характеристики огорожувальних конструкцій:

- опалювана площа будівлі $F_h = 576,3 \text{ м}^2$;
- опалюваний об'єм будівлі $V_h = 1999,8 \text{ м}^3$;
- загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій – $A_\Sigma = 1308,09 \text{ м}^2$.

Коефіцієнт скління фасадів будівлі m_w визначається за формулою (А.6) ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель [3]:

$$m_w = \frac{A_{wi}}{(A_{wi} + A_i + A_{fdi})} = \frac{154,34}{(154,34 + 648,75 + 14,5)} = 0,19.$$

Показник компактності будівлі Λ_{bci} , м^{-1} , визначається за формулою (А.7) ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель [3]:

$$\Lambda_{bci} = \frac{A_\Sigma}{V} = \frac{1308,09}{1999,8} = 0,65 \text{ м}^{-1}.$$

2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» [4].

Величини розрахункових теплофізичних параметрів використаних матеріалів визначені на підставі протоколів випробувань або згідно з додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» (умови експлуатації Б – вологий режим експлуатації) [4]:

- $\lambda_B = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – цегла;
- $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – розчин цементно-піщаний;
- $\lambda_B = 0,049 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – жорстка базальтова мінеральна вата;
- $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – мінеральна вата на основі скляного волокна;
- $\lambda_B = 0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – екструдований пінополістирол;
- $\lambda_B = 0,13 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – плити деревноволокнисті;
- $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – залізобетонні вироби.

Зовнішні стіни:

- штукатурка товщиною 5 мм $\lambda_6 = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, гіпсокартон товщиною 12,5 мм, $\lambda_6 = 0,21 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; повітряний прошарок 50 мм ($0,14 \text{ м}^2\text{К/Вт}$); силікатна цегла товщиною 640 мм, щільність – 1800 кг/м^3 , $\lambda_6 = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; утеплювач з жорстких мінераловатних плит товщиною 100 мм, $\rho = 125 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_6 = 0,049 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; штукатурка фасадна товщиною 5 мм, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_6 = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Опір теплопередачі R_Σ термічно однорідної огорожувальної конструкції, визначається за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,005}{0,76} + \frac{0,0125}{0,21} + 0,014 + \frac{0,64}{0,87} + \frac{0,1}{0,049} + \frac{0,005}{0,93} = 3,147 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт} \leq 3,3$$

У відповідності до [3] п.6.2.1 при виконанні умови згідно з формулою (1) допускається використовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки зі зменшеними значеннями опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} для непрозорих частин зовнішніх стін у відповідності до умов формули (4) (при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки по формулам (5) та (6))

$$\frac{3,147}{3,3} \cdot 100\% = 95,4\% \geq 75\%.$$

Таблиця 2.1 - Теплопровідні включення та їх кількість

Найменування теплопровідного включення	Протяжність м	Кількість шт	Лінійний коефіцієнт Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт ψ , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	80,37	-	0,043	-
Віконний відкос в зоні підвіконня	80,37	-	0,073	-
Віконний відкос в зоні рядового примикання	191,86	-	0,024	-
Дюбелі для кріплення теплоізоляційного матеріалу	-	5 шт/м ²	-	0,0015

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою з ДСТУ Б.В.2.6-189:2013[4].

$$R_{пр} = \frac{648,75}{\frac{648,75}{3,147} + 80,37 \cdot 0,043 + 80,37 \cdot 0,073 + 191,86 \cdot 0,024 + 3244 \cdot 0,0015} = 2,88 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі всієї площі будівлі (непрозорої її частини) визначається за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{R_{\Sigma i} \cdot F_i}{F_{\Sigma}}$$

Тоді приведенний опір теплопередачі зовнішніх стін дорівнює:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Перекрыття неопалювального горища

Горище неопалювальне: шпаклівка товщиною 5 мм $\lambda_B = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, гіпсокартон товщиною 9 мм $\lambda_B = 0,21 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; повітряний прошарок 50 мм ($\lambda_B = 0,14 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$); залізобетонна плита перекрыття товщиною 220 мм, $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; цементно-піщана стяжка товщиною 30 мм, $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; пароізоляційна мембрана товщиною 2,5 мм, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, утеплювач із мінеральної вати товщиною 200мм, $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$.

Для розрахунку приймаємо типову ділянку в межах одного поверху. Розміри ділянки $274,13 \text{ м}^2$, загальна площа непрозорої огорожувальної конструкції $274,13 \text{ м}^2$.

Опір теплопередачі R_{Σ} термічно однорідної огорожувальної конструкції, визначається за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$\alpha_3 = 12 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,005}{0,76} + \frac{0,009}{0,21} + 0,14 + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,2}{0,045} = 4,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$4,97 \geq 4,95.$$

Таблиця 2.2 - Теплопровідні включення та їх кількість

Найменування теплопровідного включення	Протяжність м	Кількість шт	Лінійний коефіцієнт Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт ψ , Вт/К
Кутове з'єднання стіни та перекриття	74,76	-	0,046	-

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції:

$$R_{\text{пр}} = \frac{274,13}{\frac{274,13}{4,97} + 74,76 \cdot 0,046} = 4,67 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Приведений опір теплопередачі всієї площі суміщених покриттів (непрозорої їх частини) визначається у відповідності з [3] за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{R_{\Sigma i} \cdot F_i}{F_{\Sigma}}.$$

Тоді приведений опір теплопередачі зовнішніх стін дорівнює:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = 4,67 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Світлопрозорі конструкції

Світлопрозорі конструкції (вікна, двері) виконані з ПВХ-профілей з заповненням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим покриттям (4M_i-10-4M_i-10-4_i).

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій складає 0,75 м²·К/Вт, що відповідає вимогам [3].

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі R_{qmin} зовнішніх огорожувальних конструкцій згідно [3] та приведений опір теплопередачі видів огорожувальних конструкцій будівлі наведені у таблиці 2.3.

З таблиці 2.3 видно, що приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій відповідає нормативним значенням, відповідно до [3]. Визначення питомих тепловтрат на опалення приводиться далі.

Таблиця 2.3 - Величини нормативних R_{qmin} та фактичних $R_{\Sigma пр}$ показників опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Вид огорожувальної конструкції	$R_{qmin},$ м ² ·К/Вт	$R_{\Sigma пр},$ м ² ·К/Вт
Зовнішні стіни	3,3	2,88
Перекрыття неопалювального горища	4,95	4,67
Світлопрозорі конструкції	0,75	0,75
вхідні двері	0,6	0,6

Відповідно п.6.1. та таблиці 5 ДБН В.2.6-31-2016 Теплова ізоляція будівель [3] для зовнішніх огорожувальних конструкцій повинна виконуватися умова $\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{сг}$,

де $\Delta T_{пр}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;

$\Delta T_{сг}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С, для внутрішньої стіни 4°С, для суміщеного перекрыття 3°С. Перевірочний розрахунок в нашому випадку дає перепад менше 1 °С.

Крім того, відповідно п.6.1 [3] повинна виконуватись умова $T_{bmin} \leq T_{min}$, де T_{bmin} – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;

T_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього та зовнішнього повітря, °С.

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні непрозорих

огороджувальних конструкцій T_{min} , визначена у відповідності з [3] на основі розрахунків з використанням ДСТУ В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу [4] відповідних вузлів у хонах теплопровідних включень, кутах і відкосах віконних та дверних прорізів при розрахунковому значення температури зовнішнього та внутрішнього повітря, що відповідає вимогам [3].

Приклад температурного поля конструктивного рішення заповнення віконних прорізів наведено на рис. 2.7. Мінімальна температура внутрішньої поверхні в зоні примикання віконної конструкції до підвіконня складає $12,4^{\circ}\text{C}$, що відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31.

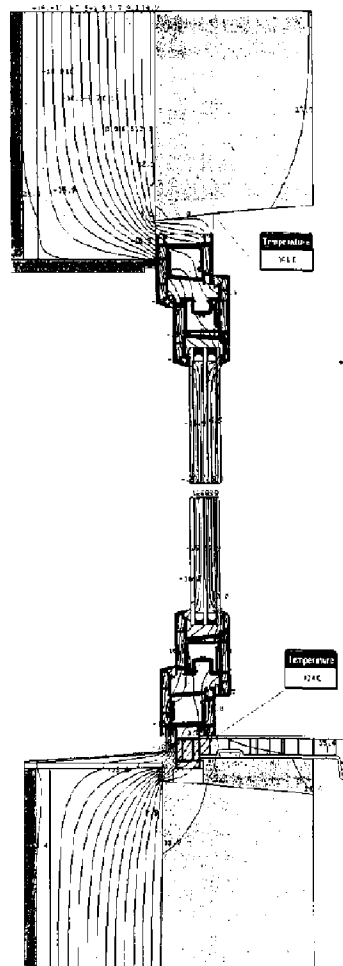


Рисунок 2.8 – Температурне поле конструктивного рішення вузла примикання віконної конструкції до віконного отвору (вертикальний переріз) [5].

2.4 Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Оцінка вологісного режиму конструкцій здійснена згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-192:Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій [6].

Вихідні дані:

Об'єкт – зовнішня стіна будівлі з нормальним режимом експлуатації приміщень в м.Дніпро.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахункові характеристики матеріалів в складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару, δ , м	Густина, ρ , кг/м ³	Теплопровідність, λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір, R, (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропроникності, μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникності, Re, (м ² ·год·Па)/мг
Плити базальтової вати	3 0,1	125	0,045	2,222	0,43	0,233
Стіна цегли	3 0,64	1800	0,76	0,842	0,11	5,82

Згідно з ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [7] визначаємо середньомісячні значення температур і відносну вологість зовнішнього повітря (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Середньомісячні значення температур і відносна вологість зовнішнього повітря для м. Дніпро

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тем-ра, °С	4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5
відносна вологість, %	86	84	81	68	62	65	64	62	68	76	87	89

Визначаємо температуру та відносну вологість повітря приміщення. Для закладів охорони здоров'я, згідно з [3] вони складають відповідно: $t_b = 21^{\circ}\text{C}$, $\varphi_b = 50\%$.

Згідно з таблицею Б.1, додаток б визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари E , по формулам (6), (7) – парціальні тиски водяної пари дорівнюють [6]:

- для внутрішнього повітря: $E_b = 2645 \text{ Па}$, $e_n = 354 \text{ Па}$;

- для зовнішнього повітря в січні: $E_b = 412 \text{ Па}$, $e_n = 354 \text{ Па}$.

В масштабі опорів паро проникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари (рис. 2.9).

Проведеним розрахунком встановлено, що в зовнішній стіні (тип 1) процес конденсації водяної пари на протязі трьох самих холодних місяців: грудня, січня та лютого не відбувається. В інші місяці також процес конденсації водяної пари відбуватись не буду.

Таким чином, згідно з додатком В [3] та [6] збільшення вологості в зовнішній стіні (тип 1) в холодний період року являється допустимим.

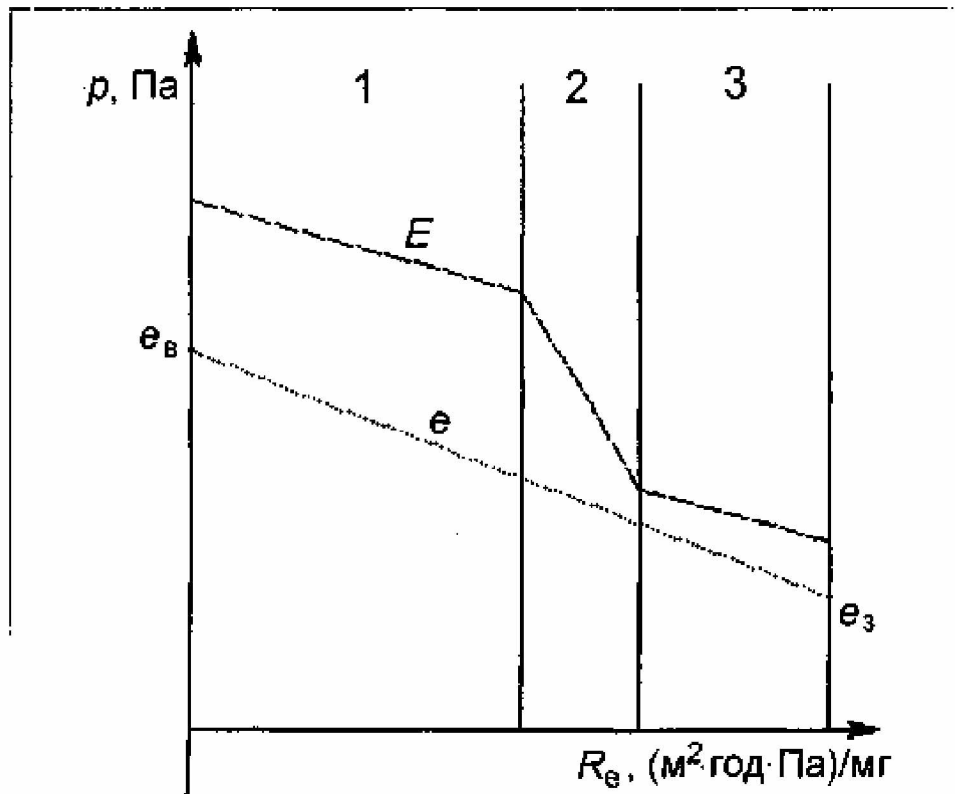


Рисунок 2.9 - Розподіл парціальних тисків у зовнішній стіні (тип 1) в січні.

Визначення показників теплостійкості. Оцінка теплостійкості у літній період.

Оцінка теплостійкості зовнішньої стіни

Розрахунок проводиться у відповідності з додатком В.2. ДСТУ-Н Б В.2.6-190 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій [8]. Параметри клімату району будівництва наведені в таблиці 2.6 згідно [7].

Таблиця 2.6 - Розрахункові кліматичні параметри клімату м. Дніпро

Назва параметру	Значення
Середньомісячна температура липня	21,6
Середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A t_B, ^\circ\text{C}$	10,6
Максимальне значення сонячної радіації, що приходить на вертикальну поверхню західної орієнтації в липні/ max, $\text{Вт}/\text{м}^2$	723
Середнє значення сумарної сонячної радіації, що приходить на вертикальну поверхню в липні/ср, $\text{Вт}/\text{м}^2$	178
Мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16% та більше $v, \text{м}/\text{с}$	4,4

Параметри мікроклімату приміщень [3] наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Розрахункові параметри мікроклімату приміщень.

Назва параметру	Значення
Температура внутрішнього повітря, $t_{\text{вн}},$	21
Вологість внутрішнього повітря. $\varphi_{\text{min}}, \%$	50
Вологісний режим приміщень	нормальний

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції). Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Теплофізичні характеристики матеріалів шарів огорожувальної конструкції

№ п/п	Матеріал	Товщина шару, δ , м	Густина матеріалу в сухому стані, ρ , кг/м ³	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації В	
				теплопровід ність, λ , Вт/(м·К)	коефіцієнт тепло засвоєння, s , Вт/(м·К)
1	Стіна з цегли	0,64	1800	0,76	9,77
2	Плити з базальтової вати	0,1	125	0,045	0,59
3	Шпаклівка	0,01	1800	0,76	2,44
4	Гіпсокартон	0,0125	800	0,19	3,34

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\chi = 0,6$. Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{\text{вн}} = 8,7$ Вт(м²·К) приймається згідно додатка Б [4].

