МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М.ПОТЕБНІ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності будівлі Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924-мбг-дн
спеціальності Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Міське будівництво та господарство
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Коток Анжела Олексіївна
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Ільїн С.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент проф. д.т.н. Банах В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра міського будівництва та архітектури
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри А.В. Банах
«11» 09 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Коток Анжела Олексіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Підвищення енергетичної ефективності будівлі Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України
керівник роботи Ільїн Сергій Віталійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «19» вересня 2025 року № 1303-с

2 Строк подання студентом роботи 01 лютого 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Дніпро, Периметр будівлі складає 274,5 метрів. Кількість поверхів – 10. Висота будівлі складає 39,1 метр. Площа забудови – 1446 м^2. Зовнішні стіни залізобетон товщиною 500 мм.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Особливості теплообміну у огороджуючих конструкціях. Підвищення енергетичної ефективності будівлі інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графік температури теплоносія в подаючому та зворотному трубопроводі, огороджуючі конструкції будівлі

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Ільїн С.В.		
2	Ільїн С.В.		
3	Ільїн С.В.		

7 Дата видачі завдання 05 травня 2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	**Особливості теплообміну у огороджуючих конструкціях**	**05.05.2025**	Викон.
2	**Підвищення енергетичної ефективності будівлі інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України**	**01.08.2025**	Викон.
3	**Охорона праці**	**05.11.2025**	Викон.
4	**Оформлення пояснювальної записки**	**01.12.2025**	Викон.
5	**Підготовка презентації**	**10.12.2025**	Викон.

Студент _____ А.О. Коток
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ С.В. Ільїн
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ І.В. Гребенюк
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

А.О. Коток. Підвищення енергетичної ефективності будівлі Інституту чорної металургії ім. 3. І. Некрасова НАН України

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник к.т.н., доцент Ільїн С.В. Запорізький національний університет. Кафедра міського будівництва та архітектури, 2026.

В роботі розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності громадської будівлі. Запропоновано перелік заходів для зниження використання енергетичних ресурсів будівлею Інституту чорної металургії ім. 3. І. Некрасова НАН України.

Ключові слова: енергоаудит, підвищення енергетичної ефективності будівлі, огороджуючі конструкції, інженерні мережі.

ABSTRACT

A.O. Kotok. Increasing the energy efficiency of the building of the Institute of Ferrous Metallurgy named after 3. I. Nekrasov NAS of Ukraine

Qualifying final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor Ph.D., Associate Professor Ilyin S.V. Zaporizhia National University. Department of Urban Construction and Architecture, 2026.

The work considers the issue of increasing the energy efficiency of a public building. A list of measures is proposed to reduce the use of energy resources by the building of the Institute of Ferrous Metallurgy named after 3. I. Nekrasov NAS of Ukraine.

Keywords: energy audit, increasing the energy efficiency of the building, enclosing structures, engineering networks.

ЗМІСТ

ВСТУП

1.ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ У ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЯХ

1.1. Проблеми енергоефективності житлово-комунального господарства

1.2. Сфера застосування теплоогороджуючих конструкцій

1.3. Відкриті ВОК фасадів будинків

1.4. Відкриті ВОК горищ

1.5. Використання ВОК для керування теплопостачанням в пасивних системах опалення

2. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ІНСТИТУТУ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. З. І. НЕКРАСОВА НАН УКРАЇНИ

2.1 Загальні кліматичні дані

2.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

2.3 Характеристика інженерних систем

2.4. Визначення енергетичних показників будівлі

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів

3.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

3.3 Виробнича санітарія

3.4 Електробезпека

3.5 Пожежна безпека

3.6 Інструменти індивідуальний захист

3.7 Розрахунок небезпеки ураження персоналу електричним струмом

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів, необхідності зменшення викидів парникових газів та забезпечення енергетичної безпеки України питання підвищення енергетичної ефективності будівель набуває особливої актуальності. Значна частина існуючого фонду наукових та адміністративних будівель була зведена у другій половині XX століття та не відповідає сучасним вимогам до теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, інженерних систем і рівня комфорту.

Будівля Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України є об’єктом наукової інфраструктури державного значення, що потребує раціонального використання енергетичних ресурсів, зниження експлуатаційних витрат і створення належних умов праці для науковців. Підвищення її енергетичної ефективності дозволить не лише скоротити споживання теплової та електричної енергії, але й підвищити довговічність конструкцій, зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити відповідність чинним будівельним нормам.

Таким чином, дослідження та розробка заходів з термомодернізації будівлі є актуальним науково-практичним завданням.

Метою роботи є розроблення науково обґрунтованих технічних рішень щодо підвищення енергетичної ефективності будівлі Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України шляхом удосконалення огороджувальних конструкцій та інженерних систем із визначенням їх енергетичної та економічної доцільності.

Об'єктом дослідження є будівля Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України як цілісний енергетичний об’єкт із комплексом огороджувальних конструкцій та інженерних систем.

Предметом дослідження є теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій, показники споживання енергоресурсів, режими теплової роботи будівлі та технічні рішення з підвищення її енергетичної ефективності.

У роботі використано такі методи дослідження:

— аналіз нормативної та науково-технічної літератури з питань енергоефективності будівель;

— інженерні розрахунки теплопередачі та тепловтрат через огороджувальні конструкції;

— енергетичне обстеження будівлі;

— порівняльний техніко-економічний аналіз варіантів термомодернізації;

— графоаналітичні методи оцінювання температурних полів і теплових потоків.

Особистий внесок набувача полягає у:

— проведенні збору та аналізу вихідних даних щодо технічного стану будівлі;

— виконанні теплотехнічних та енергетичних розрахунків;

— розробленні комплексу заходів з підвищення енергетичної ефективності;

— оцінюванні економічної ефективності запропонованих рішень;

— формулюванні висновків та рекомендацій щодо впровадження заходів з термомодернізації.

Обсяг і структура роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів, загальних висновків і списку джерел.

1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ У ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЯХ

1.1. Проблеми енергоефективності житлово-комунального господарства

В Україні 40 % кінцевої енергії споживається будівлями, а енергоємність комунальних послуг майже в 4 рази перевищує середні показники країн з подібними кліматичними умовами [1]. Значне споживання енергії за повний цикл експлуатації будинків складає в середньому понад 300 Вт·год/м² на рік опалюваної площі. При цьому, в житлових будинках створюється емісія близько 35% всіх парникових газів [2].

Зокрема, в Україні середньостатистичний будинок споживає 260 Вт·год/м^2.

В Європі аналогічне значення коливається в діапазоні від 90 до 120 Вт·год/м^2. Основними причинами, які призводять до невиправдано великих втрат теплоти у житлово-комунальній сфері є недосконаліть існуючих будівельних конструкцій, а також відсутність індивідуальних засобів обліку та систем регулювання енергоспоживання. Значна частина втрат тепла у будинках в опалювальний період відбувається через різницю температур внутрішнього і зовнішнього повітря (трансмісійні втрати тепла через зовнішні огороджуючи конструкції), а також в результаті процесів повітрообміну (підігрів до температури внутрішнього повітря холодного зовнішнього повітря, що надходить через нещільності або відкриті вікна і двері) рис.1.1.



Рисунок 1.1 - Втрати тепла у будинках

Частина цих втрат компенсується за рахунок:

теплонадходжень від внутрішніх джерел (електричні, освітлювальні прилади, споживання гарячої води, люди і т.д.);

впливу сонячної радіації на будинок, особливо через вікна.

Інші тепловтрати повинна усунути система опалення, теплову потужність якої можна визначити із наступного рівняння:

$Q_{оп} = Q_{втр} + Q_{пов} – (Q_{побут} – Q_{сон})β,$

де $Q_{оп}$ - реальне використання теплової енергії в будинку, Вт · год/(м² • рік);;

$Q_{втр}$ - загальні тепловтрати будинку через зовнішні огороджуючі конструкції, Вт · год/(м² • рік);;

$Q_{пов}$ - тепловтрати, зв'язані з повітрообміном, Вт/м^3;

$Q_{побут}$ - теплонадходження від внутрішніх джерел у будинку, Вт · год;

$Q_{сон}$ - теплонадходження від сонячної радіації, Вт/м^2;

β - коефіцієнт, що враховує здатність огороджуючих конструкцій будинку акумулювати або віддавати тепло. Для багатосекційних та інших протяжних будинків $^{\beta}$=1,13; для будинків баштового типу β =1,11.

Україна, відповідно до взятих на себе зобов`язань за міжнародними договорами, повинна реформувати енергетичні ринки та імплементувати європейське законодавство у сфері енергоефективності та енергозбереження.

Одними з основних документів ЄС в галузі енергоефективності є Директива ЄС з енергетичної ефективності (Директива ЄС 2012/27/EU), Директива з енергоспоживання будівель (2002/91/EU – EPBD та 2010/31/EU); Директиви з маркування енергетичної продукції (1992/75/EU та 2010/30/EU); Директива ЄС зі збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії (2009/28/EU).

Про необхідність забезпечення енергетичної безпеки Української держави наголошується у президентській Програмі економічних реформ на 2010 - 2014 р.р. “Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава” та “Енергетичній стратегії України на період до 2030 року” [3,4]. Досвід розвинутих країн світу і власний досвід України вказує на необхідність державного регулювання процесами енергозбереження та проведення цілеспрямованої державної політики. Верховною Радою України у червні 2017 року прийнято Закони України «Про Фонд енергоефективності» (08.06.2017), «Про енергетичну ефективність будівель» (22.06.2017), «Про комерційний облік комунальних послуг» (22.06.2017), якими суттєво змінено законодавче регулювання. Одним з завдань Національного плану дій з енергоефективності до 2020 р. є сприяння залученню інвестицій у будівництво будівель з близьким до нульового споживанням енергії та розробка національних планів щодо збільшення кількості таких будівель. У процесі визначення енергетичної ефективності будівель відповідно ст. 5.2 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» обов’язково враховується інформація про:

1) місцеві кліматичні умови;

2) функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі;

3) геометричні (враховуючи розташування та орієнтацію огороджувальних конструкцій), теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі, а також енергетичний баланс будівлі;

4) нормативні санітарно-гігієнічні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі;

5) нормативний строк експлуатації огороджувальних конструкцій та елементів (у тому числі обладнання) інженерних систем;

6) технічні характеристики інженерних систем;

7) використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації.

Одним із шляхів вирішення проблеми оптимізації споживання енергетичних ресурсів, які зазначені в рамках уже діючих та запланованих державних і міжнародних програм з підвищення енергоефективності та енергозаощадження, є проектування пасивних будинків з використанням енергії сонячної радіації. Пасивне опалення будинку здійснюється за рахунок використання відновлювальних джерел енергії, одним з яких є сонячне випромінювання. Конструкція будинку має бути запроектована і розміщена так, щоб найбільш ефективно сприймати сонячне випромінювання в холодний період року. Якщо елементи будинку запроектовані таким чином, що в холодний період можуть сприймати максимально можливу кількість енергії сонця, а в теплий період відбивати її, то таке проектування відповідає для пасивних будинків. Пасивне проектування будинку може значно зменшити експлуатаційні витрати, які йдуть на створення необхідних умов мікроклімату. Саме тому дослідження сучасних напрямків та методів енергозбереження в будівлях є актуальним.

Отже суттєве підвищення енергоефективності будинків і споруд є одним із першочергових завдань для дослідників [6-16].

1.2. Сфера застосування теплоогороджуючих конструкцій

До теплоогороджувальних конструкцій будівлі відносяться конструкції, які призначені для ізоляції внутрішніх об'ємів у будівлях від зовнішнього середовища (зовнішні стіни; перекриття та покриття будинків; підвальні перекриття).

Дослідження теплового режиму будинків, проведені в старих житлових будівлях, показали, що фактичний тепловий захист зовнішніх огороджень на 15-20 % нижче від нормативного. Причинами є неврахований фактор неоднорідності конструкцій у діючих методиках теплотехнічних розрахунків, часто низька якість будівництва і погана експлуатація будинків. Це приводить до неврахованих втрат тепла, незадовільному мікроклімату та зниженню довговічності будинків, тому будівельними нормами і правилами передбачене підвищення рівня теплового захисту огороджуючих конструкцій. Наказом Мінрегіонбуду України з 1-го квітня 2017 року вступив в силу новий будівельний стандарт, що стосується теплоізоляції будівель і споруд, новий ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель». Новий стандарт встановлює мінімально допустимі значення опору теплопередачі огороджувальних конструкції житлових та громадських будинків (Rq min).