Визначення теплових шарів огорожувальної конструкції.

Теплові опори шарів огорожувальної конструкції розраховується за формулою, що наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахункові значення теплових опорів шарів огорожуючих конструкцій

№ п/п	Позначення	Значення ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт	Розрахунок
1	R_1	0,842	$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,64}{0,76} = 0,842$
2	R_2	2,222	$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,1}{0,045} = 2,222$
3	R_3	0,013	$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,76} = 0,013$
4	R_4	0,066	$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,0125}{0,19} = 0,066$

Визначення теплових інерцій кожного шару та огорожувальної конструкції в цілому.

Розрахунок теплових інерцій кожного шару та огорожувальної конструкції в цілому наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Розрахунок теплових інерцій кожного шару та огорожувальної конструкції в цілому

№ п/п	Позначення	Значення	Розрахунок
1	D_1	8,226	$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0,842 \cdot 9,77 = 8,226$
2	D_2	1,311	$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 2,222 \cdot 0,59 = 1,311$
3	D_3	0,032	$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 0,013 \cdot 2,44 = 0,032$
4	D_4	0,220	$D_4 = R_4 \cdot s_4 = 0,066 \cdot 3,34 = 0,220$
Всієї конструкції	D	9,789	$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 8,226 + 1,311 + 0,032 + 0,220 = 9,789$

Так як теплова інерція зовнішньої стіни $D = 9,789$, що більше 4,0, то згідно п.6.7 [3] – теплостійкість в літній період дозволяється не перевіряти.

Оцінка теплостійкості суміщеного перекриття.

При розрахунках враховуються основні шари покриття (починаючи з внутрішньої поверхні покриття), їх теплофізичні характеристики приймаються згідно додатка А [4]. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів покриття наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Теплофізичні характеристики матеріалів шарів перекриття

№ п/п	Матеріал	Товщина шару, δ , м	Густина матеріалу в сухому стані, ρ , кг/м ³	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А	
				теплопровід ність, λ , Вт/(м·К)	коефіцієнт тепло засвоєння, s , Вт/(м·К)
1	Шпаклівка	0,01	1800	0,76	2,44
2	Гіпсокартон	0,0125	800	0.19	3,66
3	З/б перекриття	0,22	2500	2,04	18,95
4	Ц/п стяжка	0,05	1800	0,93	11,09
5	Теплоізоляційний шар	0,2	70	0,045	0,47

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{\text{вн}} = 8,7$ Вт/(м²·К) приймається згідно додатка Б [4].

Визначення теплових опорів шарів перекриття

Теплові опори шарів перекриття наведені в таблиці 2.12

Таблиця 2.12 - Розрахунок теплових опорів шарів перекриття

№ п/п	Позначення	Значення ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт	Розрахунок
1	R_1	0,013	$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,01}{0,76} = 0,013$
2	R_2	0,066	$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,0125}{0,19} = 0,066$
3	R_3	0,108	$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,22}{2,04} = 0,108$
4	R_4	0,054	$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,05}{0,93} = 0,054$
5	R_5	4,444	$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,2}{0,045} = 4,444$

Розрахунок теплових інерцій кожного шару та перекриття наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Розрахунок теплових інерцій кожного шару та огорожувальної конструкції в цілому

№ п/п	Позначення	Значення	Розрахунок
1	D_1	0,032	$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0,013 \cdot 2,44 = 0,032$
2	D_2	0,242	$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0,066 \cdot 3,66 = 0,242$
3	D_3	2,047	$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 0,108 \cdot 18,95 = 2,047$
4	D_4	0,599	$D_4 = R_4 \cdot s_4 = 0,054 \cdot 11,09 = 0,599$
5	D_5	2,089	$D_5 = R_5 \cdot s_5 = 4,444 \cdot 0,47 = 2,089$
Всієї конструкції	D	5,009	$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 = 0,032 + 0,242 + 2,047 + 0,599 + 2,089 = 5,009$

Так як теплова інерція суміщеного покриття (тип 1) $D = 5,009$, що більше 5,0, то згідно п.6.7 [3] – теплостійкість в літній період дозволяється не перевіряти.

Визначення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги по ґрунту

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з покриття підлоги), їх теплофізичні характеристики приймаються згідно додатка А [4]. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів покриття наведено в таблиці 2.14.

Лінолеум товщиною 4мм, OSB плити товщиною 22 мм, утеплювач URSA XPS-N-III-L товщиною 100мм.

Таблиця 2.14 - Теплофізичні характеристики конструкції підлоги

№ п/п	Матеріал	Товщина шару, δ , м	Густина матеріалу в сухому стані, ρ , кг/м ³	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А	
				теплопровід ність, λ , Вт/(м·К)	коефіцієнт тепло засвоєння, s , Вт/(м·К)
1	Лінолеум	0,004	1800	0,38	8,56
2	OSB плити	0,422	600	0,16	4,43
3	Утеплювач URSA XPS-N- III-L	0,1	35	0,037	0,38

Теплові опори шарів підлоги наведено в таблиці 2.15

Таблиця 2.15 - Розрахунок теплових опорів шарів підлоги

№ п/п	Позначення	Значення (м ² ·К)/Вт	Розрахунок
1	R_1	0,011	$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,004}{0,38} = 0,011$
2	R_2	0,138	$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,022}{0,16} = 0,138$
3	R_3	0,1	$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,1}{0,037} = 0,1$

Розрахунок теплових інерцій кожного шару та огорожувальної конструкції в цілому наведено в таблиці 2.16

Таблиця 2.16 - Розрахунок теплових інерцій кожного шару підлоги

№ п/п	Позначення	Значення	Розрахунок
1	D_1	0,094	$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0,011 \cdot 8,56 = 0,094$
2	D_2	0,611	$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0,138 \cdot 4,43 = 0,611$
3	D_3	2,844	$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 2,703 \cdot 0,38 = 2,844$

Теплова інерція першого шару покриття підлоги $D_1 = 0,094 < 0,5$, а суммарна теплова інерція двох шарів $D_1 + D_2 = 0,094 + 0,611 = 0,705 > 0,5$, тому показник тепло засвоєння поверхнею підлоги Y_n визначається за формулою та складає:

$$Y_n = Y_1 = \frac{2R_1s_1^2 + s_2}{0,5 + R_1s_2} = \frac{2 \cdot 0,011 \cdot 8,56^2 + 4,43}{0,5 + 0,011 \cdot 4,43} = 11,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Дана конструкція підлоги задовольняє вимоги умови (10) п.6.8 [3]. Значення показника тепло засвоєння поверхні і не перевищує $Y_{\max n}=12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормованого показника тепло засвоєння підлоги .

2.5 Визначення енергетичних показників будівлі

Визначення енергоспоживання при опаленні та гарячому водо забезпеченні . Розрахунок проводиться відповідно до [3], [9] та [10].

Існуюча будівля двох поверхова, опалювана, в плані прямокутної форми, з основними габаритними розмірами $12,15 \times 26,18$ м. Будівля оснащена системами опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації, електропостачання, електроосвітлення. Висота поверху складає 3,75 та 3,5 м. Висота будівлі – 14,58м. Площі зовнішніх огорожень наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 - Площі зовнішніх огорожень будівлі

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
1	Зовнішні стіни	648,75
	Пн	132,29
	Пд	124,6
	Зх	199,18
	Сх	192,69
2	Перекрыття неопалювального горища	274,13
3	Підлога по ґрунту	216,37
4	Світлопрозорі конструкції, орієнтовані на	154,34
	Пн	19,4
	Пд	5,94
	Зх	58,68
	Сх	70,32
5	Вхідні двері	14,6

Розрахунок теплопередачі для підлоги по ґрунту

Площа підлоги складає $A = 216,37 \text{ м}^2$; периметр $P = 74,76 \text{ м}$. Загальна товщина зовнішніх стін дорівнює $w = 0,812 \text{ м}$. Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла з'єднання конструкції підлоги по ґрунту з зовнішньою стіною $\Psi_g = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – приймається відповідно [4].

Розраховуємо характерний розмір підлоги за формулою

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{216,37}{0,5 \cdot 74,76} = 5,79$$

Визначаємо еквівалентну товщину підлоги за формулою:

$$d_t = w + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,812 + 2,0 \cdot (0,17 + 2,852 + 0,043) = 6,942 \text{ м},$$

де $\lambda_g = 2,0 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – теплопровідність ґрунту;

$R_{si} = 0,17 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні;

$R_{se} = 0,043 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні;

$R_f = 2,852 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі підлоги по ґрунту.

Розраховуємо коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту. Оскільки $d_t \geq B$, то коефіцієнт теплопередачі підлоги визначається за формулою:

$$U_g = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t} = \frac{2}{0,457 \cdot 5,79 + 6,942} = 0,209$$

Еквівалентна сумарна товщина стін, що контактує з ґрунтом, розраховується за формулою:

$$d_w = \lambda_g (R_{si} + R_w + R_{se}) = 2(0,115 + 0,874 + 0,043) = 2,064,$$

де $\lambda_g = 2,0 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – теплопровідність ґрунту;

$R_{si} = 0,115 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні;

$R_{se} = 0,043 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні;

$R_f = 0,874 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ – опір теплопередачі стін підвалу.

Так як $d_w \leq d_t$ коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом, U_{bw} розраховують за формулою:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi \cdot z} \left(1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2}{3,14 \cdot 2,0} \left(1 + \frac{0,5 \cdot 2,064}{2,064 + 2,0}\right) \ln\left(\frac{2,0}{2,064} + 1\right) = 0,54$$

Стационарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту Вт/К, розраховується за формулою:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + zPU_{bw} + P \cdot \psi_g = 216,37 \cdot 0,209 + 2 \cdot 42,22 \cdot 0,54 + 74,76 \cdot 0,98 = 164,08 \text{ Вт/К}$$

Характеристики теплопередачі вентиляцією.

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції будівлі відповідає вимогам ДБН В.2.5-67 Опалення, вентиляція та кондиціонування [11] та передбачає наявність засобів для регулювання за необхідності в системах механічної загально обмінної вентиляції.

Встановлення рекуператорів не передбачається. Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією складає:

- для опалювального періоду $H_{ve,adj} = 207,88 \text{ Вт/К}$.

Характеристики сонячних теплонадходжень.

Світлопрозорі конструкції, через які в будівлю потрапляють сонячні тепло надходження розташовані на північному, східному, західному та південному фасадах.

Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена відповідно додатка А [2].

Світлопрозорі конструкції, які використовуються для скління будівлі - віконні блоки на основі ПВХ-профілю зі склінням двокамерними склопакетами.

Для даного типу скління коефіцієнт загального пропуску сонячної енергії при нормальному куті падіння, складає $g_n = 0,75$. Отже, загальний коефіцієнт пропуску сонячної енергії світлопрозорої частини складає

$$g_{pi} = 0,9 \cdot 0,75 = 0,675.$$

Площа світлопрозорих конструкцій відповідно проектних даних складає: північ – 19,4 м²; південь – 5,94 м²; захід – 58,68 м²; схід – 70,32 м².

Частка обрамлення приймається відповідно 11.4.3 [2] та складає $F_f = 0,2$. Рухомі засоби затінення не передбачені. Елементи затінення на будівлі відсутні. Непрозорі елемент, які піддаються інсоляції – зовнішні стіни чотирьох фасадів і покрівля. Площа непрозорих елементів відповідно проектних даних складає: північ – 132,29 м²; південь – 192,69 м²; захід – 58,68 м²; схід – 124,6 м².

Сумарна теплопередача та теплові надходження розраховані за формулою для режиму опалення. Тимчасова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля відноситься до важкого класу, внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі складає $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Внутрішня теплоємність будівлі складає:

$$C_m = 80 \cdot 576,3 = 46104 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{К}.$$

Тимчасова константа будівлі для режиму опалення розраховується за формулою та складає:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr.adj} + H_{ve.adj}} = \frac{46104}{677,99 + 207,88} = 52,04 \text{ годин}.$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення η_{ngn} розрахований для кожного місяця на основі співвідношення надходжень та втрат тепла, і числового параметру α_H .

Безрозмірний числовий параметр α_H визначається за формулою та складає:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{52,04}{15} = 4,47.$$

Внутрішні умови

Задана температура на опалення будівлі визначена по формулі на основі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень, прийнятих згідно ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки [15] та складає $\Theta_{int,H,set} = 21^{\circ}\text{C}$.

Тривалість опалювального періоду визначена відповідно даних таблиці 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [7] та складає $172 \text{ доби} \cdot 24 \text{ години} = 4128 \text{ годин}$ для м.Дніпро.

Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення. Система опалення двотрубна з автоматичними балансувальними клапанами на стояках. Як опалювальні прилади прийняті чугунці радіатори. На підводах до опалювальних приладів проектом передбачена установка автоматичних термостатичних клапанів.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця та наведені в таблиці 18 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2]при цьому:

$f_{ydr} = 1,0$ згідно таблиці 18 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2];

$f_{im} = 0,97, f_{rad} = 1,0$;

$\eta_{str} = \frac{(\eta_{str1} + \eta_{str2})}{2} = \frac{(0,88 + 0,88)}{2} = 0,88$ згідно таблиці 17 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2] та формулою (81) ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2];

$\eta_{ctr} = 0,93, \eta_{emb} = 0,965$ згідно таблиці 19 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2];

$\eta_{em} = 0,82$ згідно формули 80 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2];

У відповідності п.15.4.3.4 додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення в розрахунках не враховується. Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі-виділення розраховують для кожного місяця по формулі (87) ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2].

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця за формулою (96) ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2].

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}$$

Питоме енергоспоживання будівлі при опаленні складає 29,13 кВт·год/м³.

Результати на річній основі наведені в таблиці А.5.

Додаткова енергія для опалення

Річна кількість додаткової енергії для опалення визначається за формулою

$$W_{H,aux,an} = W_{H,dis,aux,an}$$

Результати на річній основі наведені в таблиці А.5.

Загальне енергоспоживання при охолодженні. Питоме енергоспоживання будівлі при охолодженні складає 10,06 кВт·год/м³. Результати на річній основі наведені в таблиці А.5.

Загальне енергоспоживання систем вентиляції. В системі вентиляції будівлі використовуються витяжні вентилятори, які встановлені в витяжних каналах приміщень. Основне енергоспоживання системи вентиляції відбувається за рахунок витяжних вентиляторів.

Електричну потужність вентиляторів розраховують по формулі

$$P_{el} = SFP \cdot V_L / 3600,$$

при цьому питому потужність вентиляторів системи механічної вентиляції (SFP) приймають згідно таблиці 33 ДСТУ Б А 2.2-12:2015, яка складає SFP = 1,0 кВт/9м³/с). об'ємне споживання повітря в системі механічної вентиляції визначається через кратність повітрообміну, що визначається згідно А.6.1.6.2 та

площі внутрішніх приміщень, яка відповідно проектних даних складає $A_f = 576,3 \text{ м}^2$:

$$V_L = A_f \cdot n_s = 576,3 \cdot 1,5 = 864,45 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$P_{el} = \frac{SFP \cdot V_L}{3600} = \frac{864,45 \cdot 1,0}{3600} = 0,24 \text{ кВт}$$

Енергоспоживання вентиляторів розраховується за формулою (117) ДСТУ Б А 2.2-12:2015 [2] з урахуванням часу роботи системи вентиляції, яке згідно графіка використання будівлі:

$$Q_{V,sys,fan} = P_{el} \cdot t_v = 0,24 \cdot 8760 \cdot \frac{168}{168} = 2102,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати на річній основі наведені в таблиці А.5.