Найбільшими складовими теплового балансу житлових будинків є тепловтрати, пов'язані з повітрообміном у приміщеннях. Кількість зовнішнього повітря, що надходить у приміщення, визначається санітарними нормами і повітропроникністю огороджуючих конструкцій, насамперед вікон.

До 1986 року повітропроникність вікон допускалася до 10 кг/м^2 годину. Фактична повітропроникність вікон в існуючих будинках через відсутність ущільнювачів на притворах вікон і поганої якості столярних виробів досягає 18-20 кг/м^3 годину. У результаті кратність повітрообміну в приміщеннях досягає 21 1/год замість 0,8-1 1/год згідно норм.

У будівництві досить широко використовують огороджуючи конструкції з відкритими та замкненими шарами повітря. Замкнені шари повітря не об’єднані ні з зовнішнім ні з внутрішнім повітрям в приміщенні.

Замкнений шар повітря використовують в будівельних огороджуючи конструкціях як ізолюючий елемент. Повітряні пустоти роблять невеликими та добре ізольованими одна від одної. Розміщення замкнутих порожнин шириною 5 – 7 см в стінах дозволяє значно зменшити кількість цегли та покращити теплові властивості огороджуючих конструкції. Окрім того це дозволяє зменшити товщину стіни в порівнянні з звичайною конструкцією. Теплоізоляційні властивості стін не погіршуються, а вартість конструкції буде меншою. Покращення теплових властивостей стіни з замкненими шарами повітря є результатом зменшених значень коефіцієнту теплопровідності конструкції з порожнинами.

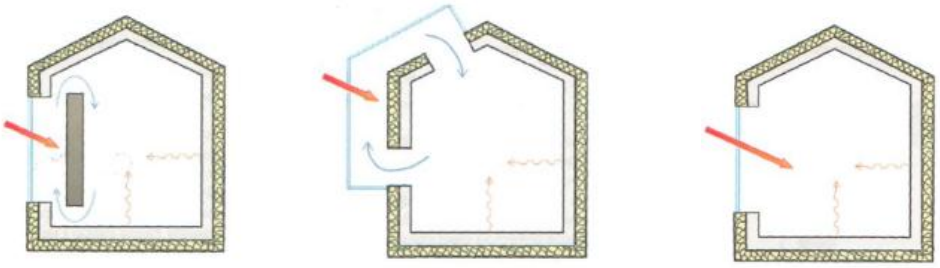
Замкнені повітряні шари використовуються також в прозорих огороджуючи конструкціях, наприклад, у вікнах. В останній час особливо цікавими для архітекторів і проектантів стають подвійні скляні фасади. У таких перегородках замкнені шари повітря мають на меті збільшення енергетичної ефективності будівлі. Замкнені повітряні перегородки (ЗПП) зменшують втрати тепла взимку та приплив тепла в літній період.

ЗПП а також процеси теплообміну в них добре опрацьовані в роботах [18-21], більш глибокий аналіз процесів теплообміну в замкнених повітряних прошарках в даній роботі не передбачається.

Окрім замкнених повітряних прошарків в будівельних огороджуючих конструкціях використовуються відкриті (вентильовані) конструкції. Відкрита конструкція може бути об’єднана з внутрішнім або зовнішнім повітрям, а також може бути наскрізною рис.1.2.

Відкриті огороджуючі конструкції ВОК досить широко використовуються в будівництві в стінах, вентильованих фасадах, в горизонтальних перегородках – горищах, підлогах. ВОК використовують також в конструктивних елементах будинку для пасивного сонячного опалення (стіна Тромба). Наскрізна ВОК може виконувати роль каналу для подачі повітря у помешкання. В цьому випадку зовнішнє повітря нагрівається при русі вздовж прошарку і подається в приміщення. Завдяки тому використовується частина тепла, що поступає через

зовнішню поверхню ВОК будинку. В стінах може використовуватися ВОК з однократним, двократним або багатократним рухом повітря [22].



а) в) с)

Рисунок 1.2 - Відкриті вертикальні огороджуючі конструкції

а) безпосередній нагрів приміщення; в) стіна Тромба; с) конвективний нагрів

Зауважимо, що призначення ВОК функціонально відрізняється від конструкцій з закритими повітряними прошарками. Головним завданням конструкцій з закритими повітряними прошарками є збільшення термічного опору та зменшення втрат тепла через огороджуючу конструкцію. Натомість ВОК традиційно використовується з метою видалення вологи з конструкцій будинку. Рух повітря у ВОК інтенсифікує теплообмін між повітрям та поверхнею, вздовж якої воно циркулює. Окрім того ВОК відіграє значну роль проектуванні та будівництві енергоощадних будинків. Залежно від пори року ВОК відіграє певну функцію.

Дану роботу присвячено дослідженню процесів теплообміну, а також процесу руху повітря у ВОК. Метою досліджень є скорочення втрат енергії (тепла) у зимовий період, а також припливу тепла у будинок в літній період.

1.3. Відкриті ВОК фасадів будинків

Конструкція вентильованого фасаду складається з наступних елементів:

— основа (стіна);

— теплоізоляційний шар;

— елементи для кріплення фасадних плит;

— фасадні плити.

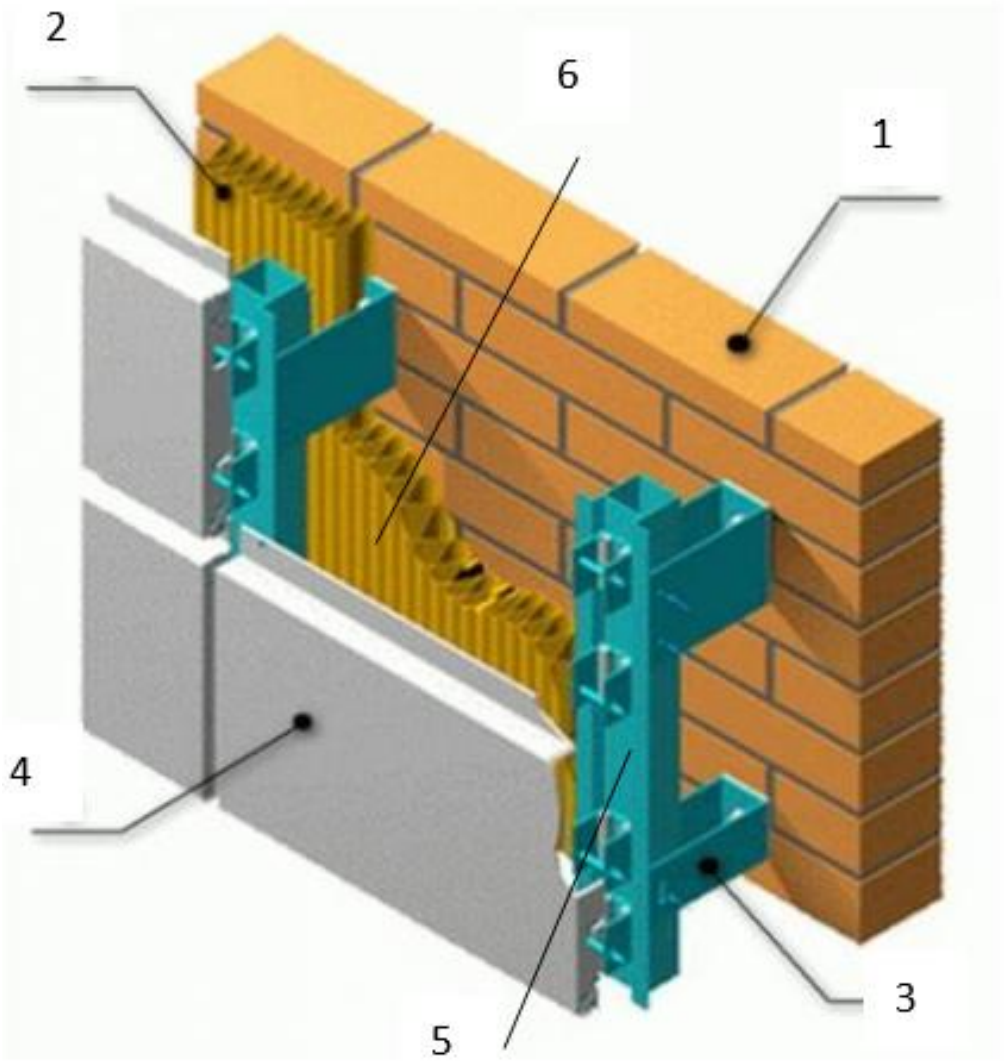


Рисунок 1.3 - Основні елементи конструкції ВОК:

1- стіна; 2 - шар теплоізоляції; 3 – обмежувальна планка; 4 – фасадна плита;

5 – опора; 6 – повітряний прошарок

Головним елементом ВОК є зовнішня стіна будинку. Повітряний прошарок знаходиться між шаром ізоляції та фасадними плитами. В деяких випадках під час інсталяції ВОК шар ізоляції покривають спеціальною полімерною фольгою (пропускає водяну пару і повітря або для стримання вологи, мембранна). Вона дає можливість проникненню вологи (водяної пари) і повітря тільки в одному напрямку, що запобігає прониканню вологи атмосферного повітря та запобігає фільтрації повітря в шарі ізоляції. Мембрана, що пропускає пару одночасно є волого відштовхуючим шаром, який не перешкоджає процесу дифузії водяної пари з приміщення і запобігає ерозії волокон матеріалу ізоляції. Потреба у використанні волого відштовхуючого шару залежить від типу ізоляційного матеріалу (ступеня гідрофобності, щільності). Окрім того, волого відштовхуючий шар може піддаватися механічним ушкодженням та втрачати свої теплоізоляційні властивості і потребує постійного оновлення, що створює певні труднощі. Зазвичай термічна ізоляція не є обов'язковим елементом конструкції, якщо термічні властивості стіни забезпечуються її товщиною.

Переміщення зовнішнього повітря у ВОК вздовж стіни будинку призводить до втрат тепла, однак перебування повітря у вентильованому шарі буде запобігати утворенню та скупченню конденсату. Це дозволяє зберігати термічні властивості зовнішнього шару ізоляції будинку водночас зменшуються витрати тепла на опалення в зимовий період та виключаються умови для створення та розвитку грибкової плісняви, що в свою чергу подовжує термін експлуатації конструкції.

В літній період охолодження стіни в результаті надходження повітря скорочує обсяги надходження теплоти в приміщення та витрати коштів на кондиціювання, зменшує термічну деформацію матеріалу основи конструкції ВОК. Окрім перелічених вище функцій ВОК зберігає будинок від впливу атмосферного та механічного ушкоджень, запобігає проникненню води в пористі матеріали стін, яка залежно від зовнішньої температури може замерзати, збільшуючись в об'ємі, танути та розповсюджуватися в будівельні конструкції і призводити до їх руйнування. Можливість заміни фасадного шару дозволяє

подовжити термін експлуатації огороджуючих конструкцій і більш тривалий час зберігати привабливий архітектурний та естетичний вигляд. Отже можна зробити висновок, що ВОК разом з фасадним шаром виконує наступні функції:

енергозаощадження (зменшення витрат на кондиціювання у літній період та капітальних видатків на будівництво масивних стін та фундаментів;

охоронні (захищає конструкції стіни від механічних та атмосферних впливів, подовжуючи термін її експлуатації);

естетичні.

Окрім того, ВОК може виконувати функцію акустичної ізоляції. Все вище згадане свідчить про те, що використання ВОК в конструкції будинків є дуже перспективним.

1.4. Відкриті ВОК горищ

Горище є одним із видів ВОК. Повітряний простір горища з одного боку обмежений стелею, а з другого дахом рис. 1.4.