Енергопотреба ГВП. Питомі річні енергопотребы ГВП прийняті по таблиці 34 ДСТУ Б А 2.2-12:2015 та складають для закладів охорони здоров'я $30 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$. Загальна енергопотреба ГВП складає:

$$Q_{DHW,need} = 30 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2 \cdot A_f = 576,3 = 17289 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Результати на річній основі наведені в таблиці А.5.

Визначення класу енергетичної ефективності будівлі. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі визначається у відповідності до таблиці 2 ДБН В.2.6-31, на основі аналізу наступної форми:

Для закладів здоров'я $EP_{max}=48$

$$\left(\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \right) \cdot 100\%$$

$$\left(\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{(47,83 - 48)}{48} \right) \cdot 100\% = -0,35\%$$

Відповідно до ДБН В.2.6-31 дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «С» за енергопотребою на опалення, охолодження та гаряче водопостачання.

2.6 Інженерні мережі будівлі

2.6.1 Система опалення будівлі

Даний проект розроблено відповідно до ДБН В.2.5-67: 2013 «Опалення, вентиляція и кондиціонування»[11], ДБН В.2.2-9: 2018 «Громадські будівлі та споруди» [16], а також на підставі завдання на проектування.

Джерело теплопостачання - існуюча тепломережа. Гаряча вода для опалення підводиться від існуючої тепломережі. На вводі теплової мережі встановити вузол обліку тепла з тепловим лічильником ТПІ 1. Теплоносій - вода з параметрами 95-70 °С.

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря -24 °С; Питома тепла потужність системи опалення ставити 72,9 Вт/м². Тривалість опалювальний періоду - 172 доби.

Цей проект передбачає капітальний ремонт опалювальної системи будівлі. Виконання заміни старих металевих трубопроводів на пластикові і проіржавілих радіаторів в підвальному поверсі на нові чавунні радіатори тип 2.

Для компенсації теплових подовжень трубопроводів використовуються кути поворотів трубопроводів (самокомпенсація). Запроектована двотрубна система опалення з прямою та зворотною магістраллю над підлогою першого поверху.

В якості нагрівальних приладів прийняті чавунні радіатори тип 2 потужністю 160 Вт. У якості регулюючої арматури прийняті клапани з термостатичною головкою. Видалення повітря з системи опалення передбачається через крани для випуску повітря конструкції Маєвського, які встановлені у верхніх радіаторних пробках нагрівальних приладів.

Трубопроводи, що проходять під дверними отворами, прокласти в штробі і укласти в термоізоляційні труби. При переході через стіни труби прокласти в футлярі зі сталеві труби більшого діаметру. Трубопроводи і радіатори кріпити за місцем встановлення.

За нульову позначку прийняти рівень чистої підлоги першого поверху. Антикорозійний захист нагрівальних приладів виконується шляхом олійного забарвлення за 2 рази по ґрунту ГФ-021 по ГОСТ 25129-82 «Кріплення санітарно-технічних приладів та трубопроводів» та положеннями «Внутрішні санітарно-технічні системи», ДБН В.2.5-64: 2012 «Внутрішній водопровід і каналізація», ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 «Проектування та монтаж трубопроводів систем водопостачання та каналізації з пластикових труб».

Розрахунок питомої теплової потужності системи опалення проєктованого об'єкта. Контрольний показник питомої теплової потужності проєктованого об'єкта відноситься до першої зони (q) складає 65 Вт/м^2 . З урахуванням коефіцієнту на стіни зі штучних матеріалів, який дорівнює 1,15.

$$q_n = 65 \cdot 1,15 = 74,75 \text{ Вт/м}^2.$$

Нормативна тепла потужність системи становить:

$$Q_n = q_n \cdot n_x = 74,75 \cdot 576,3 = 43\,078,425 \text{ Вт.}$$

Проектом передбачена система опалення із загальною розрахунковою тепловою потужністю $Q_p = 42000 \text{ Вт}$. Корисна опалювана площа об'єкта F_n дорівнює $576,3 \text{ м}^2$. Питома тепла потужність проєктованої системи опалення визначається шляхом ділення розрахункової теплової потужності системи опалення на корисну площу об'єкта F_n за формулою:

$$Q_{np} = \frac{Q_p}{F_n} = \frac{42000}{576,3} = 72,9 \text{ Вт/м}^2.$$

У даному випадку питома тепла потужність проєктованої системи опалення проєктованого об'єкта задовольняє умовам:

$$Q_{np} \leq q_n: \quad 72,9 \leq 74,75 \text{ Вт/м}^2, \text{ тобто не перевищує контрольного показника.}$$

Розрахунок питомого теплоспоживання об'єкта. Контрольний показник питомого річного теплоспоживання проєктованого об'єкта (об'єкт відноситься до першої температурної зони) Q_H становить $0,4 \text{ ГДж/(м}^2 \text{ рік)}$.

З урахуванням коефіцієнта на стіни з штучних матеріалів, який дорівнює 1,15

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\text{н}} \cdot 1,15 = 0,4 \cdot 1,15 = 0,46 \text{ ГДж}/(\text{м}^2\text{рік}).$$

Розрахункове питоме річне теплоспоживання системи опалення проєктованого об'єкта визначається за формулою:

$$Q_{\text{рік п}} = 0,086 \frac{QS}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})F} abc,$$

де Q- теплова потужність системи опалення, кВт/ч ;

S - число градусо-днів опалювального періоду;

$t_{\text{в}}$ - середня розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{\text{а}}$ - температура зовнішнього повітря, °С;

F - корисна площа будівлі, м²;

a - коефіцієнт - 0,8 для систем опалення з автоматичним регулюванням;

b - коефіцієнт - 0,9, якщо більше 75% опалювальних приладів обладнані термостатичними регулюючими клапанами;

c - коефіцієнт - 0,95 , якщо система опалення обладнана приладами автоматичного пофасадного регулювання.

$$Q_{\text{рік п}} = 0,086 \frac{42 \cdot 3501}{(20 - (-24))576,3} 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,45 \text{ ГДж}/(\text{м}^2\text{рік}).$$

У даному випадку розрахункове питоме річне теплоспоживання об'єкта не перевищує контрольного показника

$$Q_{\text{рік п}} \leq Q_{\text{рік}} ;$$

$$0,45 \leq 0,46 \text{ ГДж}/(\text{м}^2\text{рік}).$$

2.6.2 Вентиляція

Проєктом передбачена витяжна механічна вентиляція і природна. Компенсація відведеного повітря передбачається як за рахунок надходження зовнішнього повітря (через квартирки, нещільність вікон і дверей) та за рахунок перетікання повітря з інших приміщень.

2.6.3 Водопостачання

Джерело водопостачання - існуючий питний водопровід з поліетиленових труб Ø63 мм. Вимірювання витрати води передбачається лічильником холодної

води типу ВСКМ 90-25. Внутрішні мережі господарсько-питного водопроводу запроектовані тупикові. Якість води повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів: ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до питної води". Гаряча вода готується в електричних водонагрівачах типу $V_1 = 50$ л та $V_2 = 80$ л.

Прокладка розподільчих мереж внутрішнього водопроводу передбачається прихована в штробах стін. При прокладанні труб в стінах передбачена їх теплоізоляція поліпропіленовими рукавами завтовшки 9 мм. Штроби в стінах закриваються штукатуркою по сітці. Холодна і гаряча вода підводиться до всіх мийок та умивальників з установкою змішувачів.

2.6.4 Каналізація

Мийки та раковина приєднуються до каналізаційної мережі з повітряним розривом не менше 20 мм від верху приймальної воронки. У приміщенні санвузла підвального поверху передбачений трап і водорозбірні крани на рівні 0,5 м від підлоги для забору води, призначеної для прибирання приміщень.

Для прокладання мереж водопостачання застосовуються поліпропіленові труби згідно ДСТУ Б.В.2.7-93-2000, каналізації – ПВХ труби. Установку санітарно-технічного обладнання, монтаж, кріплення і випробування трубопроводів проводити відповідно до Серії 4.904-69 "Деталі кріплення санітарно-технічних приладів та трубопроводів" та положеннями "Внутрішні санітарно-технічні системи», ДБН В.2.5-64: 2012 "Внутрішній водопровід і каналізація. Проектування і монтаж трубопроводів систем водопостачання і каналізації з полімерних матеріалів".

2.6.5 Заходи з енергозбереження в інженерних мережах

З метою зниження витрат на енергетичні ресурси і контролю фактичного їх споживання запропоновано здійснити наступні заходи:

- облаштувати вузли обліку основних енергоносіїв та споживаних ресурсів:

електричної енергії, теплової енергії, холодної води;

- передбачити можливість організації роздільного обліку електричної енергії для систем освітлення, для системи гарячого водопостачання – це дасть можливість реально оцінювати ефективність подальших організаційних заходів та структурувати статті витрат на енергоносії за видами послуг; можливо також передбачити роздільний облік незалежними структурними підрозділами, якщо вони наявні, - це стимулюватиме персонал до відповідального ставлення до енергоспоживання.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

3.1 Методика визначення питомої енергопотреби та питомого енергоспоживання будівлі

Місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6, 7, 9 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія», додатку А ДСТУ Б А.2.2-12;2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, освітленні та гарячому водопостачанні». Функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацією чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається згідно з Порядком проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі, а також енергетичний баланс будівлі визначаються згідно з проектною документацією відповідно до вимог розділу 4 ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ» Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів» або паспортом будівлі.

У разі відсутності необхідної проектної документації характеристики будівлі визначають за результатами виявлення фактичного стану будівлі відповідно розділів 6, 7 та 9 ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» (EN 15603:2008 , IDT), розділу 4 ДСТУ-Н Б.А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції», розділів 5 та 7 ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель. Настава з проведення енергетичної оцінки», ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження».

Санітарно-гігієнічні та мікрокліматичні умови приміщень будівель визначаються згідно з нормативно-технічними документами залежно від функціонального призначення будівлі. Допускається визначати розрахункові показники мікроклімату та критерії локального теплового комфорту згідно з розділами 3-9 та додатками А, В, F, G до ДСТУ Б EN 1525162011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики, розділами 3, 4, 5, 6, 7, 8 та додатком А до ДСТУ Б EN ISO 13790, розділом 13 та додатку Г до ДСТУ Б А.22-12.

Нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та їх елементів, а також інженерних систем встановлюються згідно з підрозділом 4.19 розділу 4 ДБН В.2.6-3162016 «Теплова ізоляція будівель», розділом 5 ДСТУ Б В.2.-35:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови», підрозділом 6.10 розділу 6 ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації» та підрозділом 4.6 розділу 4 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків».

Кондиціонована (опалювана) площа будівлі A_f , m^2 та кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, V , m^3 , визначаються в такому порядку:

- Кондиціонована (опалювана) площа будівлі визначається відповідно до наявної проектної документації. У разі відсутності проектної документації кондиціонована (опалювана) площа визначається як площа поверхів (у тому числі й мансардного, опалювального цокольного та підвального приміщень) будівлі. Яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й

внутрішні стіни. В кондиціоновану (опалювальну) площу будівлі не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду.

- Кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі визначається відповідно до наявної проектної документації. У разі відсутності проектної документації кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі визначається як добуток опалювальної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будівлі опалювальний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води

Питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води для громадських будівель розраховується за формулою:

$$EN = \frac{Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}}{V},$$

де $Q_{H,nd}$ – річна енергопотреба будівлі на опалення, кВт·год, що визначається згідно з розділами 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 та 14 ДСТУ Б А.2.2-12;

$Q_{C,nd}$ – річна енергопотреба будівлі на охолодження, кВт·год, що визначається згідно з розділами 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 та 14 ДСТУ Б А.2.2-12;

$Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для постачання гарячої води, кВт·год.

Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

Питоме енергоспоживання при опаленні ($EP_{H,use}$), [кВт·год/м³] розраховується за формулами:

для громадських будівель

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use}}{V}$$

$Q_{H,use}$ – річне енергоспоживання будівлі на опалення, кВт·год.

Річне енергоспоживання при опаленні розраховується за формулою:

$$Q_{H,use} = eQ_{H,gen,out,t} + eQ_{H,gen,ls,i}$$

$Q_{H,gen,out,t}$ – енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця, кВт·год

$Q_{H,gen,ls,i}$ – загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця, кВт·год.

Період опалення (години) визначається відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27.

Загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти ($Q_{H,gen,out,t}$), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,gen,out,t} = Q_{H,dis,in,i}$$

$Q_{H,dis,in,i}$ – енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-того місяця, кВт·год

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця ($Q_{H,gen,ls,i}$), кВт·год розраховується за формулою:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i}(1 - h_{H,gen})/h_{H,gen}$$

$h_{H,gen}$ – показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти.

Енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-того місяця ($Q_{H,dis,in,i}$), кВт·год розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,nrvd,i} = Q_{H,dis,is,nrbl,i} + (Q_{H,dis,is,rbl,i} - Q_{H,dis,is,rvd,i})$$

де $Q_{H,dis,is,nrbl,i}$ – неутилізаційні тепловтрати, кВт·год;

$Q_{H,dis,is,rbl,i}$ – утилізаційні тепловтрати, кВт·год;

$Q_{H,dis,is,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати, кВт·год.

Неутилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах. Утилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення в усіх опалювальних об'ємах.

$$Q_{H,dis,is,i} = eY_{L,j} \cdot (q_{m,i} - q_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i} ,$$

де $Y_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j-того трубопроводу, кВт/(м·К), визначаються відповідно до типових значень лінійного коефіцієнта теплопередачі Y , Вт/(м·К), для нових та існуючих будівель;

$q_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні упродовж і-того місяця, °С, визначають за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами при середньомісячній температурі зовнішнього середовища відповідного місяця, що визначається згідно з таблицею А.2 ДСТУ Б А.2.2-12;

$q_{i,j}$ – температура оточуючого середовища упродовж і-того місяця, °С;

L_j – довжина j-того трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$ – години опалення упродовж і-го місяця, години;

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

Утилізовані тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_{H,dis,is,rvd,i} = Q_{H,dis,is,rbl,i} \cdot 0,9 \cdot h_{H,gn,i}$$

$h_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж і-го місяця розрахований згідно з пунктом 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12.

Енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i}$$

$Q_{H,em,in,i}$ – енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж і-го місяця

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,is,i}$$

$Q_{H,em,out}$ – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за і-тий, кВт·год

$Q_{H,em,is,i}$ – загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення впродовж і-го місяця, які вважаються 100% придатними для утилізації, кВт·год

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd,i}$$

$Q_{H,nd,i}$ – теплота, яку необхідно подати до кондиційного об'ємі для підтримки температури упродовж визначено періоду часу, без урахування інженерних систем тепло забезпечення будівлі, кВт·год, визначається згідно з підпунктом 7.2.1 розділу 7 ДСТУ Б А.2.2-12.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць розраховуються за формулою:

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

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, що визначається відповідно до коефіцієнтів ефективності, наведених у додатку 3 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення; $f_{im} = 1$ – для постійного теплового режиму; $f_{im} = 0,98$ – для періодичного теплового режиму без інтегрованого зворотного зв'язку; $f_{im} = 0,97$ – для періодичного теплового режиму з регулюванням, що має інтегрований зворотній зв'язок (з оптимізованим пуском);

f_{rad} – коефіцієнт. Що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення) і визначається згідно із додатком 3 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні:

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}))}$$

η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень.