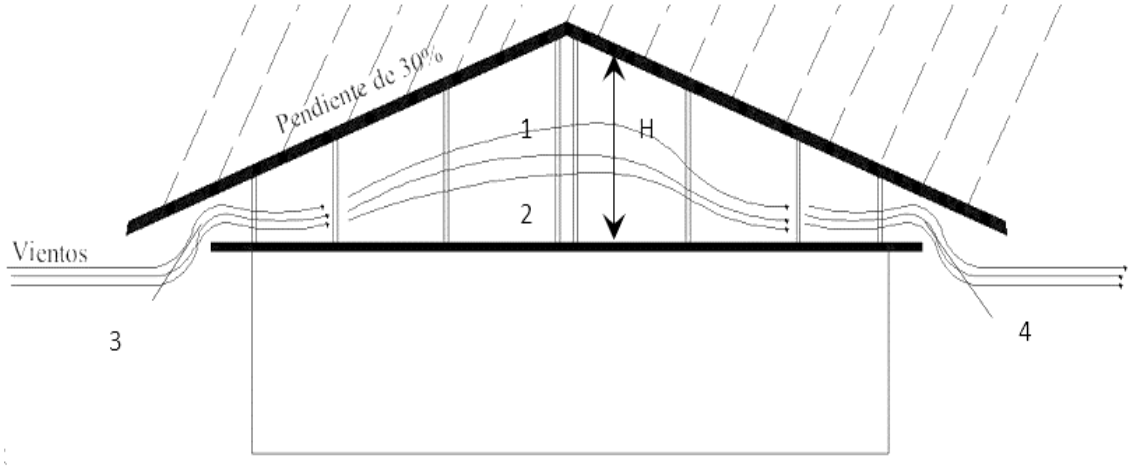
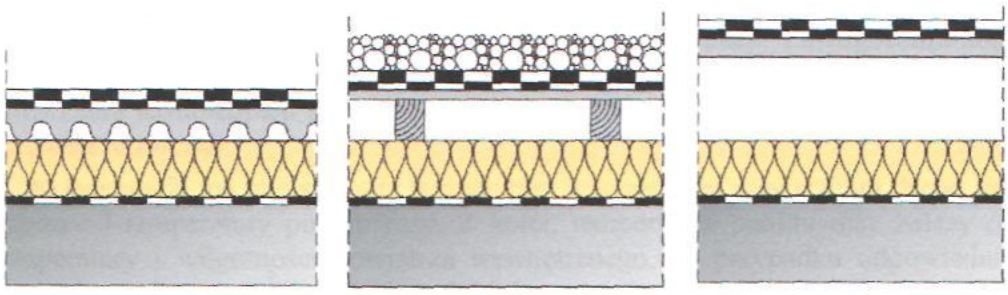


Рисунок 1.4 - Схема даху:

1– внутрішня поверхня даху; 2– підлога даху; 3,4 – отвори для входу і виходу повітря

Дах виконує захисну функцію та є бар'єром для теплового потоку. Повітряний простір горища в різних випадках має висоту Н. Найбільш розповсюджені конструкції вентильованих горищ представлені на рис. 1.5 [23].



канальне щільове двохшарове

Рисунок1.5 - Схема вентильованого горища

Досвід експлуатації будинків з замкнутими горищами (не вентильованими) свідчить про те, що в приміщеннях верхніх поверхів формується некомфортний мікроклімат внаслідок впливу сонячного випромінювання влітку [24-26]. Потік тепла через випромінювання сонця надходить в приміщення через перекриття і призводить до зростання внутрішньої температури. У випадку вентильованих горищ в будівлі відсутні такі недоліки, але в цьому випадку важливою задачею є визначення розмірів вентиляційних отворів та вибір матеріалу з якого мають бути виконані основні конструкційні елементи, що впливають на надходження тепла до приміщення через сонячне випромінювання. При експлуатації будівель однією з головних проблем є конденсація вологи на внутрішній поверхні даху. Це явище є більш розповсюдженим ніж в стінах будинку, оскільки тепле повітря, що виходить з приміщення через його малу густину піднімається вгору і надходить в холодну частину горища. При використанні металевих конструкцій конденсація вологи сприяє утворенню плісняви та корозії матеріалів, що зменшує термін експлуатації конструкцій. При зволоженні поверхонь конструкції даху

теплоізоляційні властивості ізоляції погіршуються – збільшується її теплопровідність.

1.5. Використання ВОК для керування теплопостачанням в пасивних системах опалення

Пасивне опалення будинку здійснюється при використанні відновлювальних джерел енергії, одним з яких є сонячне випромінювання. Конструкція будинку має бути запроектована і розміщена так, щоб найбільш ефективно сприймати сонячне випромінювання в холодний період року. Якщо елементи будинку запроектовані таким чином, що в холодний період можуть сприймати максимально можливу кількість енергії сонця, а в теплий період відбивати її, то таке проектування відповідає для пасивних будинків. Пасивне проектування будинку може значно зменшити експлуатаційні витрати, які йдуть на створення необхідних умов мікроклімату [27,28].

Одним з найбільш відомих конструктивних елементів системи пасивного сонячного опалення є стіна Тромба рис. 1.6. [29].

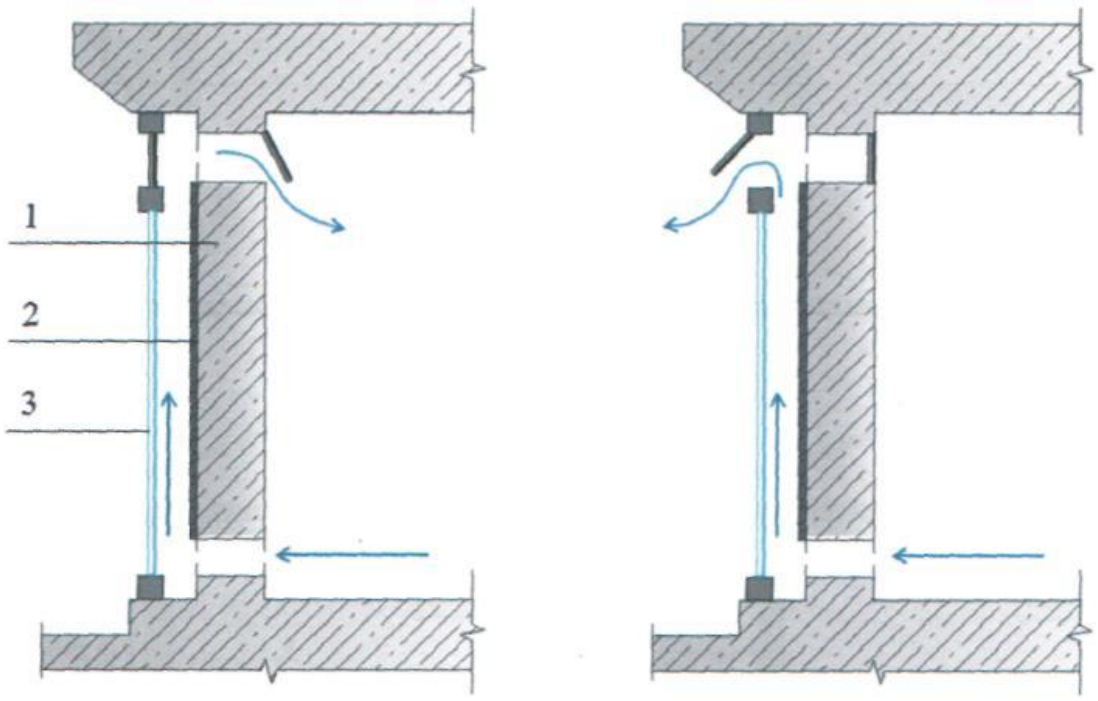
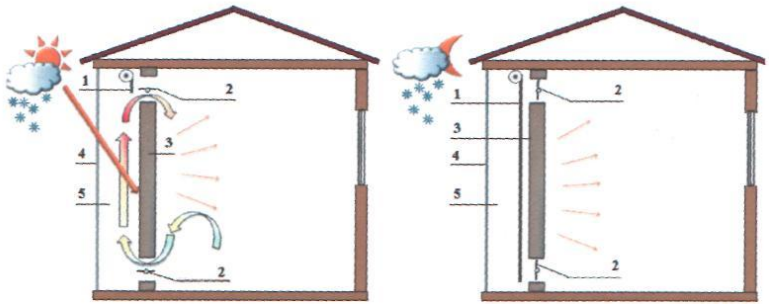


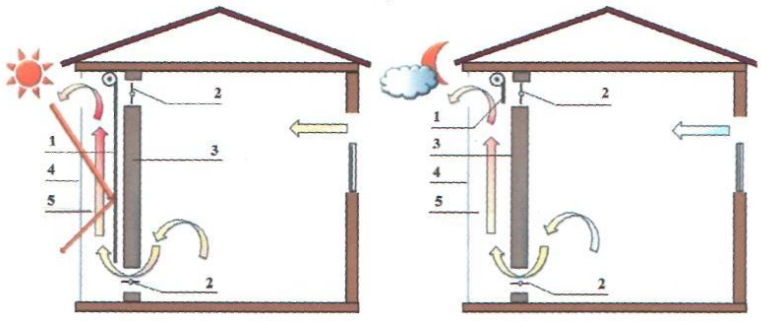
Рисунок 1.6 - Схема стіни Тромба:

1– пасивна стіна; 2 – темна поверхня; 3 – скло

Масивна стіна 1 з темною поверхнею 2 відокремлена від атмосферного повітря скляним перекриттям. В місцевостях з холодним кліматом необхідно застосовувати подвійне скляне перекриття. В проміжку між скляним перекриттям і стіною рухається повітря. Якщо стіна Тромба має отвори у верхній і нижній частинах конструкції, то у випадку, коли вони зачинені конвекція відсутня. На рис. 1.7 вказано схеми модифікованої стіни Тромба [30-32].



день ніч



день ніч

Рисунок 1.7 - Регулювання надходження тепла отворів і заслінок:

1– заслонка; 2 – регульовані отвори; 3 – масивна стіна; 4– скло;

5– рухоме повітря.

Заслонка в холодний період часу вдень має бути відкритою, а вночі закритою. В теплий період – навпаки. Залежно від кліматичних умов можуть використовуватися також інші схеми стіни Тромба для сприймання сонячної

енергії: стіна Тромба у вигляді зигзагу [29, 33], прозора стіна Тромба [34], комбінована стіна Тромба [35], стіна Тромба зі змінним фазовим станом [36, 37].

2. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ІНСТИТУТУ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. 3. І. НЕКРАСОВА НАН УКРАЇНИ

2.1 Загальні кліматичні дані

Загальні кліматичні дані (згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27). Розрахункові кліматичні характеристики району будівництва:

Зона кліматичного районування -2; температурна зона -2.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Дніпро $t_з$ = –24°С. Розрахункове значення відносної вологості приміщень 50%, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні для стін t_{min} = 11°С, для перекриттів та підлог t_{min} = 13,5°С . Згідно ДБН В.2.6-31:2021 та ДБН В.2.2-23:2009 та завданням на проектування розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_в$ = 18°С (взимку); $t_в$ = 22°С (влітку).

Таблиця 2.1 - Розрахункові температури та добові амплітуди коливання температури зовнішнього повітря, тривалість опалювального періоду -192 доби, середня температура за опалювальний період -0,2 °С.

Область, місто	Середня місячна температура повітря / середня добова амплітуда температури, °С												Температура повітря, °С						Період із середньою добовою температурою повітря					
													Середня за рік	холодного періоду				теплого періоду	≤ 8 °С		≤ 10 °С		≥ 21 °С	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		найхолодніша доба забезпеченістю		найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю			тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С
														0,98	0,92	0,98	0,92	найжаркіша доба забезпеченістю 0,95 / найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99					
Дніпропетровська область																								
Дніпропетровськ	−4,7 / 6,0	−3,8 / 5,9	1,1 / 7,0	9,6 / 9,9	16,0 / 11,0	19,6 / 10,8	21,6 / 10,6	20,7 / 11,2	15,4 / 10,7	8,6 / 8,8	2,2 / 5,6	−2,5 / 5,0	8,7	-29	-27	-26	-24	30 / 26	172	-0,2	188	0,6	57	21,6

Дати переходу добової температури повітря через 8º С та 10 º С.

Перехід через 8 °С :19.X-9.IV.

Перехід через 10 °С : 10.X-16.IV.

Таблиця 2.2 - Середня місячна відносна вологість

Область, місто	Середня місячна відносна вологість / середня добова амплітуда відносної вологості, %												Середня за рік відносна вологість, %
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Дніпропетровська область													
Дніпропетровськ	86/7	84/10	81/20	68/31	62/33	65/34	64/35	62/35	68/35	76/28	87/13	89/6	74

Таблиця 2.3 - Вітер

Область, місто	Переважний напрям вітру, його повторюваність, % / Середня швидкість вітру, м/с по місяцях											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дніпропетровська область												
Дніпропетровськ	З, 18 / 5,2	Сх, 20 / 5,5	Сх, 20 / 5,2	Сх, 18 / 4,9	Пн, 19 / 4,3	Пн, 21 / 3,9	Пн, 28 / 3,8	Пн, 32 / 3,9	Пн, 21 / 4,1	Пн, 16 / 4,6	З, 16 / 4,9	З, 16 / 5,0

Таблиця 2.4 - Максимальне й середнє значення сонячної радіації, що надходить на горизонтальну та вертикальну західної орієнтації поверхню. Середньомісячні дози сонячної радіації осередненої для однієї години, що надходить на горизонтальну та вертикальні поверхні.

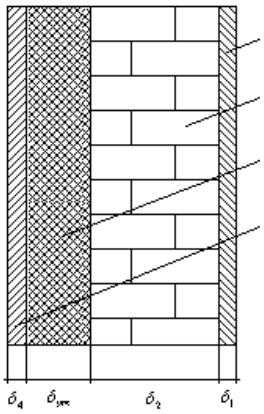
Місто, град. пн.ш.	Місяць	Сонячна радіація пряма / розсіяна, МДж/м²								
		поверхня								
		вертикальна								горизонтальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Дніпропетровськ, 48° 22′	I	0/29	1/34	81/45	269/60	419/64	306/57	99/44	3/34	128/66
	II	0/43	12/47	107/64	295/80	418/87	332/76	131/61	12/47	205/92
	III	0/58	48/70	180/94	353/108	449/114	383/104	217/89	52/70	368/142
	IV	10/72	98/89	245/104	348/109	338/118	323/112	225/107	93/89	490/174
	V	32/98	159/112	292/122	318/122	260/122	299/124	254/126	146/113	635/204
	VI	59/105	184/116	289/126	276/121	203/118	269/122	249/130	164/118	656/208
	VII	56/112	163/122	288/135	288/128	219/126	269/130	263/138	156/122	625/220
Дніпропетровськ, 48° 22′	VIII	16/88	117/100	254/116	318/124	292/119	313/125	223/119	111/101	530/194
	IX	0/54	65/66	219/77	333/89	382/97	337/89	195/80	65/66	406/134
	X	0/37	26/39	168/51	362/68	467/78	353/69	157/51	23/39	285/94
	XI	0/23	5/30	93/37	287/48	414/53	302/47	93/37	5/30	155/64
	XII	0/21	1/24	65/33	260/46	372/52	265/45	77/32	1/24	100/52

Максимальне значення(вертикальна поверхня) –318 МДж/м^2;

Максимальне значення (горизонтальна поверхня) – 656 МДж/м $_2$.

2.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Виконуємо ескіз огорожі з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Штукатурка гіпсова ;

2- Керамзито-бетонна панель;

3- Утеплювач (в разі необхідності) ;

4- Штукатурка на цементно-піщаному розчині.

Рисунок 2.1- Ескіз зовнішньої стіни



Рисунок 2.2 – Тепловізійний знімок фасаду будівлі

Таблиця 2.5 - Теплотехнічні характеристики матеріалів зовнішньої стіни

Штукатурка гіпсова	δ_1=10 мм	γ_1= 1200 кг/м^3	λ_1=0,47 Вт/(м*К)
Керамзито-бетонна панель	δ_2=250 мм	γ_2= 1800 кг/м^3	λ_2=0,55 Вт/(м*К)
Цементно-піщаний розчин	δ_4=10 мм	γ_4= 1600 кг/м^3	λ_4=0,81 Вт/(м*К)

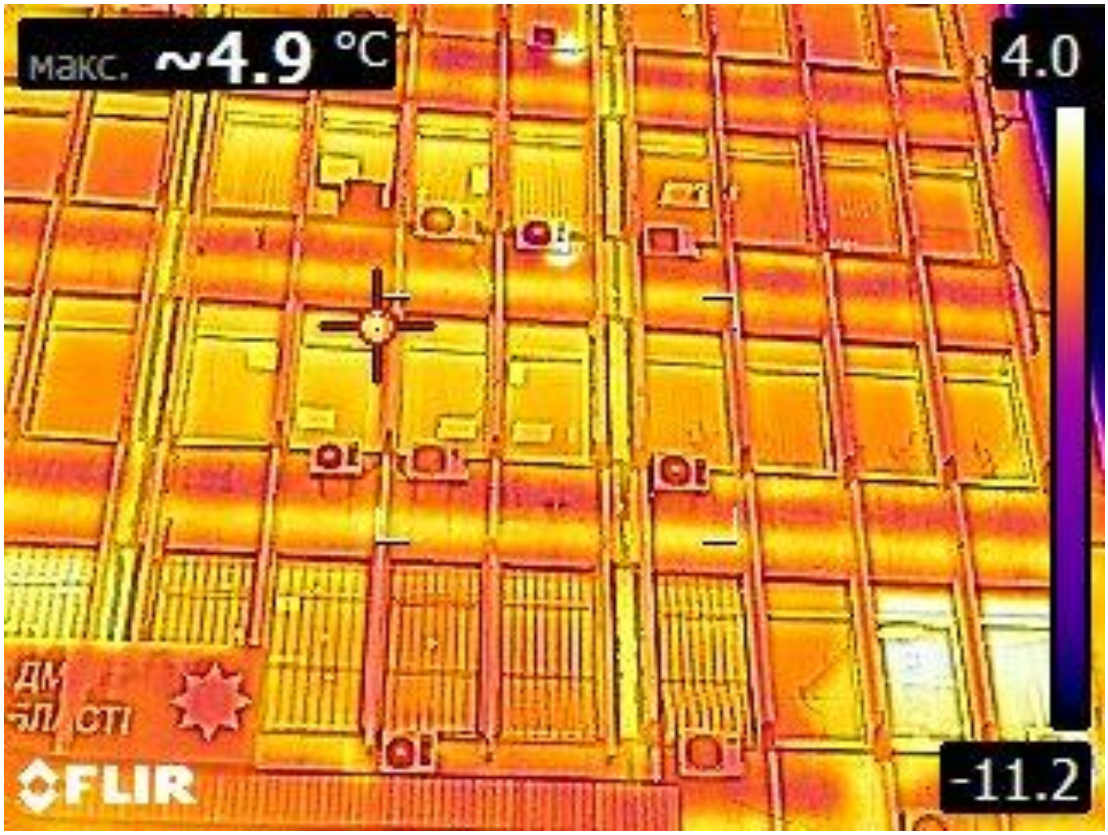


Рисунок 2.3- Тепловізійний знімок стіни



Рисунок 2.4 - Тепловізійний знімок огороджуючої конструкції

Знаходимо опір теплопередачі зовнішньої стіни , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,25}{0,55} + \frac{0,01}{0,47} + \frac{1}{23} = 0,646,$$

де $\alpha_в$ - коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/ (м^{2*}К);

δ- товщина шару матеріалу , м ;

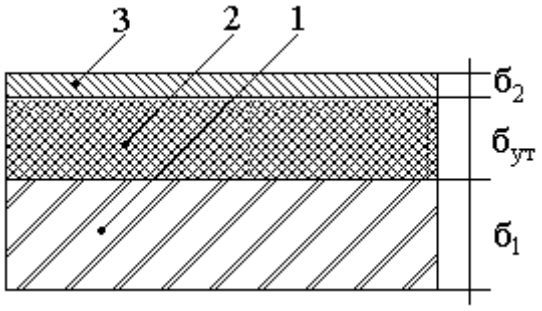
λ- коефіцієнт теплопровідності матеріалу , Вт/(м*К);

$\alpha_н$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огородження, Вт/(м^{2*}К).



Рисунок 2.5- Тепловізійний знімок

Виконуємо ескіз підлоги з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Залізобетон

2 - Утеплювач (за необхідністю)

3 – Бетонна стяжка

Рисунок 2.6- Ескіз перекриття підлоги .

Таблиця 2.6 - Теплотехнічні характеристики матеріалів підлоги .

Залізобетон	δ_1=300 мм	γ_1= 2500 кг/м^3	λ_1=1,7 Вт/(м*К)
Бетонна стяжка	δ_2=10 мм	γ_2= 2000 кг/м^3	λ_2=0,7 Вт/(м*К)

Знаходимо опір теплопередачі підлоги , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{1,7} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{6} = 0,472 .$$

Для підлоги $\alpha_в$= 8,7 Вт/(м^2*К) , $\alpha_н$= 6,0 Вт/(м^2*К).



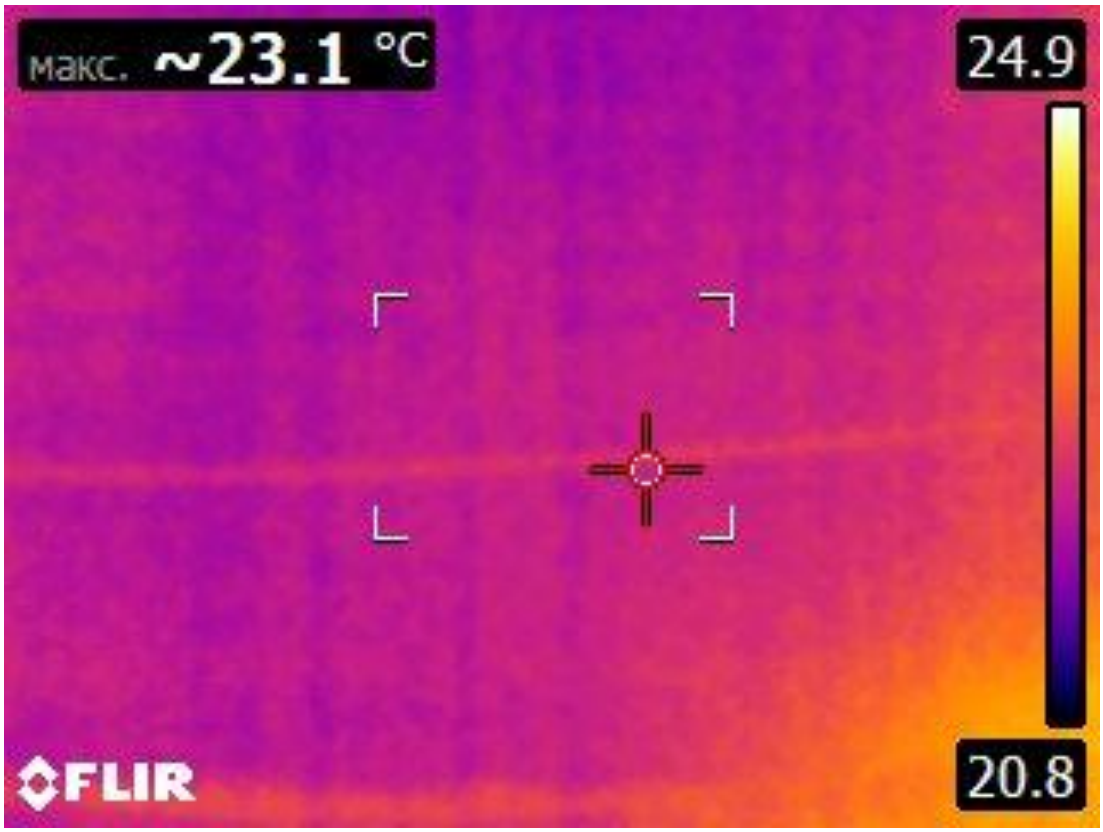
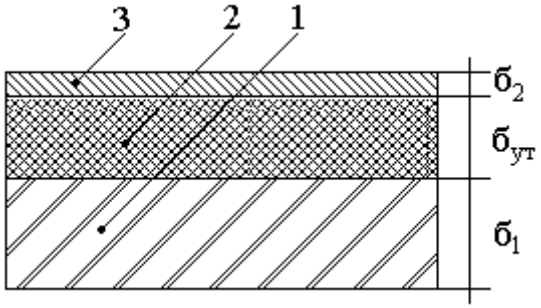


Рисунок 2.7- Стан горища

Виконуємо ескіз перекриття горища з позначенням матеріальних шарів і їх товщин.



1- Залізобетонна плита

2 – Утеплювач(за необхідністю)

3 – Рулонна покрівля

Рисунок 2.8- Ескіз перекриття горища .

Таблиця 2.7 - Теплотехнічні характеристики матеріалів перекриття горища

Залізобетон	δ_1=300 мм	γ_1= 2500 кг/м^3	λ_1=1,7 Вт/(м*К)
Рулонна покрівля	δ_2= 5 мм	γ_2= 600 кг/м^3	λ_2=0,17 Вт/(м*К)

Знаходимо опір теплопередачі перекриття горища , (м^2*К)/Вт

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{1,7} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{12} = 0,404.$$

Для перекриття горища $\alpha_в$= 8,7 Вт/(м^2*К) , $\alpha_н$= 12,0 Вт/(м^2*К).