3.2 Моделювання впливу архітектурно-планувальних рішень на енергетичні показники будівлі

Показниками енергетичної ефективності будівель згідно Методики визначення енергетичної ефективності будівель в Україні є:

- питома енергопотреби на опалення, охолодження та гаряче водопостачання;
- питома енергоспоживання на опалення;
- питома енергоспоживання на вентиляцію;

- питоме енергоспоживання на гаряче водопостачання;
- питоме енергоспоживання на охолодження;
- питоме енергоспоживання на освітлення.

Напряму від конструктивних особливостей будівлі залежать питоме енергоспоживання на опалення і охолодження та питома енергопотреба на опалення, охолодження й гаряче водопостачання.

На величину енергопотреби не впливають такі параметри як ефективність джерела енергії, що використовується у системі енергозабезпечення будівлі, втрати в системах розподілу і утилізації тощо. Здебільшого на величину енергопотреби впливають конструктивні особливості будівлі та архітектурно-планувальні рішення.

Для заданої будівлі змодельовано розміщення її в середмісті вздовж чотирьох напрямків: двох основних – головним фасадом на північ та на схід і вздовж двох проміжних напрямків – головним фасадом на північний захід і на північний схід (рис. 3.1).

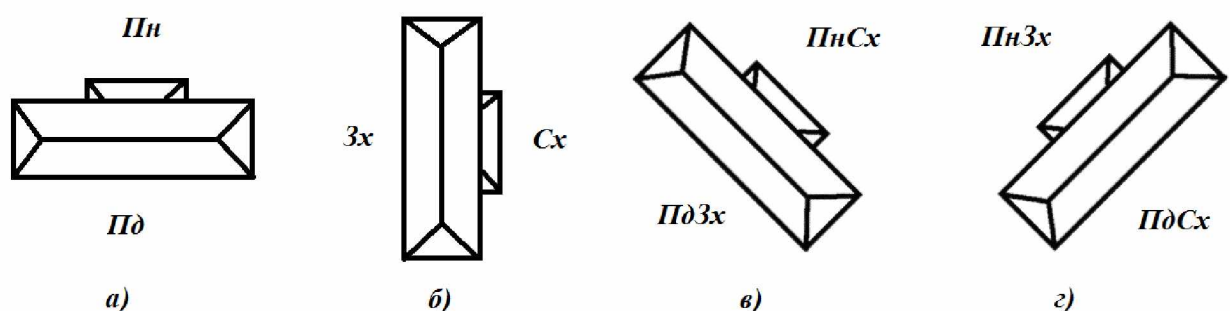


Рисунок 3.1 – Варіанти розташування головного фасаду будівлі, застосовані у моделюванні

Окрім зазначених чотирьох варіантів розташування головного фасаду будівлі можна розглянути також чотири протилежні варіанти, проте з урахуванням значної симетрії протилежних сторін будівлі дане моделювання не матиме суттєвих відмінностей із розглянутими варіантами, тому для них моделювання не виконуватимемо.

Ідея, покладена в основу моделювання розташування будівлі, полягає в тому, що при різному розташуванні будівлі різні частини її огорожувальних конструкцій по-різному будуть освітлюватися сонцем. З урахуванням того, що діюча методика враховує сонячні тепло надходження та різне тепло пропускання і теплосасвоєння різними матеріалами поверхонь будівлі, будемо отримувати різні значення енергопотреб на опалення будівлі при різному її розташуванні.

Енергопотреба на опалення будівлі складається з трансмісійних втрат через зовнішню оболонку будівлі, втрат тепла на підігрівання повітря, що інфільтрується при вентиляції приміщень, за вирахуванням частини утилізаційних втрат теплих трубопроводів системи гарячого водопостачання, що розташовані в опалюваному об'ємі будівлі, та метаболічних тепловиділень відвідувачів будівлі.

Дані моделювання енергопотреб будівлі в залежності від її розміщення головним фасадом уздовж основних та проміжних напрямків сторін світу наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Дані моделювання величини енергопотребы будівлі при різних варіантах її розташування

Складові теплової потреби будівлі	Розміщення будівлі згідно наведеної схеми (рис. 1.1)			
	<i>а)</i>	<i>б)</i>	<i>в)</i>	<i>г)</i>
	Пн-Пд	Зх-Сх	ПнСх-ПдЗх	ПнЗх-ПдСх
Трансмiсія через ОК	44400,0	44400,0	44400,0	44400,0
Вентиляція	22569,0	22569,0	22569,0	22569,0
Сонячні теплонадходження	11980,0	9624,0	11572,0	11584,0
ГВП	17283,0	17283,0	17283,0	17283,0
Теплонадходження від людей	1445,0	1445,0	1445,0	1445,0
Річна енергопотреба на опалення	45079,0	55856,0	45446,0	45435,0

За результатами моделювання енергопотребы будівлі при різних варіантах її розміщення можемо зробити висновок, що оптимальним розміщенням є перший варіант, коли головні фасади повернуті на північ та південь. Це пояснюється тим, що в північних широтах найбільше сонячного тепла надходить з півдня. У разі інших варіантів розташування на південь розвернуті фасади будівлі, що мають меншу площу або меншу кількість світлопрозорих елементів, або кути будівлі.

Порівнюючи значення енергопотребы будівлі на опалення при різних варіантах розташування можемо також оцінити можливості впливу на величину енергопотребы суто геометричних факторів розташування фасадів. Так, для досліджуваної будівлі розбіжність між оптимальним розміщенням та

розміщенням з найбільшою енергопотребою на опалення становить 24%. Тобто, оптимізація орієнтації будівель по сторонах світу з урахуванням забудови конкретного планувального простору є однією з важливих задач на етапі архітектурно-планувальних рішень будівлі.

3.3 Оцінка впливу енергоефективних заходів та їх взаємодії з архітектурно-планувальними рішеннями на показники енергоспоживання будівлі

Подальший хід за методикою визначення енергетичної ефективності будівель передбачає розрахунок енергоспоживання будівлі, що враховує не тільки розрахункову величину енергопотреби, але й ефективність системи генерації, транспортування, розподілу та утилізації теплової енергії.

У таблиці 3.2 наведено різні складові визначення розрахункової величини енергоспоживання будівлі на опалення.

Розрахункові дані енергоспоживання будівлі на опалення при існуючій системі генерації, постачання, розподілу та утилізації енергії для двох варіантів розміщення будівлі наведені у перших двох колонках. Наразі тепlopостачання будівлі здійснюється від районної газової котельні, довжина магістралей від виходу котельні до вводу будівлі становить 100 м в однотрубному вимірі. На котельні здійснюється кількісне регулювання режиму роботи системи тепlopостачання. Температурний графік 85-65°C. Магістральні трубопроводи утеплені мінеральною ватою та захищені фольгою. На вводі в будівлю встановлений елеваторний вузол із запірною арматурою, що дозволяє здійснювати ручне регулювання режиму роботи системи опалення. Система розподілу теплоносія однотрубна. Утилізація тепла здійснюється через сталеві секційні радіатори. Схема розведення вертикальна однотрубна без регулювальних кранів на радіаторах.

Першим кроком модернізації системи передбачено встановлення автоматичної регулювальної арматури (АРА) на ввіді радіаторів системи опалення. Це дозволить збалансувати систему розподілу тепла та мінімізувати температурний перепад між опалюваними приміщеннями. Розрахункові дані для першого варіанту модернізації наведено у третьому та четвертому стовпцях.

Другим варіантом модернізації запропоновано встановлення автоматичної регулювальної арматури та зміна розведення системи опалення на двотрубну систему (2ТР+АРА). Це дозволить більш ефективно балансувати систему і за рахунок двотрубною системи живлення кожний радіатор буде підключений паралельно іншим, а не послідовно, таким чином, мінімізуються перепад тепла у магістральних трубопроводах системи розподілу тепла і радіатори працюватимуть у приблизно однакових температурних умовах. Розрахункові дані для другого варіанту модернізації наведено у п'ятому та шостому стовпцях таблиці.

Наступний варіант термомодернізації передбачає модернізацію елеваторного вузла на ввіді системи опалення в будівлю та організацію індивідуального теплового пункту з погодо залежним регулюванням режиму роботи системи відбору та розподілу тепла. При цьому також розглядається двотрубна система розподілу тепла та наявність регулювальної арматури на радіаторах (2ТР+АРА+ІТП). Розрахункові дані для зазначеного варіанту термомодернізації наведено у відповідних стовпцях таблиці 3.2.

Аналіз структури втрат теплової енергії в системі розподілу, транспортування та генерації теплоносія вказує на те, що найбільші втрати енергії спостерігаються у магістральному трубопроводі та в системі генерації тепла. Тому наступним варіантом модернізації є зміна джерела теплової енергії та перехід на децентралізовану систему. Це дозволить відмовитися від транспортування тепла довгими магістралями прокладеними поза

опалюваним об'ємом та здійснювати оперативне регулювання джерела теплової енергії у відповідності до фактичних потреб будівлі. В якості генератора теплової енергії розглянуто електричний водогрійний котел (ЕК), що може працювати на систему опалення та гарячого водопостачання. Даний варіант модернізації передбачає і збереження всіх попередніх пунктів модернізації, таким чином, у таблиці від позначається (2ТР+АРА+ІТП+ЕК). Розрахункові дані цього варіанту термомодернізації наведено у двох останніх стовпцях таблиці 3.2.

За результатами розрахунку величини енергоспоживання побудуємо діаграму енергопотреби та енергоспоживання будівлі при різному її розташуванні, а також при різних рівнях ефективності АСМУ системою опалення (рис. 3.2).

Характеристики, відображені на діаграмі, вказують на граничні величини енергопотреби будівлі при різних варіантах її розташування – оптимальному та антиоптимальному – нижні горизонтальні характеристики. Оптимальне розміщення будівлі відповідає орієнтації головних фасадів на північ-південь, анти оптимальне – при розташуванні на схід-захід. Під анти оптимальним розташуванням будівлі розуміємо таке розташування, при якому енергопотреба будівлі на опалення буде максимальною.

Також на діаграмі відображені показники величини енергоспоживання на опалення будівлі з урахуванням ефективності генерації теплової енергії, втрат у магістральних та розподільчих трубопроводах, ефективності системи утилізації тепла – верхні спадні характеристики. Аналіз отриманих показників енерговикористання на опалення вказує на те, що однаковий рівень енергоспоживання на опалення будівлі може бути досягнутий при різних комбінаціях архітектурно-планувальних рішень та реалізації енергоефективних заходів спрямованих на автоматизацію управління та оптимізацію режимів роботи інженерних мереж будівлі.

Таблиця 3.2

Складові енергетичних потоків у структурі енергоспоживання досліджуваної будівлі на опалення

№	Складові енергетичних потоків, кВт·год	Характеристика системи теплопостачання будівлі									
		Існуючий стан		Модернізація системи утилізації енергії: (АРА)		Модернізація системи розподілу енергії: 2ТР+АРА		Модернізація системи споживання енергії: 2ТР+АРА+ІТП		Модернізація системи виробництва енергії: 2ТР+АРА+ІТП+ЕК	
1	Річна енергопотреба на опалення	55856,0	45079,0	55856,0	45079,0	55856,0	45079,0	55856,0	45079,0	55856,0	45079,0
2	Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі	17816,6	14379,0	11003,1	8880,1	6545,8	5282,9	6545,8	5282,9	3263,6	2634,0
3	Енергія входу підсистеми тепловіддачі	73672,6	59458,0	66859,1	53959,1	62401,8	50361,9	62401,8	50361,9	59119,7	47713,0
4	Енергія виходу підсистеми розподілу	73672,6	59458,0	66859,1	53959,1	62401,8	50361,9	62401,8	50361,9	59119,7	47713,0
5	Тепловтрати підсистеми розподілу	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6	104768,6
6	Неутилізаційні тепловтрати	18576,0	18576,0	18576,0	18576,0	18576,0	18576,0	18576,0	18576,0	0	0
7	Утилізовані тепловтрати	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8	94291,8
8	Неутилізовані тепловтрати	29052,9	29052,9	29052,9	29052,9	29052,9	29052,9	29052,9	29052,9	10476,9	10476,9
9	Енергія входу в	102725,5	88510,9	95912,0	83012,0	91454,7	79414,7	91454,7	79414,7	69596,51	58189,8

№	Складові енергетичних потоків, кВт·год	Характеристика системи тепlopостачання будівлі									
		Існуючий стан		Модернізація системи утилізації енергії: (АРА)		Модернізація системи розподілу енергії: 2ТР+АРА		Модернізація системи споживання енергії: 2ТР+АРА+ІТП		Модернізація системи виробництва енергії: 2ТР+АРА+ІТП+ЕК	
	підсистему розподілу										
10	Енергія виходу підсистеми виробництва	102725,5	88510,9	95912,0	83012,0	91454,7	79414,7	91454,7	79414,7	69596,51	58189,8
11	Загальні тепловтрати підсистеми виробництва	44025,2	37933,2	41105,1	35576,6	39194,9	34034,9	3810,6	3308,9	1420,3	1187,5
12	Річне енергоспоживання при опаленні	146750,7	126444,1	137017,1	118588,6	130649,6	113449,6	95265,3	82723,7	71016,9	59377,4
	Відсоток втрат відносно енергопотреби на опалення,%	162,7	180,5	145,3	163,1	133,9	151,7	70,6	83,5	27,1	31,7

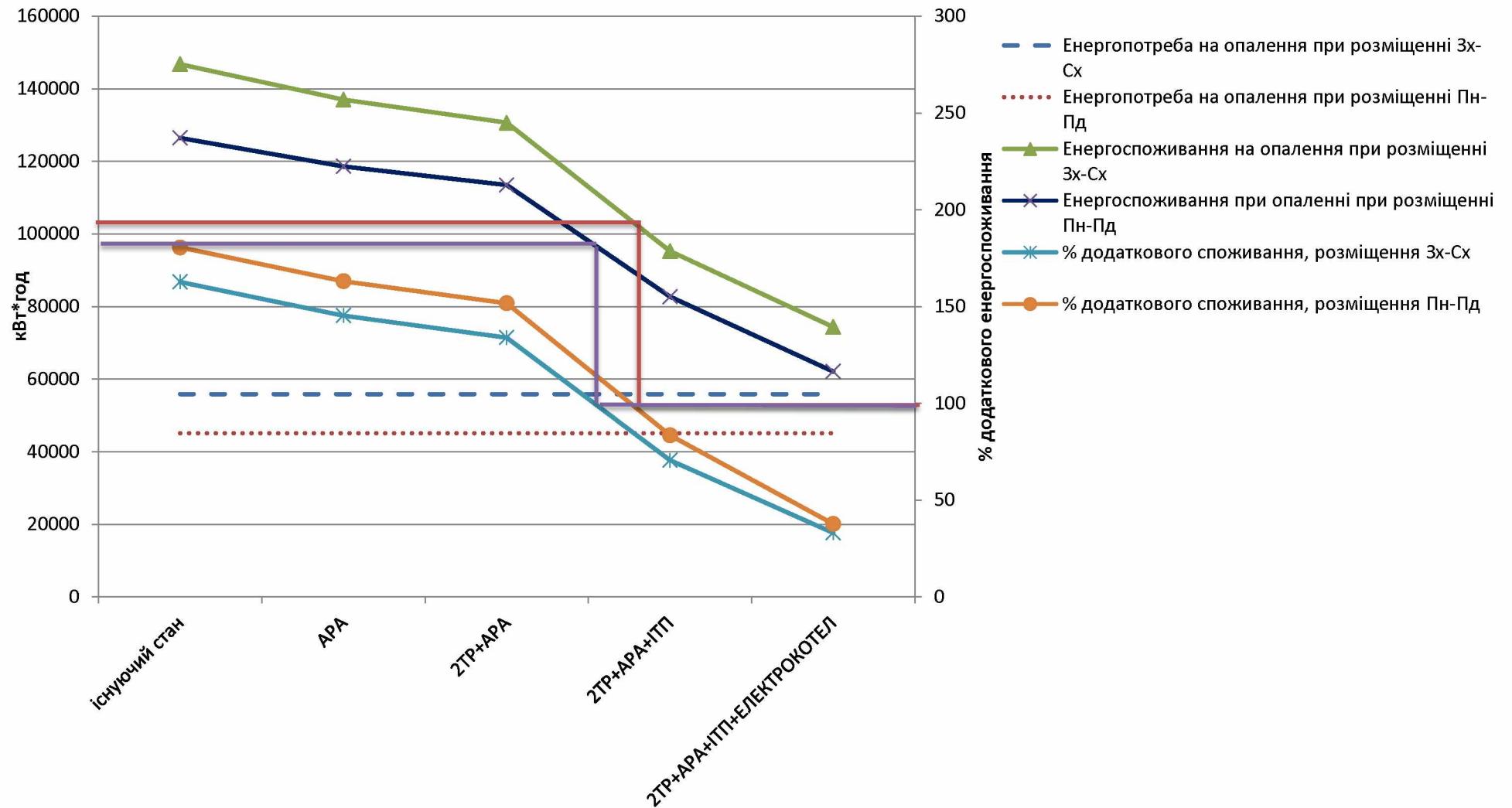


Рисунок 3.2 – Діаграма енергопотреби та енергоспоживання будівлі при різному її розташуванні, а також при різних рівнях ефективності АСМУ системою опалення.