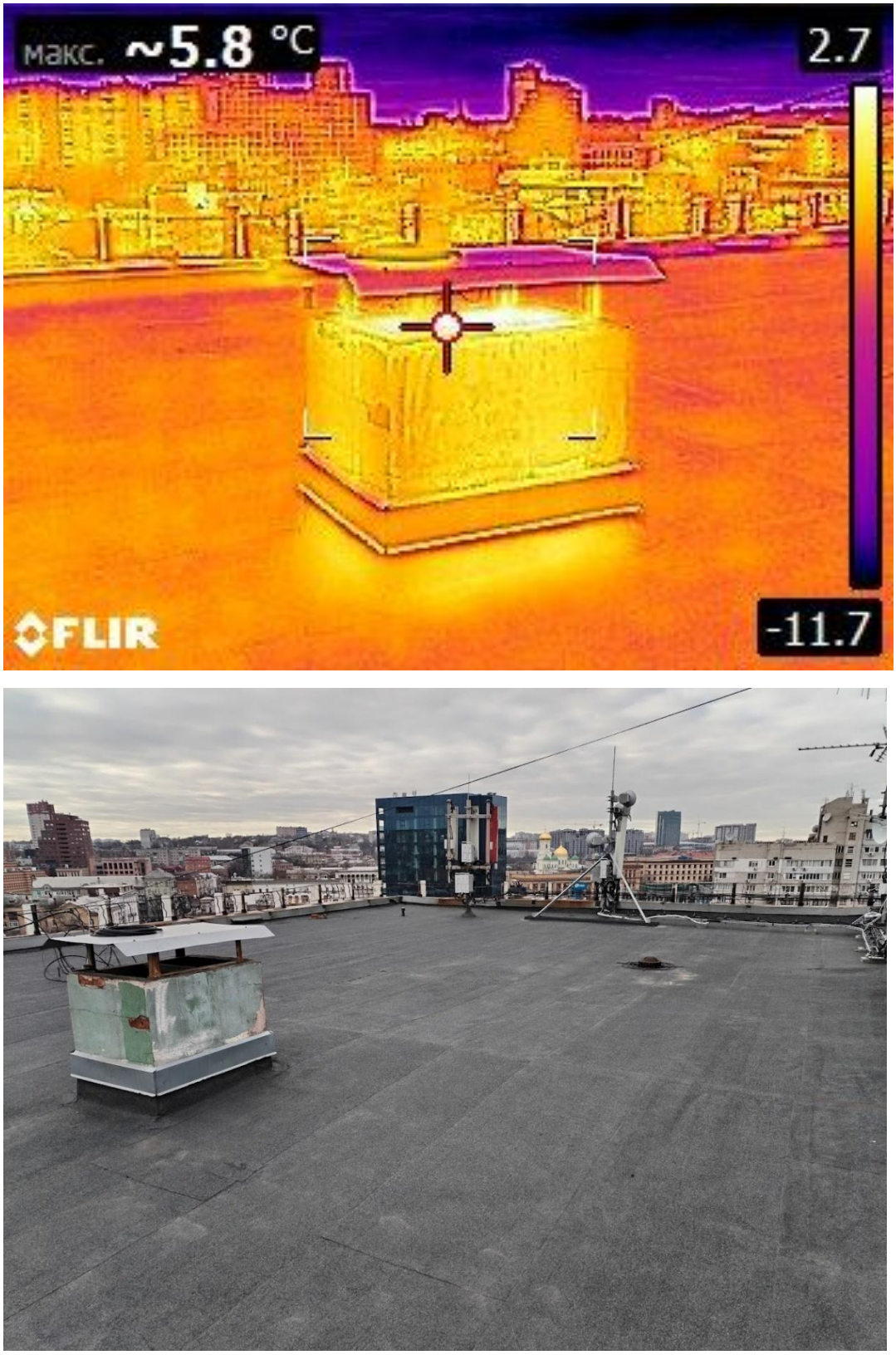


Рисунок 2.9- Стан покрівлі

Кондиціонована (опалювана) площа громадської частини будинку Af =2208,07 м^2;

загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій громадської частини будинку – FΣ = 1269,37 м^2;

- кондиціонований (опалюваний) об'єм громадської частини будинку V=7626,9 м^3.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 та ДБН В.2.2-23:2009 та завданням на проектування розрахункова температура внутрішнього повітря приймається:

АПК (кабінети) - tв = 18°С (взимку); tв = 22°С (влітку);

Санвузли, інші приміщення - tв = 16°С (взимку); tв = не нормується (влітку);

Кількість градусо-діб опалювального періоду– Dd = 3349 °С -діб.

2.3 Характеристика інженерних систем

Джерело теплопостачання будівлі - 2 газових котла НДІСТУ – 5. Котел НДІСТУ – 5 - водогрійний, виконаний у горизонтальному компонуванні та призначений для спалювання в шарі на колосниковій решітці палив.

Теоретично потрібний обсяг повітря, м^3/кг

$$V_в^0 = 0{,}0889(C^р + 0{,}375 \cdot S^р_{ор+к}) + 0{,}265H^р - 0{,}0333 \cdot O^р$$

$$V_в^0 = 0{,}0889(36{,}39 + 0{,}375 \cdot 0{,}64) + 0{,}265 \cdot 3{,}83 - 0{,}0333 \cdot 22{,}34 = 3{,}52$$

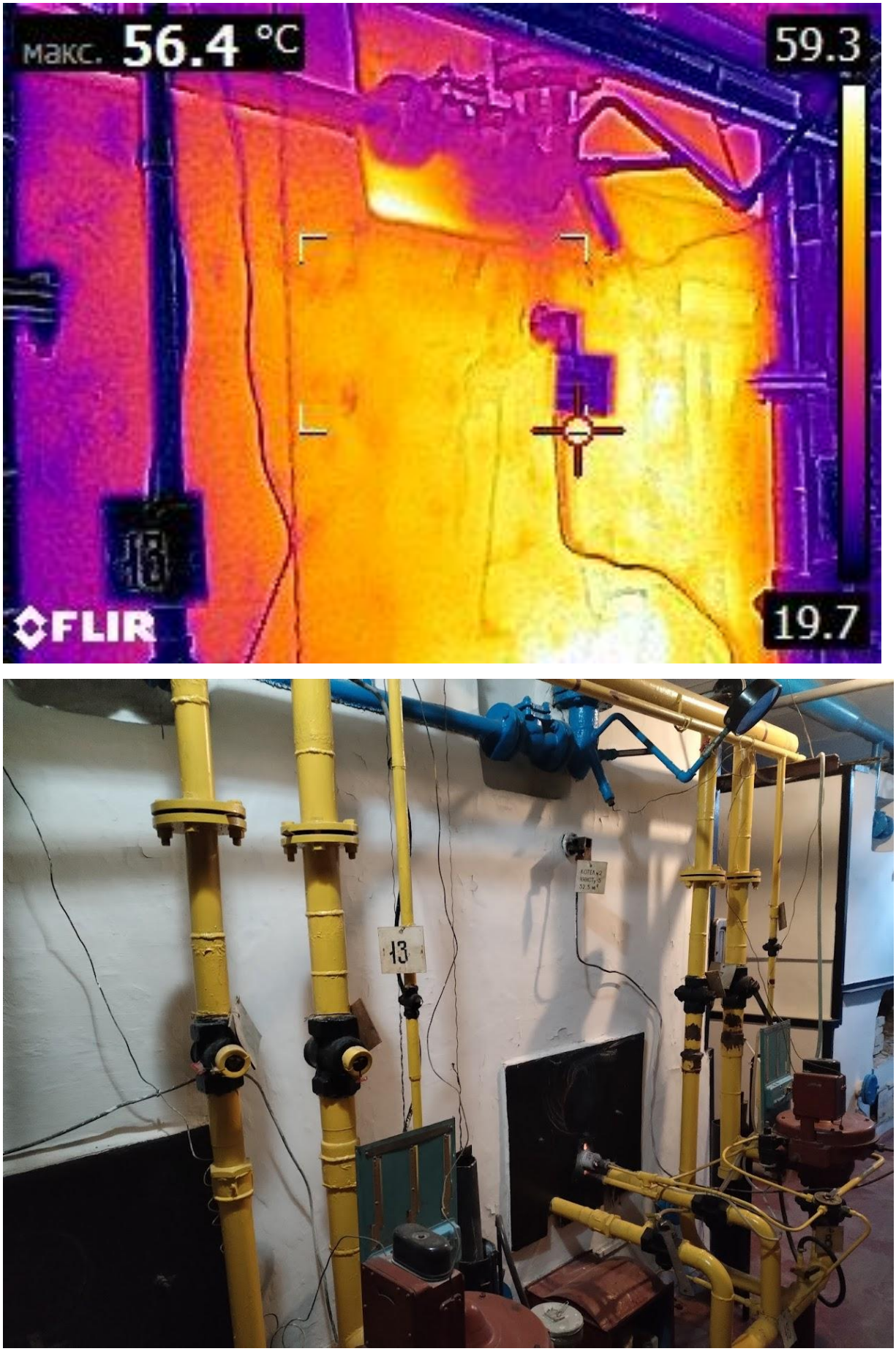


Рисунок 2.10 – Стан котельного обладнання

Теоретичні об'єми продуктів згорання м^3/кг:

- об'єм азоту

$$V_{N_2}^0 = 0{,}79V_{\text{в}}^0 + 0{,}8\frac{N^p}{100}$$

$$V_{N_2}^0 = 0{,}79 \cdot 3{,}52 + 0{,}8 \cdot \frac{0{,}64}{100} = 2{,}78,$$

-об'єм триатомних газів

$$V_{\text{RO}_2} = 0{,}01866(\text{C}^{\text{p}} + 0{,}375S_{\text{ор+к}}^{\text{p}})$$

$$V_{\text{RO}_2} = 0{,}01866(36{,}38 + 0{,}375 \cdot 0{,}64) = 2{,}78,$$

- об'єм водяної пари

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0{,}111\text{H}^{\text{p}} + 0{,}0124W^p + 0{,}0161V_{\text{в}}^0$$

$$V_{H_2O}^0 = 0{,}111 \cdot 3{,}38 + 0{,}0124 \cdot 31 + 0{,}0161 \cdot 3{,}52 = 0{,}816,$$

Дійсні середні обсяги повітря та продуктів згорання, м^3/кг:|

-середній обсяг водяної пари

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0{,}0161(\alpha_{\text{ср}} - 1)V_{\text{в}}^0$$

$$V_{H_2O} = 0{,}816 + 0{,}0161(1{,}2 - 1) \cdot 3{,}52 = 0{,}827,$$

-Середній сумарний обсяг продуктів згорання

$$V_{\Gamma} = V_{\text{RO}_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha_{\text{ср}} - 1)V_B^0$$

$$V_{\Gamma} = 0{,}683 + 2{,}78 + 0{,}827 + (1{,}2 - 1) \cdot 3{,}52 = 4{,}995,$$

Об'ємна частка водяної пари

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_\Г} = \frac{0{,}827}{4{,}995} = 0{,}165,$$

Об'ємна частка триатомних газів

$$r_{\mathrm{RO_2}} = \frac{V_{\mathrm{RO_2}}}{V_\Г} = \frac{0{,}683}{4{,}995} = 0{,}136,$$

Сумарна об'ємна частка водяної пари і триатомних газів

$$r_n = r_{H_2O} + r_{\mathrm{RO_2}} = 0{,}165 + 0{,}136 = 0{,}301.$$

Коефіцієнт присоса повітря

$\Delta\alpha$=0,0

Коефіцієнт надлишку повітря

α''=1,2

Середній коефіцієнт надлишку повітря

$\alpha_{\text{ср}} = 0{,}5(\alpha' + \alpha'')$=1,2

Середній об'єм водяної пари, м^3/кг

V_{H_2O}=0,827

Середній об'єм продуктів згорання, м^3/кг;

$V_\Г$=4,995

водяної пари

$r_{H_2O} = V_{H_2O}V_\text{г}$=0,165

триатомних газів

$r_{\mathrm{RO_2}} = V_{\mathrm{RO_2}}V_2$=0,136

Сумарна частка водяної пари та триатомних газів

$r_n = r_{H_2O} + r_{\mathrm{RO_2}}$=0,301

Ентальпії димових газів при$\alpha \rhd 1$підраховуємо за формулою, кДж/кг:

$$H_\Г = H_\Г^0 + (\alpha - 1)H_\text{в}^0 + H_\text{з},$$

де H_{Γ}^{0}і$H_{\text{в}}$- ентальпії відповідно димових газів та повітря при α=1;

$H_{З}$- ентальпія золі.

Витрата води через котел,$\frac{\text{т}}{\text{ч}}$

$$D = \frac{Q_{\text{к}}}{h'' - h'} = \frac{304 \cdot 10^{3}}{95 - 30} = 4{,}67(1{,}29\ \text{кг/с})$$

Температура газів, що йдуть,°С

$\vartheta_{\text{ух}} = 529°$Спріймається, а потім уточнюється 250

Ентальпія газів, що йдуть,$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$

$$\text{H}_{\text{ух}} = \text{H}_{\Gamma}^{0} + \left(\alpha_{\text{ух}} - 1\right)\text{H}_{\text{В}}^{0} = 922{,}28$$

Ентальпія холодного повітря ,$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$

$$H_{\text{Х.В.}}^{0} = V_{\text{В}}^{0}(\text{c}\vartheta)_{\text{Х,В,}} = 3,52 \cdot 39/4\,,19 = 32,7$$

Втрати теплоти від хімічного недопалу , %

$$q_{3} = 0{,}5$$

Втрати теплоти від механічного недопалу в циклоні та камері догоряння, %

$$q_{4} = 2{,}0$$

Втрати теплоти з газами, %

$$q_2 = \frac{\left(H_{\text{ух}} - \alpha_{\text{ух}} \text{H}^0_{\text{Х,В,}}\right)(100 - q_4)}{Q^{\text{р}}_{\text{р}}} = \frac{(922{,}28 - 1{,}2 \cdot 32{,}7)(100 - 2{,}0)}{3431} = 25{,}2$$

Втрати теплоти у довкілля, %

$$q_5 = 0{,}0$$

Сума теплових втрат, %

$$\Sigma q = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 25{,}2 + 0{,}5 + 2{,}0 + 0{,}3 = 28$$

Коефіцієнт корисної дії котельної установки, %

$$\eta_{\text{к.у.}} = 100 - \Sigma q = 72$$

Повна витрата палива, кг/год

$$\text{В} = \frac{Q_{\text{к.у.}}}{Q^{\text{С}}_{\text{Н}} \eta_{\text{к.у.}}} \cdot 100 = \frac{304 \cdot 10^3}{3431 \cdot 72} \cdot 100 = 123{,}5$$

Розрахункова витрата палива

$$B_p = B\left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 123{,}5\left(1 - \frac{2}{100}\right) = 121$$

Коефіцієнт збереження тепла

$$\phi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{\text{к.у.}} - q_5} = 1 - \frac{0{,}3}{72 - 0{,}3} = 0{,}996$$

Система опалення будівлі запроектована закрита двотрубна, з верхньою розводкою розподільчих магістралей і вертикальними стояками. Підключення системи на колекторі з сталевої труби.

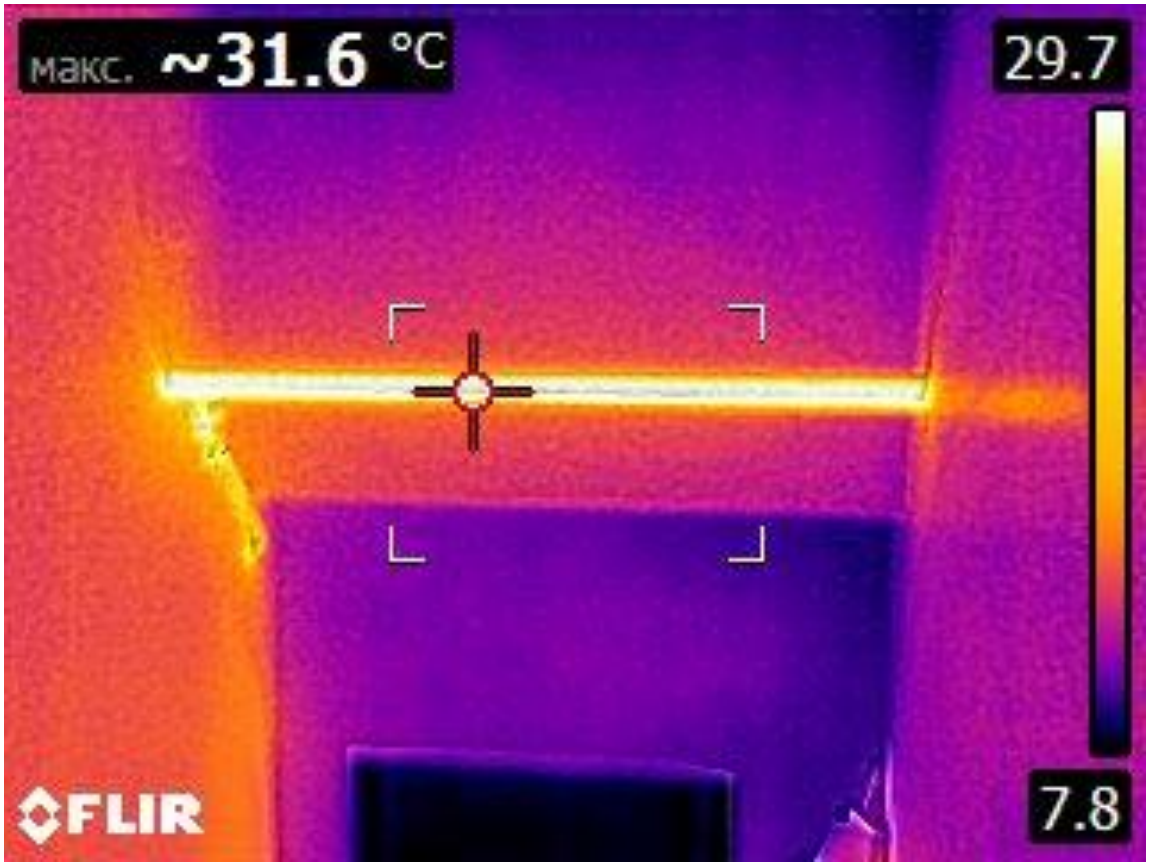


Рисунок 2.11 – Стан трубопроводів

Встановлено сталеві панельні радіатори з гладенькою поверхнею, які призначені для приміщень з високими вимогами до гігієни і чистоти. В сходових клітинах прилади опалення розташовуються в нішах.

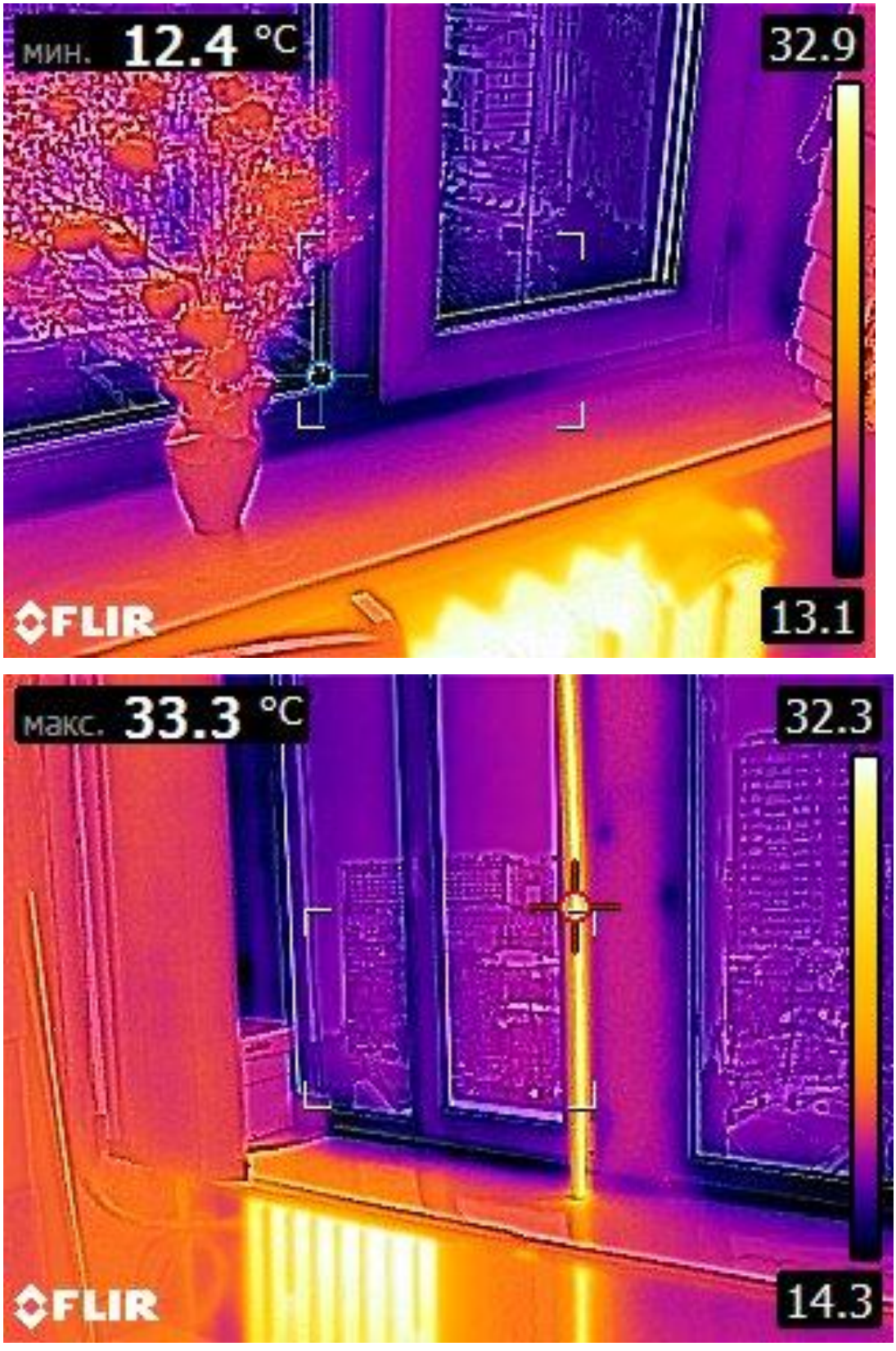


Рисунок 2.12 - Сталеві панельні радіатори

Виконано розрахунок тепловтрат огороджувальними конструкціями. Прилади опалення встановлені згідно з теплотехнічним розрахунком, не порушуючи при цьому санітарно-гігієнічних умов суміжних приміщень.

Опалювальні прилади обладнуються термостатичними клапанами з термоголовками з виносним датчиком температури(у разі зашивки радіаторів будівельними конструкціями, екранами). Радіаторна арматура з можливістю гідравлічного налаштування.

На ділянках стояків у підвалі встановлюються автоматичні регулятори перепаду тиску, балансувальні клапани, дренажна арматура.

Видалення повітря з системи опалення здійснюється через повітряні клапани в конструкції опалювальних приладів..

Клас енергетичної ефективності системи за:

- регулюванням надходження теплової енергії до приміщення - В;

- регулюванням розподілення за температурою теплоносія у подавальному абозворотному трубопроводі - В;

- регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно - змішувальнихнасосів (на різних рівнях системи) - В;

- регулюванням періодичності зниження споживання енергії системою та/аборозподілення теплоносія - В;

- взаємозв’язком між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження -В.

Для забезпечення параметрів повітряного середовища в приміщеннях проектом передбачається улаштування припливно-витяжної системи вентиляції з механічним спонуканням, з нормованими кратностями повітрообмінів, нормовананими питомими витратами.

Системи вентиляції палатних приміщень виконані роздільно для кожного з поверхів, що виключає можливість перетоків повітря, об`єм повітрообміну збалансований. Надходження зовнішнього повітря в ці приміщення забезпечується за рахунок інфільтрації через заповнені світлові прорізи і через вхідні двері.

Для приготування гарячої води передбачена установка електроводонагрівачів ємнісних Ariston V=50л, N=1,5кВт та Ariston V=30л, N=1,2кВт.

Для освітлення використовуються LED лампи.

Вмикання та вимикання ситеми освітлення ручне.

Регулювання зовнішнього освітлення - ручне.

Регулювання на присутність - відсутнє.

Регулювання жалюзей - ручне.

2.4. Визначення енергетичних показників будівлі

Розділ виконано згідно норм: ДБН В.2.6-31:2021, ДСТУ Б А.2.2-12:2015, ДСТУ Б А.2.2-13:2015.