Друга група спадних характеристик відображає відсоткове відношення величини енергоспоживання на опалення будівлі до величини відповідної енергопотреби будівлі. Дані характеристики мають діапазон значень, відкладений по допоміжній вертикальній вісі. Те, що отримані значення відсоткового відношення перевищують 100% свідчить про низьку ефективність систем генерації, транспортування, розподілу та утилізації теплової енергії. Для розмежування зони роботи системи опалення, в якій додаткове енергоспоживання перевищує власне енергопотребу будівлі, проведено дві ламані характеристики, які по допоміжній вісі беруть початок на відмітці 100%, а по основній вісі вказують на очікуване розрахункове енергоспоживання будівлі за умови рівності енергопотреби та додаткового енергоспоживання. Вертикальна частина цієї ламаної вказує на основні заходи з автоматизації систем моніторингу та управління енергоспоживання будівлі, які необхідно впровадити, щоб зрівняти енергопотребу та додаткове енергоспоживання.

Частини характеристик, які лежать ліворуч та вище ламаної відповідають низькоефективним режимам енергоспоживання, при якому додаткове споживання та втрати теплової енергії більші за власне енергопотребу. Частини характеристик, які лежать нижче та правіше від ламаної відповідають умовно ефективним режимам енергоспоживання, оскільки тут додаткове споживання та втрати менші за величину енергопотреби.

Найнижчого значення відсотку додаткового споживання та втрат енергії вдається досягти за умови встановлення електродіодів безпосередньо у досліджуваній будівлі. Таким чином вдається знизити втрати в джерелі теплової енергії, а також прибрати з теплового балансу втрати в магістральних трубопроводах. Проте навіть у цьому режимі залишається додаткове надмірне споживання тепла через неоптимальний вертикальний розподіл тепла у приміщенні, надлишкові втрати при прокладанні трубопроводів у стінах та перекриттях, при розміщенні опалювальних приладів уздовж зовнішніх стін тощо. Доця цих додаткових витрат теплової енергії становить 27-32 % відносно

енергопотреби. Для порівняння при розповсюдженій однотрубній системі опалення з квартальною або районною газовою котельнею доля додаткових втрат може досягати 160-180% від енергопотреби. Тобто фактично втрачається енергії більше, ніж корисно використовується.

Таким чином, у даному розділі на основі Методики визначення енергетичної ефективності будівель, розроблено математичну модель реконструйованої будівлі, проведено аналіз впливу архітектурно-планувальних рішень, вибору джерела енергії, первинного енергоресурсу та автоматизованих систем моніторингу і управління будівлею (АСМУБ) на величини енергопотреби і енергоспоживання будівлі. Побудовано характеристики енергоспоживання системою опалення будівлі за різного її розташування та за різних рівнів організації АСМУБ, показано зони оптимальної роботи системи опалення та роботи з надмірними додатковими втратами.

Подальше розвинення математичної моделі в частині аналізу ефективності роботи інших інженерних мереж може допомогти у проектуванні пасивних та зелених будинків, тобто будівель, що споживають мінімум енергетичних ресурсів або ж є екологічно сприятливими, також допоможе зробити модель багатовимірною і оптимізувати співвідношення потужностей, задіяних в опаленні, приготуванні гарячої води, охолодженні та вентиляції.

4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Характеристика запропонованих заходів з енергозбереження

Об'єктом даної роботи є будівля амбулаторії, яка розташована за адресою вул. Філософська, 62, у м. Дніпро. На основі дослідження теплоізоляційних характеристик будівлі було встановлено, що опір теплоізоляції усіх огорожуючих конструкцій не відповідає нормативним значенням, а отже витрати паливних ресурсів та вартість опалення будівлі є надмірними і потребують оптимізації.

В якості заходів з енергозбереження при капітальному ремонті запропоновано зробити утеплення стін будівлі шаром мінераловатних плит та замінити існуючі дерев'яні вікна на сучасні металопластикові з подвійним склопакетом та тепловідбивними шарами на внутрішньому та зовнішньому склі. Це дасть змогу покращити теплоізоляційні якості огорожуючих конструкцій будівлі, зменшити витрати палива та вартість опалення будівлі у зимовий час. Окрім цього запропоновані заходи мають і соціальний ефект, який полягає у покращенні умов праці робітників, що працюють у будівлі.

Розрахуємо показники економічної ефективності запропонованих проектів.

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати – це грошові кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати на здійснення проектного варіанту складають:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{м} + K_{пл},$$

де $K_{об}$ - вартість устаткування за зведенням витрат, тис.грн.;

$K_{\text{тп}}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати, тис.грн.;

$K_{\text{м}}$ - витрати на монтаж і налагодження устаткування, тис.грн.;

$K_{\text{пл}}$ - планові накопичення, тис.грн.

У розрахунку прийнято, що вартість основних матеріалів для утеплення стін становить 530 грн/м²; вартість супутніх матеріалів становить 15% від вартості основних; вартість монтажних робіт з утеплення стін становить 40% від вартості основних матеріалів; площа утеплення стін 648,75 м². Розрахунок витрат на утеплення зовнішніх огорожень будівлі амбулаторії зведено у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на утеплення огорожуючих конструкцій будівлі амбулаторії

№ п/п	Найменування обладнання та монтажно-налагоджувальних робіт	Вартість, тис. грн.
1	Основні матеріали	343,84
2	Супутні матеріали	51,58
3	Вартість монтажних робіт	137,54
Усього		532,96

Вартість витрат на заміну вікон розраховано виходячи з ціни вікна у металопластиковому плетінні з двокамерним склопакетом із тепловідбиваючими покриттями 1800 грн/м²; площа вікон за проектом становить 154,34 м²; вартість супутніх матеріалів становить 15% від вартості основних; вартість монтажних робіт становить 20% від вартості основних матеріалів. Розрахунок витрат на заміну вікон будівлі амбулаторії зведено у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Витрати на заміну вікон у будівлі амбулаторії

№ п/п	Найменування обладнання та монтажно-налагоджувальних робіт	Ціна, тис. грн.
1	Вікна металопластикові з механізмом	277,81
2	Супутні матеріали	41,67
3	Монтажні роботи	55,56
Усього		375,04

Вартість монтажних робіт визначено як 10% від вартості матеріалу.

Зведення капітальних витрат на реалізацію обох проектів наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Зведення капітальних витрат на утеплення будівлі

№ п/п	Обладнання	Вартість основних та супутних матеріалів, тис. грн.	Монтажні роботи, тис. грн.	Транспортні витрати, тис. грн.	План. накоп-ня, тис. грн.	Усього, тис. грн.
1	Утеплення зовнішніх стін	395,42	137,54	39,54	19,77	592,27
2	Заміна вікон	319,48	55,56	31,95	15,97	422,96

Таким чином, капітальні витрати на утеплення фасаду будівлі складають $K_{\phi} = 592,27$ тис.грн., а на заміну вікон $K_{\text{в}} = 422,96$ тис.грн.

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкту проектування за певний період, виражені в грошовій формі.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{\text{ін}},$$

де C_a - амортизаційні відрахування, тис. грн.;

C_3 – заробітна платня обслуговуючого персоналу, тис.грн.;

C_c - відрахування на соціальні заходи від заробітної платні, тис.грн.;

C_T - відрахування на технічне обслуговування та поточний ремонт устаткування, тис.грн.;

C_e – вартість електроенергії, що споживається об'єктом проектування, тис.грн.;

$C_{ін}$ - інші витрати, тис. грн.

Впровадження розроблених заходів з енергозбереження не передбачає регулярне обслуговування теплоізоляції фасаду чи вікон персоналом підприємства. Тому відрахування на заробітну плату, соціальний захист робітників внаслідок реалізації проектів нараховуватися не будуть. Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт вікон та теплоізоляції включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і визначаються за фактичними даними будівлі або укрупнено у відсотках від капітальних витрат: приймаємо відсоток нарахувань рівним 1% як для устаткування. Тоді

$$C_T = 0,01 \cdot K,$$

$$C_{Tф} = 0,01 \cdot 592,27 = 5,92 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{ТВ} = 0,01 \cdot 422,96 = 4,23 \text{ тис. грн.}$$

4.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація – це процес відшкодування в грошовій формі зносу основних фондів шляхом перенесення їх вартості на собівартість продукції.

Амортизаційні відрахування (C_a) відбуваються впродовж всього терміну служби або в амортизаційний період – час, за який повністю відшкодовується первинна вартість основних фондів.

Норма амортизації – це встановлений державою відсоток щорічного відшкодування основних фондів підприємства.

Згідно з законодавством України у даній роботі застосовується прямолінійний метод амортизації.

Амортизаційні відрахування розраховуються за наступною формулою:

$$C_a = \frac{ПВ-ЛВ}{T},$$

де ПВ- початкова вартість об'єкта, ЛВ - ліквідаційна вартість об'єкта, приймаємо рівною 3% від початкової вартості; T – термін реалізації проекту.

$$C_{aф} = \frac{592,27 - 0,03 \cdot 592,27}{15} = 38,30 \text{ тис.грн.};$$

$$C_{aв} = \frac{422,96 - 0,03 \cdot 422,96}{15} = 27,35 \text{ тис.грн.}$$

Амортизаційні відрахування від впровадження енергозберігаючих заходів вважаємо надходженнями від реалізації проекту.

4.5 Оцінка динамічних показників запропонованих проектів з енергозбереження

Дослідження динамічних економічних показників дають змогу оцінити надійність капіталовкладень, оцінити ринкові умови, за яких дані проекти будуть рентабельними. Тому перш ніж рекомендувати до впровадження якийсь проект варто спочатку оцінити потенційний прибуток та ризики, пов'язані з його отриманням від інвестування в проект.

4.5.1 Дисконтування витрат і доходів від реалізації енергозберігаючих проектів

Дисконтуванням витрат (доходів) називається приведення різночасних витрат (доходів) до порівнянного виду, тобто вираження їх через вартість на однаковий момент часу (частіше на початковий момент здійснення інвестиційного проекту).

Дисконтування здійснюється шляхом множення витрат (доходів) кожного року реалізації проекту на відповідний коефіцієнт дисконтування K_t :

$$K_t = \frac{1}{(1 + \alpha)^t}$$

де t - номер року розрахункового періоду ($t = 0, 1, 2, \dots, T$);

$T = 15$ – термін реалізації проекту, роки;

α – дисконтна ставка (норма дисконту):

$$\alpha = \alpha_p + \alpha_i,$$

α_p – реальна відсоткова ставка (ставка дисконту), $\alpha_p = 8\%$;

α_i – річний рівень інфляції, $\alpha_i = 5\%$;

$$\alpha = 8 + 5 = 13\%.$$

До доходів від реалізації енергоефективних заходів віднесемо економію енергоресурсів за рахунок термомодернізації огорожуючих конструкцій, виражену в грошовому еквіваленті та амортизаційні відрахування. Економію енергетичних ресурсів за рахунок утеплення та заміни вікон визначаємо за допомогою математичної моделі будівлі. До утеплення та заміни вікон розрахункове енергоспоживання на опалення становило 126 533 кВт·год/рік, після утеплення стін величина розрахункового енергоспоживання змінюється до 85 933кВт·год/рік, після заміни вікон – до 75 730 кВт·год/рік. Таким чином, економія енергії за рахунок заходів з термомодернізації огорожуючої оболонки становить для проекту утеплення стін – 40 600 кВт·год/рік (34,916 Гкал/рік), для проекту заміни вікон – 10 203 кВт·год/рік (8,775 Гкал/рік). Оскільки розраховуємо економію енергії для системи опалення, то переводимо економію енергії в Гікалорії. Тариф на теплову енергію від системи централізованого опалення у м. Дніпро становить наближено 1579,51 грн/Гкал. Таким чином, для першого проекту економії за рахунок утеплення фасаду становить 55 150,17 грн./рік; для другого проекту – 13 860,20 грн./рік.

Річні надходження для розглянутих проектів становлять:

- для проекту утеплення фасаду: $55,15 + 38,30 = 93,45$ тис.грн./рік;

- для проекту заміни вікон: $13,86 + 27,35 = 41,21$ тис.грн./рік;

Результати розрахунків дисконтованої вартості вхідних грошових потоків від реалізації обох проектів наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Дисконтована вартість грошових потоків для обох проектів

Рік	Проект 1. Утеплення фасаду			Проект 2. Заміна вікон		
	Грошовий потік за проектом 1, тис. грн.	K_t , коеф. дисконтування $\alpha=0,13$	ДВ– дисконтована вартість вхідного грошового потоку	Грошовий потік за проектом 2, тис. грн.	K_t , коеф. дисконтування $\alpha=0,13$	ДВ– дисконтована вартість вхідного грошового потоку
0	0	1	0	0	1	0
1	93,45	0,885	82,7	41,21	0,885	36,47
2	93,45	0,7832	73,19	41,21	0,7832	32,28
3	93,45	0,6931	64,77	41,21	0,6931	28,56
4	93,45	0,6134	57,32	41,21	0,6134	25,28
5	93,45	0,5428	50,72	41,21	0,5428	22,37
6	93,45	0,4804	44,89	41,21	0,4804	19,8
7	93,45	0,4251	39,73	41,21	0,4251	17,52
8	93,45	0,3762	35,16	41,21	0,3762	15,5
9	93,45	0,3329	31,11	41,21	0,3329	13,72
10	93,45	0,2946	27,53	41,21	0,2946	12,14
11	93,45	0,2607	24,36	41,21	0,2607	10,74
12	93,45	0,2307	21,56	41,21	0,2307	9,51
13	93,45	0,2042	19,08	41,21	0,2042	8,42
14	93,45	0,1807	16,89	41,21	0,1807	7,45
15	93,45	0,1599	14,94	41,21	0,1599	6,59
Всього			603,95			266,35

5.5.2 Розрахунок чистої поточної вартості (ЧПВ)

Показник ЧПВ враховує змінення вартості грошей в часі, а також вигоди від проекту на всьому періоді його існування.