Таблиця 2.8 - Характеристика теплопередачі трансмісією для режиму опалення

№ зв	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R'2зрі, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 х К)	ΔU'rb, додаткова складова за зовнішнім обмірюванням до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Feb, eb, k, понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для експлуатації в період низької інсоляції	Визначити, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходиться теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використовує у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 х К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{ch.ut}$	$b_{ch.c}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Зовнішні стіни														
1	Стіна 1	ПН	90	Силікатна цегла (теплопровідність - 0,85 Вт/(м·К) мінеральна вата (теплопровідність - 0,044 Вт/(м·К), густина - 80 кг/м³) штукатурка	0,510 0,1 0,04	0,65	58,37	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
2	Стіна 2	СХ	90			0,65	65,9	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
3	Стіна 3	ПД	90			0,65	58,37	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3
4	Стіна 4	З	90			0,65	65,9	3,38	0,3	0	1	1	1	конд	0,3

№ зв	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R'2зрі, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 х К)	ΔU'rb, додаткова складова за зовнішнім обмірюванням до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Feb, eb, k, понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для експлуатації в період низької інсоляції	Визначити, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходиться теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використовує у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 х К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{ch.ut}$	$b_{ch.c}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Горищні перекриття неопалюваних горищ														
1	Горище	-	0	Залізобетонна плита пустотна (густина - 2500 кг/м³) мінеральна вата (теплопровідність - 0,044 Вт/(м·К),густина - 80 кг/м³)	0,22 0,15	0,37	200	4,82	0,21	0	1	1	1	конд	0,21

№ зв	Елементи оболонки будівлі	Напрямок за сторонами світу	Кут нахилу...°	Склад елемента оболонки будівлі		Товщина елемента оболонки будівлі, м	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	R'2зрі, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 х К)	ΔU'rb, додаткова складова за зовнішнім обмірюванням до коефіцієнта теплопередачі неоднорідних конструкцій, Вт/(м2 × К)	Поправочний коефіцієнт		Feb, eb, k, понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для експлуатації в період низької інсоляції	Визначити, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходиться теплопередача	Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, що використовує у розрахунку трансмісії, Вт/(м2 х К)
				Матеріал, густина, кг/м³; теплопровідність, Вт/(м·К)	Товщина, м						$b_{ch.ut}$	$b_{ch.c}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Перекриття над технічним підпіллям														
1	Перекриття над підвалом	-	0	Засипка (теплопровідність - 0,12 Вт/(м·К),густина - 600 кг/м3) дерев'яне покриття (теплопровідність - 0,18 Вт/(м·К),густина - 500 кг/м3)	0,22 0,05	0,27	200	2,8	0,36	0	1	1	1	конд	0,36

№ зв	Елементи оболонки будівлі (віконні блоки, балконні блоки)	Кількість, шт.	Розмір, м × м	Кут нахилу,...°	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, м²	AΣ, загальна площа елемента оболонки будівлі, м²	Напрямок за сторонами світу	Матеріал рамочних елементів або непрозора частина дверних блоків	Периметр склопакету, м	K, Лінійний коефіцієнт теплопередачі дистанційної рамки склопакету В/м·К	Інформація про тип склопакета, яку слід у склопакеті, розміри склопакета, тонке напилювання склопакета, тип скла	FF,частка плоші обрамлення, світлопрозорими плоші простої обрамлення та загальної плоші вікон(дв) заповнення	1,коефіцієнт теплопередачі рамки вікна або непрозорої частини дверного блока, Вт/(м2 × К)	U, коефіцієнт теплопередачі склопакета, Вт/(м2 × К)	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі, Вт/(м2 × К)	R'2зрі, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м2 × К/Вт	Jar x, поправочний коефіцієнт	Feb, eb, k, понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для експлуатації в період низької інсоляції	Визначити, до якого типу неопалюваного або кондиціонованого об'єму виходиться теплопередача
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Вікно	6	1,74x1,68	90	2,92	17,52	ПН	Пластикові трьохкамерні	6,84	0,12	4M1-16-4M1-16-4i	0,3	1,3	1,42	1,38	0,72	1	1	конд
2	Вікно	8	1,74x1,68	90	2,92	23,36	ПД	Пластикові трьохкамерні	6,84	0,12	4M1-16-4M1-16-4i	0,3	1,3	1,42	1,38	0,72	1	1	конд
10	Двері	1	2,1x1	90	2,52	2,52	СХ	Пластикові трьохкамерні	6,6	0,12	4M1-16-4M1-16-4i	0,25	1,3	1,42	1,32	0,76	1	1	конд
11	Двері	1	2,1x1	90	2,52	2,52	ПН	Пластикові трьохкамерні	6,6	0,12	4M1-16-4M1-16-4i	0,25	1,3	1,42	1,32	0,76	1	1	конд

Таблиця 2.9 – Характеристика оболонки по грунту

№ з/п	Назва параметру	Значення
1	Елементи оболонки будівлі (підлога по ґрунту, опалюваний підвал, технічне підпілля, холодний підвал)	опалюваний підвал
2	A, площа і-го елемента оболонки будівлі, $м^2$	316,38
3	P, периметр і-го елемента оболонки будівлі, м	63,74
4	Матеріал і-го елемента оболонки будівлі	Силікатна цегла (теплопровідність - 0,85 Вт/(м К) мінеральна вата (теплопровідність - 0,044 Вт/(м К), густина - 80 кг/м3) розчин цементно-піщаний (теплопровідність - 0,93 Вт/(м К),густина - 1600 кг/м3)
5	Загальна товщина стіни, м	0,65
6	R_f, термічний опір підлоги включаючи всі шари, $м^2 \times К/Вт$	0,28
7	R_w, термічний опір стіни, що контактує з ґрунтом включаючи всі шари, $м^2 \times К/Вт$	3,52
8	z, висота стін, що контактують з ґрунтом (для технічного підпілля h висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям), м	2,9
9	Тип ґрунту	дернево-підзолистий
10	Ψg, Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення Вт/ (м × К)	-
11	h, висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м	0,3
12	Uw, коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м2 К)	3,38
13	Є, площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м2	25,4
14	v, середня швидкість вітру, м/с	1,2
15	fw, ступінь вітрозахисту	0,4

Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів:

Asol=Fsh,gl ggl (1-FF)Awp

ggl – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії

Awp – загальна площа проекції заскленого елемента

Awp Пн: 19,52 кв.м

AwpПд: 14,64 кв.м

Ff – частка площі обрамлення – 0,3

Fsh,gl- понижувальний коефіцієнт затінення

Для 1 зони кліматичного районування

Таблиця 9.1. Дані необхідні для розрахунку сонячних теплонадходжень

№ з/п	Елементи оболонки будівлі	Понижувальний коефіцієнт для постійно закритої завіси для світлопрозорих елементів огороджувальних конструкцій	Коефіцієнт поглинання сонячної радіації $\alpha_{s,c}$	Коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ε	Помноження коефіцієнту теплопередачі непрозорої частини U_c на 0,04 для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів (так або ні)
1	2	3	4	5	6
1	Стіна 1	1	0,7	0,71	ні
2	Стіна 2	1	0,7	0,7	ні
3	Стіна 3	1	0,7	0,76	ні
4	Стіна 4	1	0,7	0,7	ні
5	Горище	1	0,7	0,96	ні

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів:

Asol=as,cRseUcAc

as,c – коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною для зовнішніх стін 0,7.

Rse – тепловий зовнішній поверхневий опір рівний 0,043м2 К/Вт

Uc - коефіцієнт теплопередачі

Ac – площа проекції непрозорої частини (стіна)

Таблиця 2.11 - Елементи сонячних теплонадходжень

		прозорі		непрозорі								
		Asol*Fsh		Asol					Asol*Fsh*I	Фr*Fr	Фsol стіни	Фsol стіни з
	Місяць	Пн	Пд	Пн	Сх	Пд	Зх	горище			безгорища	горищем
1	Січень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	1232,36112	1718,62603	-56,505255	-486,26491
2	Лютий	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2006,89695	1718,62603	450,844472	288,270918
3	Березень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2978,60755	1718,62603	1006,93225	1259,98152
4	Квітень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	3649,2038	1718,62603	1202,53099	1930,57777
5	Травень	7,43027376	75,401592	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4820,71571	1718,62603	1760,50445	3102,08968
6	Червень	7,38515064	73,5359856	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	5155,24583	1718,62603	1926,80627	3436,6198
7	Липень	7,40019168	71,2039776	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4987,78177	1718,62603	1838,50846	3269,15574
8	Серпень	7,46035584	70,737576	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	4288,99007	1718,62603	1486,06912	2570,36404
9	Вересень	7,52052	75,401592	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	3363,36542	1718,62603	1104,71245	1644,73939
10	Жовтень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	2105,08239	1718,62603	430,280536	386,456361
11	Листопад	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	1036,551	1718,62603	-242,4196	-682,07503
12	Грудень	7,52052	77,7336	16,0566361	3,64629472	11,1485879	3,31628445	9,89578153	853,209888	1718,62603	-336,69867	-865,41614
											10571,5655	15854,4991

Таблиця 2.12 - Кліматичні дані та характеристика внутрішніх і сонячних теплонадходжень

			північ	південь	північ		південь		північ		південь		північ	південь
Fsh,gl			fsh,with	fsh,with	ggl+sh	Fsh,gl	ggl+sh	Fsh,gl	Asol	Isol	Asol	Isol	Фint=	Фint=
1						1		1	7,52052		77,7336			
2						1		1	7,52052		77,7336			
3						1		1	7,52052		77,7336			
4						1		1	7,52052		77,7336			
5	Травень		0,06	0,15	0,6	0,988	0,6	0,97	7,43027376	56	75,401592	101	416,095331	7615,56079
6	червень		0,09	0,27		0,982		0,946	7,38515064	67	73,5359856	96	494,805093	7059,45462
7	липень		0,08	0,42		0,984		0,916	7,40019168	61	71,2039776	98	451,411692	6977,9898
8	серпень		0,04	0,45		0,992		0,91	7,46035584	40	70,737576	106	298,414234	7498,18306
9	Вересень		0	0,15		1		0,97	7,52052	29	75,401592	102	218,09508	7690,96238
10						1		1	7,52052		77,7336			
11						1		1	7,52052		77,7336			
12						1		1	7,52052		77,7336			

	Загальна											
№	Місяць	днів	год	θсер		Isol,Пн	Isol,Сх	Isol,Пд	Isol,Зх	Isol,гор	Qsol,Квт*год	Qint,КВт*год
1	Січень	31	744	-4,7		13	21	50	22	32	2922,38848	1931,06063
2	Лютий	28	672	-3,6		24	36	70	38	59	4080,84698	1744,1838
3	Березень	31	744	1		35	58	90	61	101	6150,03379	1931,06063
4	Квітень	30	720	9		39	77	92	73	149	6226,07218	1868,76835
5	Травень	31	744	15,2		56	104	101	99	211	7285,36746	1931,06063
6	Червень	30	720	18,3		67	111	96	105	228	6826,36751	1868,76835
7	Липень	31	744	19,8		61	108	98	104	220	6895,32501	1931,06063
8	Серпень	31	744	19		40	93	106	89	185	6906,30381	1931,06063
9	Вересень	30	720	13,9		29	70	102	66	130	6489,91434	1868,76835
10	Жовтень	31	744	8,1		19	38	75	37	71	4763,97367	1931,06063
11	Листопад	30	720	1,9		11	17	39	17	31	2067,7799	1868,76835
12	Грудень	31	744	-2,5		9	14	35	15	22	1824,03653	1931,06063

Таблиця 2.13 - Розрахунок енергопотреби на опалення

Місяць року	**Параметр**								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год'	**$Q_{H,ve}$, кВт·год**	**$Q_{H,ht}$, кВт·год**	**$Q_{H,sol}$, кВт·год**	**$Q_{H,int}$, кВт·год**	**$Q_{H,gn}$, кВт·год**	**γ_H**	**$\eta_{H,gn}$**	**$Q_{H,nd}$, кВт·год**
Січень	20231,882	13460,941	33692,823	98358,162	1931,0606	100289,22	2,9765752	0,255261	8092,9007
Лютий	17457,508	11615,059	29072,567	124441,2	1744,1838	126185,39	4,3403593	0,1900528	5090,6864
Березень	15547,9	10344,533	25892,433	177226,48	1931,0606	179157,54	6,919301	0,1279454	2970,044
Квітень	2894,8034	1926,0086	4820,8121	58470,358	1868,7684	60339,127	12,516382	0,0768517	183,64838
Травень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Червень	0	0	0	0	1868,7684	1868,7684	-	1	0
Липень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Серпень	0	0	0	0	1931,0606	1931,0606	-	1	0
Вересень	0	0	0	0	1868,7684	1868,7684	-	1	0
Жовтень	5326,7398	3544,0565	8870,7963	80923,274	1931,0606	82854,334	9,3401237	0,0995507	622,59005
Листопад	14330,636	9534,647	23865,283	74248,88	1868,7684	76117,648	3,1894718	0,2435931	5323,549
Грудень	18424,029	12258,117	30682,147	68844,763	1931,0606	70775,823	2,3067429	0,307819	8896,0047
Всього за рік	94213,5	62683,362	156896,86	682513,12	22736,682	705249,8			31179,423