Чиста поточна вартість (ЧПВ) представляє собою абсолютну величину ефекту від реалізації енергозберігаючого проекту за весь розрахунковий період:

$$\text{ЧПВ} = \text{ДВ} - \text{К, грн.},$$

де ДВ – дисконтований грошовий потік за весь розрахунковий період, який з'являється завдяки реалізації проекту, грн.;

К – капітальні інвестиції за той самий період, грн.

Для проекту утеплення фасаду будівлі ЧПВ складе:

$$\text{ЧПВ}_\phi = 603,95 - 592,27 = 11,68 \text{ тис. грн.} > 0,$$

оскільки чиста поточна вартість проекту є додатною, то це свідчить про те, що реальна вартість надходжень за проектом при збереженні стійких економічних умов буде більшою за вартість капіталовкладень, тобто проект буде прибутковим.

Для проекту заміни вікон ЧПВ складе:

$$\text{ЧПВ}_\psi = 266,35 - 422,96 = -156,61 \text{ тис. грн.} < 0.$$

Оскільки ЧПВ за даним проектом є від'ємним, то проект є збитковим. Така відмінність між проектами полягає у тому, що за рахунок утеплення термічний опір стін збільшується у 2,5 рази, у той час як для вікон він збільшується лише у 1,5 рази, тому основна економія припадає саме на утеплення стін. Проте сучасні вимоги до енергетичної ефективності будівель вимагають реалізації обох проектів.

4.5.3 Визначення внутрішньої норми дохідності (ВНД)

Внутрішня норма прибутковості (дохідності) – це ставка дисконту, за якої дисконтована вартість грошового потоку від реалізації проекту дорівнює початковим інвестиціям у проект.

Знайти ВНД можна використовуючи таблицю поточної вартості аннуїтета. Для цього потрібно:

- 1) Розділити початкові інвестиції на річний грошовий потік.
- 2) За таблицею поточної вартості аннуїтету знайти за отриманим значенням і числом років реалізації проекту відповідне значення дисконтної ставки:

Для проекту 1 – утеплення фасаду:

$592,27/93,45 = 6,338$. За таблицею аннуїтету цьому значенню і періоду $T=15$ років відповідає значення $\alpha \approx 13,38\%$. Тобто $ВНД = 13,38\%$.

Оскільки норма дисконту для обраного проекту становить $\alpha = 13\%$, а $ВНД = 13,38\%$, то можна зробити висновок, що проект є ризикованим, оскільки підвищення реальної банківської ставки та/або рівня інфляції сумарно більше, ніж на $0,5\%$ робить проект збитковим, проте стабілізація економічних умов та зниження зазначених ставок підвищують інвестиційну привабливість проекту.

Для проекту 2 – заміна вікон:

$422,96/41,21 = 10,263$. Аналогічно знаходимо, що при строку реалізації проекту $T=15$ років, внутрішня норма доходності другого проекту становить $ВНД = 5,18\%$. Тобто зона прибутковості другого проекту при його самостійній реалізації – тільки за умови ставки дисконтування менше 5% . Другий проект варто реалізовувати в комплексі з іншими заходами, що є прибутковими і здатні в комплексі окупити всі запропоновані рішення.

4.5.4 Розрахунок рентабельності інвестицій (ІР)

Рентабельність інвестицій (індекс рентабельності) є відношенням дисконтованої вартості грошового потоку до суми інвестованих коштів за проектом. Індекс рентабельності знаходимо лише для першого проекту, оскільки він є прибутковим.

$$ІР = \frac{ДВ}{К}$$

Так, для першого проекту рентабельність інвестицій складає

$$ІР_{\phi} = 603,95/592,27 = 1,020.$$

Індекс рентабельності більший за одиницю свідчить про прибутковість проекту. Значення індексу вказує на те, що на кожному інвестовану гривню протягом терміну реалізації буде отримано додатково 2 коп. прибутку (без урахування зростання тарифів та цін на енергоносії).

4.5.5 Визначення періоду окупності (ПО)

Період окупності є кількістю років, за які повертаються інвестовані у реалізацію проекту кошти.

Для першого проекту простий (не дисконтований) період повернення інвестицій

$$T = \frac{K}{E} = \frac{592,27}{93,45} = 6,3 \text{ роки.}$$

Для першого проекту простий (не дисконтований) період повернення інвестицій

$$T = \frac{K}{E} = \frac{422,96}{41,21} = 10,3 \text{ роки.}$$

Тобто без урахування зміни вартості грошей у часі другий проект також є окупним. Насправді для більш обґрунтованого прийняття рішення по другому проекту потрібно паралельно робити прогноз на зростання тарифу на енергоносії, тоді величина вартості річної економії протягом терміну реалізації проекту зростатиме або знижуватиметься повільніше, це може вплинути і на чисту поточну вартість за цим проектом. Перший проект є окупним і придатним до реалізації як за статичними, так і за динамічними економічними показниками.

ВИСНОВОК

Дана робота присвячена розробці проекту реконструкції будівлі амбулаторії у м.Дніпро. Проект передбачає не тільки роботи з відновлення несучої здатності основних конструкцій та заміну зношених інженерних мереж, але й проведення повної термореновації будівлі.

Так, за проектом передбачено проведення утеплення фасадів, перекриття неексплуатованого горища та перекриття цокольного поверху по ґрунту, заміну дверей та світлопрозорих конструкцій, а також повну заміну усіх інженерних мереж будівлі.

У даній роботі проаналізовано технологію виконання робіт з утеплення зовнішніх стін, теплового монтажу вікон та дверей, утплення перекриттів цокольного поверху та горища, також розраховано показники енергетичних опорів огорожуючих конструкцій, розроблено математичну модель будівлі, яка дозволяє розраховувати енергопотребу та енергоспоживання системи опалення будівлі.

За допомогою математичної моделі отримано графічні залежності, які наочно відображають ефективність роботи усіх підсистем системи опалення будівлі: генерації, транспортування, розподілу та утилізації теплової енергії; визначено необхідні для впровадження заходи по автоматизації систем моніторингу та управління будівлею для оптимізації роботи системи опалення та виходу її на енергоефективний режи, при якому доля додаткового споживання і втрат не перевищуватиме енергопотребу будівлі.

На основі отриманих результатів моделювання розроблено енергетичний паспорт та енергетичний сертифікат досліджуваної будівлі.

Також виконано економічне дослідження доцільності впровадження заходів з термомодернізації будівлі і показано, що кожний окремий захід може мати значний термін окупності і бути непривабливим з точки зору інвестицій, проте при реалізації комплексу заходів за рахунок мультиплікації економії можливо досягти прийнятних показників економії та термінів окупності за умови стабільної економічної ситуації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методика визначення енергетичної ефективності будівель № 169 від 11.07.2018 [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:http://zntu.edu.ua/sites/default/files/konf/5.1-metodyka_vyznachennya_energetychnoyi_efektyvnosti_budivel_nakaz_minregionbu_du_no_169_vid_11.07.2018.pdf.
2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу:https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1781___.2.2-12.pdf.
3. ДБН В.2.6-31-31:2016 Теплова ізоляція будівель [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2017. – Режим доступу до ресурсу:https://dbn.co.ua/dbn/DBN_V.2.6-31-2016_Teplova_izolyatsiya_budively.pdf.
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2013. – Режим доступу до ресурсу:https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_2_6_189/5-1-0-1790.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей [Електронний ресурс] // Мінрегіонбуд. – 2010. – Режим доступу до ресурсу:http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=26934.
6. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2014. – Режим доступу до ресурсу:https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_n_b_v_2_6_192/5-1-0-1165.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2011. – Режим доступу до ресурсу:<https://geodez.com.ua/pdf/dstu-n-b-v.1.1-27-2010.pdf>.

8. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огороджувальних конструкцій [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56181.

9. ДСТУ-Н Б.А.2.2-15:2013 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1783_-_2.2-13_2015.pdf.

10. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_en_iso_13790/5-1-0-1159.

11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.

12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188.

13. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів [Електронний ресурс] // Міністерство охорони здоров'я України. – 1996. – Режим доступу до ресурсу: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsp_173_96_derzhavni_sanitarni_pravila_planuvannja_i_zabudovi_naselenikh_punktiv/25-1-0-1815.

14. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/5-1-0-783>.

15. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення.

[Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:

https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_15_2015_zhitlovi_budinki_osnovni_polozhennja/1-1-0-1184.

16. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення [Електронний ресурс] // Мінрегіон України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-405>.

Енергетичний паспорт об'єкта

Таблиця А.1 - Розрахункові параметри

найменування параметрів	розрахункових	позначення	одиниці виміру	величина
розрахункова температура внутрішнього повітря для опалення		$\theta_{int,s,H}$	$^{\circ}\text{C}$	21
усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію		$q_{ve,mn}$	$\text{м}^3/\text{год}$	849,2
усереднений за часом тепловий потік внутрішніх джерел		$\Phi_{int,mn}$	$\text{Вт}/\text{м}^2$	15,7
внутрішня теплоємність будівлі		C	$\text{Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$	80
функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будівлі				
призначення		будівля охорони здоров'я		
основні конструктивні рішення огорожень		існуюча будівля амбулаторія 2-х поверхова з підвалом під частиною будівлі, в плані прямокутної форми, з основними габаритними розмірами 12,15×26,18 м.		

Таблиця А.2 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показник	Показник і одиниця виміру	Нормативне значення	Розрахункове (проектне) значення	Фактичне значення
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій	$A_{\Sigma}, \text{м}^2$	-	1308,09	-
У тому числі:				
- зовнішніх стін, що межують з зовнішнім повітрям	$A_i, \text{м}^2$	-	648,75	-
- зовнішніх стін, що не межують з кондиціонованим об'ємом	$A_{iu}, \text{м}^2$	-	-	-
- стін некондиціонованого об'єму, що	$A_{uc}, \text{м}^2$	-	-	-

межують з зовнішнім повітрям				
- стін, що межують з сусідніми будинками	$A_a, \text{м}^2$	-	-	-
- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$A_{wi}, \text{м}^2$	-	154,34	-
- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$A_{wius}, \text{м}^2$	-	-	-
- вікон некондиціонованого об'єму, що межують зовнішнім повітрям	$A_{wue}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$A_{cci}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$A_{ccui}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$A_{ccue}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{aci}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	$A_{acui}, \text{м}^2$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$A_{acue}, \text{м}^2$	-	-	-
- горищних перекриттів неопалюваних горищ	$A_{aciu}, \text{м}^2$	-	274,13	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$A_{uafi}, \text{м}^2$	-	-	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$A_{opi}, \text{м}^2$	-	-	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з некондиціонованим об'ємом	$A_{opiu}, \text{м}^2$	-	-	-
- перекриттів некондиціонованим об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з зовнішнім повітрям	$A_{opue}, \text{м}^2$	-	-	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з	$A_{opa}, \text{м}^2$	-	-	-

сусіднім будинком				
- перекриттів між кондиціонованих об'ємом і некондиціонованим простором підвалу	A_{cubiu}, M^2	-	-	-
- перекриттів між некондиціонованим простором підвалу і зовнішнім повітрям	A_{cubue}, M^2	-	-	-
- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{fdi}, M^2	-	14,5	-
- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	A_{fdiu}, M^2	-	-	-
- зовнішніх дверей некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	A_{fdue}, M^2	-	-	-
- підлоги по ґрунту кондиціонованого об'єму	A_{gfi}, M^2	-	216,37	-
- підлоги по ґрунту некондиціонованого об'єму	A_{gfu}, M^2	-	-	-
- стіни кондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	A_{gwi}, M^2	-	-	-
- стіни некондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	A_{gwu}, M^2	-	-	-
Кондиціонована (опалювана) площа	A_f, M^2	-	576,3	-
Кондиціонований (опалюваний) об'єм	V, M^3	-	1999,8	-
Коефіцієнт скління фасадів будинку	m_w	-	0,19	-
Показник компактності будинку	Λ_{bcis}, M^{-1}	-	0,63	-

Теплотехнічні показники

Показник	Показник і одиниця виміру	Нормативне значення	Розрахункове (проектне) значення	Фактичне значення
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій	$R_{\Sigma пр}, K/Вт$			
У тому числі: - зовнішніх стін, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma пр i}$	3,3	2,88	-

- зовнішніх стін, що не межують з кондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{пр } u}$	-	-	-
- стін некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } ue}$	-	-	-
- стін, що межують з сусідніми будинками	$R_{\Sigma \text{пр } a}$	-	-	-
- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } wi}$	0,75	0,75	-
- вікон і балконних дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{пр } wiu}$	-	-	-
- вікон некондиціонованого об'єму, що межують зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } wue}$	-	-	-
- суміщених покриттів кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } cci}$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } ccui}$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } ccue}$	-	-	-
- суміщених покриттів мансард, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } aci}$	-	-	-
- суміщених покриттів мансард, що межують із некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{пр } acui}$	-	-	-
- суміщених покриттів некондиціонованого об'єму, що межують із зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } acue}$	-	-	-
- горищних перекриттів неопалюваних горищ	$R_{\Sigma \text{пр } aci u}$	4,95	4,67	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$R_{\Sigma \text{пр } uaf i}$	-	-	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами	$R_{\Sigma \text{пр } ori}$	-	-	-
- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma \text{пр } ori u}$	-	-	-
- перекриттів некондиціонованим об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma \text{пр } orue}$	-	-	-

- перекриттів кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами, що межують з сусіднім будинком	$R_{\Sigma np\ opa}$	-	-	-
- перекриттів між кондиціонованих об'ємом і некондиціонованим простором підвалу	$R_{\Sigma np\ cubiu}$	-	-	-
- перекриттів між некондиціонованим простором підвалу і зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma np\ cubue}$	-	-	-
- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma np\ fdi}$	0,6	0,6	-
- зовнішніх дверей кондиціонованого об'єму, що межують з некондиціонованим об'ємом	$R_{\Sigma np\ fdiu}$	-	-	-
- зовнішніх дверей некондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	$R_{\Sigma np\ fdue}$	-	-	-
- підлоги по ґрунту кондиціонованого об'єму	$R_{\Sigma np\ gfi}$	3,75	2,85	-
- підлоги по ґрунту некондиціонованого об'єму	$R_{\Sigma np\ gfu}$	-	-	-
- стіни кондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	$R_{\Sigma np\ gwi}$	-	-	-
- стіни некондиціонованого об'єму, що межує з ґрунтом	$R_{\Sigma np\ gwu}$	-	-	-
Енергетичні показники				
Енергопотреба для опалення	$Q_{H\cdot nd}$, кВт·год	-	58254,01	-
Енергопотреба для охолодження	$Q_{C\cdot nd}$, кВт·год	-	20111,96	-
Енергопотреба для гарячого водопостачання	$Q_{DHW\cdot nd}$, кВт·год	-	17289,0	-
Розрахункова (фактична) питома енергопотреба	EP , кВт·год/м ² , (кВт·год/м ³)	- -	(47,83)	-
Максимально допустиме значення питомої енергопотреби будин-	EP_{max} , кВт·год/м ² ,	48,0	-	-

ку	кВт·год/м ³			
Клас енергетичної ефективності	-	-	C	-
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів	рік	-	25	-
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам	<p>Проект відповідає вимогам ДБН В.2.6-31 до теплотехнічних та енергетичних показників огорожувальних конструкцій будівлі і порядку їх розрахунку, що забезпечує:</p> <ul style="list-style-type: none"> - раціональне використання енергетичних ресурсів на обігрів приміщень будівлі; - довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівлі; - нормативні показники санітарно-гігієнічних параметрів, мікроклімату приміщень. 			
Необхідність доопрацювання проекту будинку	немає			

Таблиця А.3 - Характеристики інженерних систем

Опалення	
Тип системи	двотрубна горизонтальна з периметральними по приміщеннях приборними відведеннями
Енергоносій	гаряча вода
Джерело опалення	централізоване
Виробнича система	водяна опалювана
Розподіл	горизонтальний з периметральними по приміщеннях приборними відведеннями
Вентиляція	
Вид системи	механічна
Питома потужність	0,24 кВт
Графік використання	168 годин на тиждень
Гаряче водопостачання	
Період експлуатації	цілорічно

Таблиця А.4 - Характеристика автоматизації інженерних систем

Характеристика	Клас енергетичної ефективності системи
Регулювання надходження теплової енергії до приміщення	С
Регулювання розподілу за температурою теплоносія в подавальному або зворотному трубопроводі	С
Регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів (на різних рівнях системи)	Д
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	С
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілу тепло/холодоносія в системах опалення та охолодження	Д
Регулювання джерела енергії	А
Упорядкування джерел енергії	С
Регулювання витрат повітря в приміщенні	А
Регулювання витрат повітря при його підготовці	С
Захист теплообмінників при переохолодженні	Д
Захист теплообмінників від перегріву	Д
використання повітря з низькою температурою (в системах з механічним спонуканням)	А
Регулювання температури припливного повітря	С
Регулювання вологості	А
Регулювання по наявності людей в приміщенні	С
Регулювання зовнішнього освітлення	Д
Регулювання жалюзі	С
Система автоматизації та управління будівлею	С
Визначення несправностей систем та забезпечення допомоги в їх діагностиці	Д
Формування звітів відносно енергоспоживання та зовнішніх параметрів, а також можливості зниження енергоспоживання	В

Таблиця А.5 - Звітна таблиця за результатами розрахунків об'ємів енергоспоживання

Енергетичні послуги	Енергоспоживання	Енергоносії								
		Теплота	Нафта	Природний газ	Вугілля	Централізоване теплопостачання	Деревина	Електроенергія	Відновлювальні	Інші, що виробляються на місці
Опалення	Енергопотреба для опалення	58254								
	Енергоспоживання при опаленні		-	-	-	75730	-	-	-	-
	Додаткове енергоспоживання при опаленні							22719		
	Загальне енергоспоживання при опаленні		-	-	-	75730	-	22719	-	-
Вентиляція	Енергоспоживання для зволоження вентиляційного повітря	-								
	Енергоспоживання вентиляторів, блоків управління та рекуператорів теплоти							2102,4		
	Загальне енергоспоживання при вентиляції (в т.ч. зволоження повітря)							2102,4		
Охолодження	Енергопотреба для охолодження (в т.ч. осушення)	20112								
	Енергоспоживання при							24134		

Енергетичні послуги	Енергоспоживання	Енергоносії								
		Теплота	Нафта	Природний газ	Вугілля	Централізоване теплопостачання	Деревина	Електроенергія	Відновлювальні	Інші, що виробляються на місці
	охолодженні (в т.ч. осушення)									
ГВП	Енергопотреба ГВП	17289								
	Енергоспоживання ГВП		-	-	-	-	-	17289	-	-
	Додаткове енергоспоживання ГВП							2593		
	Загальне енергоспоживання ГВП		-	-	-	-	-	19882	-	-
Освітлення	Енергоспоживання при освітленні			-				-		
Інші послуги				-				-		
Загалом		95655	-	-	-	75730	-	68837,4	-	-

Методика визначення енергетичної ефективності будівель

Показниками енергетичної ефективності будівель є:

- Питоме енергоспоживання при опаленні;
- Питоме енергоспоживання при охолодженні;
- Питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- Питоме енергоспоживання системи вентиляції;
- Питоме енергоспоживання при освітленні;
- Питоме енергоспоживання первинної енергії;
- Питоме енергоспоживання викидів парникових газів.

Місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6, 7, 9 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія», додатку А ДСТУ Б А.2.2-12;2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, освітленні та гарячому водопостачанні». Функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацією чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається згідно з Порядком проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі, а також енергетичний баланс будівлі визначаються згідно з проектною документацією відповідно до вимог розділу 4 ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів» або паспортом будівлі.

У разі відсутності необхідної проектної документації характеристики будівлі визначають за результатами виявлення фактичного стану будівлі відповідно розділів 6, 7 та 9 ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність

будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» (EN 15603:2008 , IDT), розділу 4 ДСТУ-Н Б.А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції», розділів 5 та 7 ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель. Настава з проведення енергетичної оцінки», ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження».

Санітарно-гігієнічні та мікрокліматичні умови приміщень будівель визначаються згідно з нормативно-технічними документами залежно від функціонального призначення будівлі. Допускається визначати розрахункові показники мікроклімату та критерії локального теплового комфорту згідно з розділами 3-9 та додатками А, В, F, G до ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики, розділами 3, 4, 5, 6, 7, 8 та додатком А до ДСТУ Б EN ISO 13790, розділом 13 та додатку Г до ДСТУ Б А.2.2-12.

Нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та їх елементів, а також інженерних систем встановлюються згідно з підрозділом 4.19 розділу 4 ДБН В.2.6-316:2016 «Теплова ізоляція будівель», розділом 5 ДСТУ Б В.2.-35:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови», підрозділом 6.10 розділу 6 ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації» та підрозділом 4.6 розділу 4 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків».

Кондиціонована (опалювана) площа будівлі A_f , m^2 та кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, V , m^3 , визначаються в такому порядку:

- Кондиціонована (опалювана) площа будівлі визначається відповідно до наявної проектної документації. У разі відсутності проектної документації кондиціонована (опалювана) площа визначається як площа поверхів (у тому числі й мансардного, опалювального цокольного та підвального приміщень) будівлі. Яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В кондиціоновану (опалювальну) площу будівлі не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду.

- Кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі визначається відповідно до наявної проектної документації. У разі відсутності проектної документації кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі визначається як добуток опалювальної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будівлі опалювальний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води

Питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води розраховується за формулами:

для житлових будівель

$$EN = \frac{Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}}{A_f}$$

для громадських будівель

$$EN = \frac{Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}}{V}$$

$Q_{H,nd}$ – річна енергопотреба будівлі на опалення, кВт·год, що визначається згідно з розділами 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 та 14 ДСТУ Б А.2.2-12

$Q_{C,nd}$ – річна енергопотреба будівлі на охолодження, кВт·год, що визначається згідно з розділами 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 та 14 ДСТУ Б А.2.2-12

$Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для постачання гарячої води, кВт·год.

Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

Питоме енергоспоживання при опаленні ($EP_{H,use}$), кВт·год/м² [кВт·год/м³] розраховується за формулами:

для житлових будівель

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use}}{A_f}$$

для громадських будівель

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use}}{V}$$

$Q_{H,use}$ – річне енергоспоживання будівлі на опалення, кВт·год.

Річне енергоспоживання при опаленні розраховується за формулою:

$$Q_{H,use} = eQ_{H,gen,out,t} + eQ_{H,gen,ls,i}$$

$Q_{H,gen,out,t}$ – енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця, кВт·год

$Q_{H,gen,ls,i}$ – загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця, кВт·год.

Період опалення (години) визначається відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27.

Загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти ($Q_{H,gen,out,t}$), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,gen,out,t} = Q_{H,dis,in,i}$$

$Q_{H,dis,in,i}$ – енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-того місяця, кВт·год

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-того місяця ($Q_{H,gen,ls,i}$), кВт·год розраховується за формулою:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i}(1 - h_{H,gen})/h_{H,gen}$$

$h_{H,gen}$ – показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти, наведених у додатку 1 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

Енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-того місяця ($Q_{H,dis,in,i}$), кВт·год розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,nrvd,i} = Q_{H,dis,is,nrbl,i} + (Q_{H,dis,is,rbl,i} - Q_{H,dis,is,rvd,i})$$

де $Q_{H,dis,is,nrbl,i}$ – неутилізаційні тепловтрати, кВт·год

$Q_{H,dis,is,rbl,i}$ – утилізаційні тепловтрати, кВт·год

$Q_{H,dis,is,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати, кВт·год.

Неутилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах. Утилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення в усіх опалювальних об'ємах.

$$Q_{H,dis,is,i} = eY_{L,j} \cdot (q_{m,i} - q_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}$$

$Y_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j-того трубопроводу, кВт/(м·К), визначаються відповідно до типових значень лінійного коефіцієнта теплопередачі Y , Вт/(м·К), для нових та існуючих будівель, наведених у додатку 2 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

$q_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні упродовж і-того місяця, °С, визначають за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами при середньомісячній температурі зовнішнього середовища відповідного місяця, що визначається згідно з таблицею А.2 ДСТУ Б А.2.2-12.

$q_{i,j}$ – температура оточуючого середовища упродовж і-того місяця, °С;

L_j – довжина j-того трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$ – години опалення упродовж і-го місяця, години;

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

Утилізовані тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_{H,dis,is,rvd,i} = Q_{H,dis,is,rbl,i} \cdot 0,9 \cdot h_{H,gn,i}$$

$h_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж і-го місяця розрахований згідно з пунктом 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12.

Енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i}$$

$Q_{H,em,in,i}$ – енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж і-го місяця

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,is,i}$$

$Q_{H,em,out}$ – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за і-тий, кВт·год

$Q_{H,em,is,i}$ – загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення впродовж і-го місяця, які вважаються 100% придатними для утилізації, кВт·год

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd,i}$$

$Q_{H,nd,i}$ – теплота, яку необхідно подати до кондиційного об'ємі для підтримки температури упродовж визначено періоду часу, без урахування інженерних систем тепло забезпечення будівлі, кВт·год, визначається згідно з підпунктом 7.2.1 розділу 7 ДСТУ Б А.2.2-12.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць розраховуються за формулою:

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

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, що визначається відповідно до коефіцієнтів ефективності, наведених у додатку 3 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення; $f_{im} = 1$ – для постійного теплового режиму; $f_{im} = 0,98$ – для періодичного теплового режиму без інтегрованого зворотного зв'язку; $f_{im} = 0,97$ – для періодичного теплового режиму з регулюванням, що має інтегрований зворотній зв'язок (з оптимізованим пуском);

f_{rad} – коефіцієнт. Що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення) і визначається згідно із додатком 3 Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні:

$$\eta_{\text{em}} = \frac{1}{(4 - (\eta_{\text{str}} + \eta_{\text{ctr}} + \eta_{\text{emb}}))}$$

η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень.

VI. Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

Питоме енергоспоживання при охолодженні ($EP_{C,\text{use}}$), кВт×год/м² [кВт×год/м³], розраховується за формулами для житлових будівель:

$$EP_{C,\text{use}} = Q_{C,\text{use}} / A_f,$$

для громадських будівель:

$$EP_{C,\text{use}} = Q_{C,\text{use}} / V,$$

$Q_{C,\text{use}}$ - річне енергоспоживання при охолодженні, кВт×год, розраховується за формулою (19).

A_f, V - кондиціонована (опалювана) площа для житлової будівлі, м², та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), м³, що визначаються в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Річне енергоспоживання при охолодженні ($Q_{C,\text{use}}$), кВт·год, розраховується за формулою

$$Q_{C,\text{use}} = Q_{C,\text{gen,ls}} + Q_{C,\text{gen,out}}$$

Де $Q_{C,\text{gen,ls}}$ - загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховується за формулою;

$Q_{C,gen,out}$ - енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховується за формулою (21).

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання ($Q_{C,gen,ls}$), кВт·год, розраховуються за формулою

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \times (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen},$$

де $\eta_{C,gen}$ - показник ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, визначений відповідно до показників річної ефективності (SEER) окремих охолоджувальних машин, наведених у додатку 4 цієї Методики.

У разі якщо показники підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні у технічній документації на обладнання відрізняються від показників, наведених у додатку 4 до цієї Методики, то приймається значення, визначене на основі технічної документації на обладнання.

Якщо підсистема виробництва/генерування та акумулювання складається більше ніж з одного типу генератора/трансформатора, розрахунки здійснюються окремо для кожної частини з відповідним показником ефективності.

Загальна енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні ($Q_{C,gen,out}$), кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac},$$

$\eta_{C,ac}$ - ефективність автоматичного управління/регулювання, залежно від класу ефективності системи управління/регулювання приймають наступні значення:

для систем класу А - $\eta_{C,ac} = 0,99$; для систем класу В - $\eta_{C,ac} = 0,93$; для систем класу С - $\eta_{C,ac} = 0,88$; для систем класу D - $\eta_{C,ac} = 0,82$;

- $Q_{C,dis,in}$ - енергія входу в підсистему розподілення, кВт·год, визначена згідно з формулою.

У разі відсутності системи охолодження в будівлі, з метою визначення енергетичної ефективності будівлі приймається значення 0,93 для ефективності автоматичного управління/ регулювання ($\eta_{C,ac}$) та значення 2,4 для показника ефективності підсистеми виробництва/ генерування.

Період охолодження (години) визначається відповідно до таблиці А.3 додатка А ДСТУ БА.2.2-12.

Енергію входу, яка необхідна для підсистеми розподілення, визначають за формулою

$$Q_{C,dis,in} = \sum_i Q_{C,dis,out,i} / 1000 + Q_{C,dis,ls}$$

де $Q_{C,dis,out,i}$ - енергію виходу для підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, Вт·год, приймають рівною енергопотребі для охолодження у даному місяці $Q_{C,nd,i}$ та для даної комбінації зон, яку обслуговує та сама підсистема виділення/ тепловіддачі та розподілення, Вт·год, визначена згідно з підрозділом 7.2.2 розділу 7 ДСТУ Б А.2.2-12;

$Q_{C,dis,ls}$ - річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодженого повітря, кВт×год, визначені згідно з формулою (23).

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження, кВт×год, визначають за формулою

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,nd} ((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{c,d})), \quad (23)$$

де $Q_{C,nd}$ - річні енергопотреби для охолодження, кВт·год, визначені згідно з розділом 14 ДСТУ Б А.2.2-12 ;

$\eta_{C,ce}$ - ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження приймають згідно з показниками усереднених річних коефіцієнтів систем охолодження, наведених у додатку 5 до цієї Методики;

$\eta_{C,ce,sens}$ - ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження приймають згідно з даними додатка 5 до цієї Методики. Ця величина враховує небажане осушення (енергію на

конденсацію) в існуючому устаткуванні системи охолодження;

$\eta_{c,d}$ -ступінь утилізації підсистеми розподілення приймають за даними додатка 5 до цієї Методики.

Загальне енергоспоживання за наявності центрального попереднього охолодження розраховується за формулою

$$Q_{V,pre-cool,use} = Q_{V,pre-cool,gen,out} / \eta_{V,pre-cool,gen}$$

де $Q_{V,pre-cool,use}$ - загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування при центральному попередньому охолодженні припливного повітря, кВт×год, визначена згідно з формулою;

$\eta_{V,pre-cool,gen}$ - ефективність підсистеми виробництва/генерування системи центрального попереднього охолодження відповідно до додатка 4 до цієї Методики.

У разі якщо генераційно-акumuляційна підсистема включає охолоджувальні пристрої більш як одного виду, розрахунки необхідно робити по кожній частині окремо і визначати відповідні показники ефективності.

Загальну енергію виходу з підсистеми виробництва/генерування при центральному попередньому охолодженні припливного повітря, кВт×год, розраховують за формулою

$$Q_{V,pre-cool,gen,out} = \sum_m (f_{c,m} Q_{V,nd,pre-cool,m} / \eta_{V,sys,pre-cool}),$$

де $f_{c,m}$ - частка m-го місяця, що є частиною фактичного періоду охолодження для роботи сезонозалежних технічних засобів, розрахована відповідно до таблиці А.3 додатка А ДСТУ Б А.2.2-12;

$Q_{V,nd,pre-cool,m}$ - енергопотреба для попереднього охолодження для m-го місяця, кВт×год, розрахована згідно з підпунктом 9.3.2 розділу

9 ДСТУ Б А.2.2-12;

$\eta_{V,sys,pre-cool}$ - загальна ефективність розподілення і тепловіддачі/виділення для системи попереднього охолодження, що приймається відповідно до показників загальної ефективності розподілення і тепловіддачі/виділення для систем попереднього охолодження, наведених у додатку 6 до цієї Методики.

VII. Визначення питомого енергоспоживання при постачанні гарячої води
 Питоме споживання енергії при постачанні гарячої води ($EP_{dhv,use}$),
 кВт×год/м²

[кВт×год/м³], розраховується за формулами для житлових будівель

$$EP_{DHW,use} = Q_{DHW,use} / A_f,$$

для громадських будівель

$$EP_{DHW,use} = Q_{DHW,use} / V,$$

де $Q_{DHW,use}$ - річне енергоспоживання будівлею при постачанні гарячої води, кВт×год, розраховується за формулою (28);

A_f, V - кондиціонована (опалювана) площа для житлової будівлі, м², та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), м³, що визначаються в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Річне енергоспоживання при постачанні гарячої води ($Q_{DHW,use}$), кВт×год, розраховується за формулою:

$$Q_{DHW,use} = (Q_{DHW,nd} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,colm} + Q_{W,emi}) / \eta_{gen},$$

де $Q_{DHW,nd}$ - енергопотреби гарячого водопостачання, кВт×год, розраховується за формулою;

$Q_{W,dis,ls}$ - річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води, кВт×год, визначається згідно з пунктом 5 цього розділу;

$Q_{W,dis,l,cool,m}$ - річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води, кВт×год, визначається згідно з пунктом 6 цього розділу;

$Q_{W,em,l}$ - тепловтрати використаної води при водорозборі, кВт×год, визначається згідно з пунктом 7 цього розділу, при цьому період постачання гарячої води (години), встановлюється при виявленні фактичного стану будівлі;

η_{gen} - ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти визначається згідно з додатком 1 до цієї Методики. При цьому за наявності джерела теплопостачання з показником ефективності, що встановлений при виявленні фактичного стану будівлі та є відмінним від показника, визначеного у додатку 1 до цієї Методики, приймається значення, визначене при виявленні фактичного стану будівлі.

Енергопотреба для гарячого водопостачання ($Q_{DHW,nd}$), кВт×год, розраховуються за формулою

$$Q_{DHW,nd} = c_w \times V_w \times (\Theta_{W,del} - \Theta_{W,0}) \times a_x,$$

де c_w - питома теплоємність води, (кДж/кг×°С);

V_w - річний обсяг споживання води, (кг), розраховується за формулою (30);

$\Theta_{W,del}$ - встановлена температура подачі гарячої води, °С;

$\Theta_{W,0}$ - середня річна температура холодної води, яку приймають рівною 10 °С;

a_x - коефіцієнт переведення, кДж, в кВт×год, який приймають рівним $0,278 \times 10^{-3}$, (кВт×год/кДж);

3. Річний обсяг споживання гарячої води, (V_w), кг, розраховується за формулою

$$V_w = q_w \times n_m \times n_d \times \rho_w \times 10^{-3},$$

де q_w - середня за рік добова витрата води, (л/добу), яка визначається згідно Таблиць А.1 та А.2 ДБН В.2.5.-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво» (далі - ДБН В.2.5.-64) або розрахунковим шляхом, враховуючи фактичний обсяг споживання гарячої води, відповідно до показників вузла комерційного обліку, без врахування поставленої гарячої води для потреб басейнів (за наявності);

n_m - кількість розрахункових одиниць споживання гарячої води, вид яких визначається згідно Таблиць А.1 та А.2 ДБН В.2.5.-64:2012, а кількість - згідно з фактичними значеннями;

n_d - кількість діб роботи системи гарячого водопостачання (діб);

- густина води за нормальних умов ($\text{кг}/\text{м}^3$).

ρ_w

Річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води $Q_{w,dis,ls}$, кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{w,dis,ls} = \sum \Psi_{w,j} L_{w,j} (\theta_{w,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) t_w / 1000,$$

де $Q_{w,dis,ls}$ - річні тепловтрати підсистеми розподілення ГВП, кВт×год;

$\Psi_{w,j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м×К), визначається згідно з додатком 2 до цієї Методики;

$L_{w,j}$ - довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{w,dis,avg,j}$ - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb,j}$ - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

t_w -період користування ГВП (години/рік), що встановлюється при виявленні фактичного стану будівлі;
 -індекс, що позначає трубопроводи з однаковими j граничними умовами.

Тепловтрати необхідно розраховувати окремо для трубопроводів, що знаходяться в неопалюваних об'ємах та опалюваних об'ємах будівлі.

Річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води $Q_{W,dis,ls,col,m}$, кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off}$$

де $Q_{W,dis,ls,col,on}$ - тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції, кВт×год, визначають за формулою;

$Q_{W,dis,ls,col,off}$ - тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції, кВт×год, визначають за формулою.

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum \psi_{W,j} \times L_{W,j} \times (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,i}) \times t_{w,on,i} / 1000,$$

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum \rho_w c_w \times V_{W,dis,j} \times (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \times n_{norm} / 1000,$$

де $\psi_{W,j}$ -лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К), визначається згідно з додатком 2 до цієї Методики;

$L_{W,j}$ -довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$ -середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb,j}$ -середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

$\rho_w c_w$ -теплоємність води, приймають 1150 Вт×год/(м³×К);

$V_{W,dis,i}$ -об'єм води, що міститься в секції трубопроводу, м³, визначений за допомогою значень довжини та діаметру трубопроводу;

$t_{w,on,j}$ -період циркуляції, години/рік; за відсутності точних даних приймають $t_{w,on} = 8760$ годин;

n_{norm} - кількість робочих циклів циркуляційного насоса протягом року; за відсутності точних даних приймають $n_{\text{norm}} = 1-2$ цикли в день;

j - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Тепловтрати використаної води при водорозборі $Q_{W,em,l}$ кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{W,em,ls} = Q_W \eta_{eq} / 100,$$

де Q_W - річні енергопотребити ГВП, кВт×год, визначені згідно з пунктом 3 цього розділу;

η_{eq} - еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі, приймають згідно з даними тепловтрат використаної води при водорозборі у будівлях без циркуляційного контуру, наведених у додатку 7 до цієї Методики.

Регулярні тепловтрати з секцій трубопроводу, розміщених в опалюваних приміщеннях, утилізуються у вигляді опалення приміщення під час опалювального періоду. Частина таких втрат може бути утилізована і здійснити внесок у нагрівання приміщення.

Утилізаційні регулярні тепловтрати, кВт×год, виражають часткою тепловтрат у підсистемі розподілення ГВП з трубопроводів, що знаходяться в опалюваних приміщеннях, та часткою додаткового енергоспоживання при розподіленні за формулою

$$Q_{W,dis,rbl} = Q_{W,dis,ls} \times f_{W,dis,ls,rbl} + W_{W,dis,au} \times f_{W,dis,aux,rbl},$$

де $f_{W,dis,ls,rbl}$ - частка тепловтрат в підсистемі розподілення ГВП, що можуть бути утилізовані для підвищення температури приміщення;

$f_{W,dis,aux,rbl}$ - частка додаткового енергоспоживання при розподіленні, що може бути утилізована для опалення приміщення.

Частки залежать від тривалості опалювального періоду та місця розташування насоса. Для спрощення приймають, що 50 % утилізаційних тепловтрат протягом опалювального періоду може бути утилізовано в підсистемі розподілення ГВП та, що утилізується 80 % додаткової енергії.

VIII. Визначення питомого енергоспоживання систем вентиляції

Питоме енергоспоживання при вентиляції ($E_{PV,use}$), кВт×год/м² [кВт×год/м³], розраховується за формулами для житлових будівель

$$E_{PV,use} = Q_{V,use} / A_f,$$

для громадських будівель

$$E_{PV,use} = Q_{V,use} / V,$$

де $Q_{V,use}$ - річне енергоспоживання при вентиляції, кВт×год, розраховується за формулою

A_f , V - кондиціонована (опалювана) площа для житлової будівлі, м², та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), м³, що визначаються в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Річне енергоспоживання при вентиляції ($Q_{V,use}$), кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{V,use} = Q_{V,sys,fan},$$

де $Q_{V,sys,fan}$ - енергоспоживання припливного та витяжного вентиляторів системи вентиляції, кВт×год, розраховується за формулою (40).

Енергоспоживання припливного та витяжного вентиляторів системи вентиляції ($Q_{V,sys,fan}$), кВт×год, розраховується за формулою

$$Q_{V,sys,fan} = P_{el} \times t_v,$$

де P_{el} - електрична потужність вентилятора, кВт, розраховується за формулою (41); t_v - час роботи системи вентиляції (години).

Електрична потужність вентиляторів (P_{el}), кВт, розраховується за формулою

$$P_{el} = SFP \times V_L / 3600,$$

де SFP - питома потужність вентилятора системи механічної вентиляції, кВт/(м³/с), або визначається згідно з проектною питомою потужністю вентилятора системи механічної вентиляції, наведеною у додатку 8 до цієї Методики, щодо питомої потужності вентилятора системи механічної вентиляції або фактичні дані потужності системи вентиляції. За відсутності механічної системи вентиляції розрахунок не виконується;

V_L - об'ємна витрата повітря в системі механічної вентиляції, м³/год.

IX. Розрахунок питомого енергоспоживання при освітленні

Питоме енергоспоживання при освітленні ($EP_{W_{use}}$), кВт×год/м² [кВт×год/м³], розраховується за формулою

$$EP_{W_{use}} = W_{use} / A_f$$

де W_{use} - річний обсяг енергоспоживання при освітленні кВт×год, розраховується за формулою (43);

A_f - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м², що визначаються в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні (W_{use}), кВт×год, розраховується за формулою

$$W_{use} = W_L + W_P,$$

де W_L - енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт×год, розраховується за формулою (44);

W_P - енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт×год, визначається згідно з пунктом 4 цього розділу.

Обсяг енергії, необхідної для виконання функції штучного освітлення в будівлі (W_L), кВт×год, розраховується за формулою

$$W_L = (P_N \times F_C) \times [(t_D \times F_O \times F_D \times + t_N \times F_O)] \times A_f / 1000,$$

де P_N - питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м², встановлюється за проектними даними або при виявленні фактичного стану будівлі для забезпечення освітленості згідно з нормативними значеннями;

F_C - постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання встановлення освітлення при функціонуючому контролі сталої освітленості зони та розраховується згідно з показниками типових значень для розрахунку енергоспоживання при освітленні, наведених у додатку 9 до цієї Методики;

F_O - коефіцієнт використання освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, та приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики, або розраховується відповідно до фактичних потужностей освітлювальних приладів;

F_D - коефіцієнт природного освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, та приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики;

t_D - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики або визначається розрахунковим шляхом враховуючи фактичну тривалість використання штучного освітлення;

t_N - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до цієї Методики або розраховується відповідно до фактичного періоду роботи освітлювальних приладів;

A_f - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м², що визначається в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі W_p , кВт×год, розраховуються за формулою

$$W_p = (P_{em} + P_{rc}) A_f$$

де P_{em} - загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт×год/м² (приймають згідно з додатком 9 до цієї Методики);

P_{rc} - загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт×год/м² (приймають згідно з додатком 9 до цієї Методики);

A_f - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м², що визначається в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

XI. Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів

Первинна енергія (E_p), кВт×год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою

$$E_p = \sum (E_{del,i} \times f_{p,del,i}),$$

де $E_{del,i}$ - поставлена енергія, кВт×год; $f_{p,del,i}$ - фактор первинної енергії для i -го поставленого енергоносія.

Поставлена енергія ($E_{del,i}$) розраховується за формулою

$$E_{del,i} = Q_{H,use} + Q_{C,use} + Q_{DHW,use} + EP_{V,use} + EP_{W,use},$$

Питомий показник споживання первинної енергії (e_p), кВт×год/м², розраховується за формулою

$$e_p = E_p / A_f,$$

де A_f - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м², визначається у порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Маса викидів парникових газів (m_{CO_2}), кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \times K_{del,i}) / 1000,$$

де $E_{del,i}$ - поставлена енергія і-го енергоносія, кВт×год;
 $K_{del,i}$ - коефіцієнт викидів CO₂ для поставленого і-го енергоносія, г/кВт×год.

Питомий показник викидів парникових газів (m_{CO_2}), кг/м², розраховується за формулою

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \times K_{del,i}) / 1000,$$

де A_f - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м², що визначається в порядку, наведеному у пункті 8 розділу III цієї Методики.

Коефіцієнти викидів парникових газів (CO₂) включають всі викиди парникових газів (CO₂), пов'язані з первинною енергією, яка використовується в будівлі.

Фактори первинної енергії ($f_{p,ren}$) та коефіцієнти викидів парникових газів (CO₂) (K), г/ кВт×год, приймаються згідно з показниками факторів первинної енергії і коефіцієнтів викидів парникових газів (CO₂), наведених у додатку 10 до цієї Методики.

ХІІ. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівель визначається за показником загального питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води (EP), кВт×год/м² [кВт×год/м³].

Загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води (EP), кВт×год/м² [кВт×год/м³] розраховується за формулою

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use}.$$

де $E_{PH,use}$ -питоме енергоспоживання при опаленні, $\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^2$
[$\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^3$];

$E_{PC,use}$ -питоме енергоспоживання при охолодженні, $\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^2$ [$\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^3$];

$E_{PDHW,use}$ -питоме енергоспоживання гарячого водопостачання,
 $\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^2$ [$\text{кВт}\times\text{год}/\text{м}^3$].

Класифікація будівель за енергетичною ефективністю встановлюється згідно з класифікацією будівель залежно від функціонального призначення будівлі, наведеної у додатку 11 до Методики.