Таблиця 2.14 - Розрахунок енергопотреби на охолодження

Місяць року	Параметр								
	$Q_{C,tr}$, кВт·год	$Q_{C,ve}$, кВт·год	$Q_{C,ht}$, кВт·год	$Q_{C,sol}$, кВт·год	$Q_{C,int}$, кВт·год	$Q_{C,gn}$, кВт·год	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$Q_{C,nd}$, кВт·год
Січень	0	0	0	98358,162	1931,0606	100289,22	-	-	0
Лютий	0	0	0	124441,2	1744,1838	126185,39	-	-	0
Березень	0	0	0	177226,48	1931,0606	179157,54	-	-	0
Квітень	0	0	0	175411,07	1868,7684	177279,84	-	-	0
Травень	0	0	0	193199,13	1931,0606	195130,19	-	-	0
Червень	3,3135129	2,2045899	5,5181028	173454,54	1868,7684	175323,31	229,40405	31772,388	175328,82
Липень	212,28573	141,24073	353,52645	177119,89	1931,0606	179050,95	4,5650996	506,47116	179404,48
Серпень	82,17512	54,673829	136,84895	190057,71	1931,0606	191988,77	10,209841	1402,9247	273,6979
Вересень	0	0	0	188493,39	1868,7684	190362,15	-	-	0
Жовтень	0	0	0	147565,97	1931,0606	149497,03	-	-	0
Листопад	0	0	0	74248,88	1868,7684	76117,648	-	-	0
Грудень	0	0	0	68844,763	1931,0606	70775,823	-	-	0

Тривалість опалювального періоду визначена відповідно даних таблиці 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 та складає 192 діб· 24 години = 4608 годин для м. Дніпро.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно з 15.3.4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 на основі даних таблиці А.6 додатка А для м. Дніпро становить 583 год.

Таблиця 2.15 - Розрахунок енергоспоживання при опаленні

№	Місяць	Qhnd	QH em ls	Qhem in=QH dis out	QH dis in=QH gen out	QH gen ls	QH use
1	Січень	29406,9162	11781,881	35830,91135	61183,85758	26221,6532	87405,5108
2	Лютий	24151,8353	9676,4328	29198,82259	52308,19314	22417,7971	74725,9902
3	Березень	19616,8858	7859,5053	22764,63719	48763,71526	20898,7351	69662,4504
4	Квітень	2402,82108	962,690264	2165,615934	10872,44053	4659,61737	15532,0579
5	Травень	0	0	0	0	0	0
6	Червень	0	0	0	0	0	0
7	Липень	0	0	0	0	0	0
8	Серпень	0	0	0	0	0	0
9	Вересень	0	0	0	0	0	0
10	Жовтень	5682,90663	2276,85654	5625,256178	20132,17319	8628,07422	28760,2474
11	Листопад	20434,2379	8186,97741	23503,55316	48106,05102	20616,879	68722,93
12	Грудень	27302,1903	10938,6226	32779,57551	58029,17012	24869,6443	82898,8145
Сумарно по місяцям		128997,793	51682,9658	151868,3719	299395,6008	128312,4	427708,001

Згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування дорівнює енергії входу в підсистему розподілу.

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування тепла визначаються для кожного місяця по формулі (95) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведені в

таблиці 5. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування тепла прийнята відповідно технічних характеристик, ηH,gen=99%.

Загальне енергоспоживання при опаленні

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця за формулою (96) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведено в таблиці 7.

Річне енергоспоживання при опаленні будівлі розраховано за формулою (97) та наведено в таблиці 7.

Проектом передбачено, що в якості системи охолодження будівлі використовуються мультизональні системи та покрівельний кондиціонер (руфтоп). Кондиціонована площа будівлі складає Af= 200 м2.

Розрахунок загального енергоспоживання при охолодженні виконано згідно

ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та наведено в таблицях 8, 9

Таблиця 2.16 - Розрахунок енергоспоживання при охолодженні

№	Місяць	Qcnd	Wc,em,aux	QC,dis,ls	QC,gen.out	QC,gen.ls	QC use
1	Січень	0	0	0	0	0,000	0
2	Лютий	0	0	0	0	0,000	0
3	Березень	0	0	0	0	0,000	0
4	Квітень	0	0	0	0	0,000	0
5	Травень	0	0	0	0	0,000	0
6	Червень	8700,65396	10,4407848	0	8799,0856	0,000	8799,0856
7	Липень	9179,90855	68,2985196	0	9341,62331	0,000	9341,62331
8	Серпень	273,697899	1,35754158	0	277,833778	0,000	277,833778
9	Вересень	0	0	0	0	0,000	0
10	Жовтень	0	0	0	0	0,000	0
11	Листопад	0	0	0	0	0,000	0
12	Грудень	0	0	0	0	0,000	0
Сумарно по місяцям		18154,2604	0	0	0		18418,5427

Таблиця 2.17 - Додаткова енергія при охолодженні

Тип вентиляторів системи охолодження	Питома потреба в енергії вторинних вентиляторів сис-ми ох-ня fc,em,aux	Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення Wc,em,aux, кВт·год	Річна кількість додаткової енергії при охолодженні Wc,aux,an, кВт·год
Кондиціонери повітря приміщення: внутрішні блоки системи безпосереднього охолодження з розділенням повітя через повітропроводи і вентиляційні прилади (отвори)	0,1	502,36	583,24

Загальна енергопотреба ГВП складає:

QDHW,nd=3714 кВт·год

Система ГВП будівлі передбачена від електричних водонагрівачів. Циркуляція – відсутня.

Тепловтрати системою розподілення гарячого водопостачання (п. 16.2.1. формула 119 ДСТУ Б А.2.2-12:2015):

Довжина трубопроводу Lw=70,8 м; ψw=0.4.

Додаткова енергія Ww,dis,aux=0 – насосів немає.

Енергоспоживання при освітленні (п 17, табл 36 ДСТУ Б А.2.2-12:2015)

Wuse = 2092 кВт·год;

2.5. Показники енергоефективності

Розрахунковий показник компактності будинку Λbci визначається за формулою:

Λbci = A∑ /V

де A∑ - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м2;

V – кондиціонований об’єм для громадської будівлі (або її частини), м3.

Λbci = 2508,77/6101,52= 0,41

Загальний показник енергоефективності будівлі повинен визначатись за умовою:

*EP*use≤ *EP*p,

де EPuse - річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого

енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні;

EPp - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, кВт·год/м^2, та громадських будівель,[кВт·год/м3] залежно від призначення будівлі, її поверховості або показника компактності, температурної зони експлуатації.

EPp = 33 Λbci +17

Розрахункове значення EPuse [кВт·год/м3], визначають за формулою:

EPuse = (QH,use +QC,use)/V,

де QH,use, QC,use – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, відповідно, кВт·год;

V –кондиціонований (опалюваний) об’єм для громадської будівлі (або її частини), $м^3$.

EPp=33*0,41+17 =30,53 кВт·год/$м^3$;

EPuse = (220867,88+12507)/6101,52= 36,24 кВт·год/$м^3$.

ΔEP = [(EPuse – EPp) / EPp] x 100;

ΔEP = [(36,24 – 30,53) / 30,53] x 100 = 19,34%;

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, ΔEP
A	ΔEP < -50
B	-50 ≤ ΔEP < -20
C	-20 ≤ ΔEP ≤ 0
D	0 < ΔEP ≤ 20
E	20 < ΔEP ≤ 35
F	35 < ΔEP ≤ 50
G	50 < ΔEP

Клас енергоефективності – D

Згідно додатоку до Мінімальних вимог енергетичної ефективності будівель (пункт 2 розділу II) Наказу Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260; Наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 “Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель”, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 16 липня 2018 р. за № 822/32274 та ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

Основним законодавчим документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці». Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону життя і здоров’я під час праці, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносин між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, які використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних документів. з охорони праці.

Умови праці часто характеризуються впливом на працівників несприятливого мікроклімату, запиленості, загазованості, високої бактеріальної та грибкової забрудненості повітря робочої зони, виробничого шуму.

Робота також передбачає фізичне напруження внаслідок необхідного обсягу роботи. У деяких випадках пологовий процес проходить в умовах недостатнього освітлення.

У зв’язку з рішенням про перехід на альтернативне паливо, а саме біогаз, було вирішено запровадити додаткові заходи з охорони праці через серйозні аварії, які трапляються на біогазовому виробництві, іноді навіть із летальним результатом. Причиною є, звичайно, підвищене використання обладнання, а також погане сприйняття того, що роботи проводяться з горючим і вибухонебезпечним газом.

До цього додається вимога безпеки праці. Роботодавець зобов'язаний надати документ про вибухонебезпечні зони з класифікацією ступеня вибухонебезпечності та пожежної небезпеки об'єкта:

Оскільки на даному об’єкті ТЕЦ використовуються ТЕС, на організм людини діє ряд несприятливих факторів, властивих даній території, а саме:

A. надмірний тиск;

b. підвищений рівень пожежо- та вибухонебезпеки;

I. підвищена температура.

3.1 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів

На біогазовій установці, в котельні та на самій установці є резервуари під тиском. Для забезпечення безпечних умов експлуатації установки котли і газопроводи оснащуються приладами для вимірювання тиску і температури.

Запірна арматура вказує напрямок свого обертання при відкритті або закритті. Газопроводи мають на лінії подачі зворотний клапан, який автоматично закривається тиском з посудини.

Кожна ємність оснащена манометрами прямої дії. Манометр встановлюється на арматурі посудини або трубопроводі між посудиною і запірною арматурою.

Котли оснащені запобіжниками від підвищення тиску вище допустимого значення та покажчиками рівня рідини. На кожному індикаторі рівня рідини позначені допустимі верхній і нижній рівні.

Оскільки котельне обладнання працює на біогазі, існує ризик вибуху. Тому проектування проводилось згідно з Правилами безпеки в газовому господарстві.

Підвідні газопроводи обладнані електромагнітними клапанами, зблокованими сигналізаторами газу. При заповненні газом газопроводи необхідно продути через свічкові розрядники до витіснення всього повітря, а при спорожненні газу продути їх повітрям до витіснення всього газу. Ці вимоги обумовлені тим, що при об'ємній концентрації природного газу в повітрі 5-15% утворюється вибухонебезпечна суміш. Газ виділяється з вентиляційних свічок у місцях, де він не може потрапити в будівлю і де його не може запалити жодне джерело вогню. На газопроводах встановлюється тільки сталева арматура. Для запобігання ударам блискавки на біогазовому заводі встановлені громовідводи.

У котельні є поверхні, які мають високу температуру (водопроводи, паропроводи, поверхні котлів, димоходи). Усі зони елементів, доступні для обслуговуючого персоналу, покриті теплоізоляцією, що забезпечує температуру зовнішньої поверхні не вище 45 °С, при температурі навколишнього середовища не вище 25 °С. Персонал, у свою чергу, перед вступом на зміну зобов'язаний привести в порядок спецодяг. Рукава і хвости комбінезона застібаються на всі ґудзики, а волосся заправляються під шолом. Забороняється заправляти рукава спецодягу, щоб уникнути опіків.

Теплоенергетичне обладнання характеризується механічними, аеродинамічними та гідродинамічними шумами - невпорядкованим поширенням звуків різної інтенсивності та чистоти, які негативно впливають на організм людини. У котельні значний шум викликається аеродинамічними причинами, до них відносяться:

- різкі зміни тиску в трубопроводі;
- спрацювання запобіжних клапанів;
- пробивання прокладок фланцевих з'єднань;
– рух газів у трубах з великою швидкістю.

Підвищений рівень виробничого шуму на виробництві спричиняє шкідливий вплив на організм людини: знижується гострота слуху та зору, порушується діяльність серцево-судинної системи. Сильний промисловий шум може викликати функціональні зміни в нервовій, кровоносній і травній системах організму людини.

Рівень шуму у виробничих приміщеннях не повинен перевищувати 80 дБ.

Це механічний коливальний рух, найпростішим видом якого є гармонічні коливання.

У виробничих умовах оператор котельні піддається загальній вібрації категорії 3А (на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях підприємств).

Тривалий вплив вібрації призводить до різних розладів здоров'я людини і, в кінцевому рахунку, до «вібраційної хвороби». Загальна вібрація негативно

впливає на нервову систему, відбуваються зміни в серцево-судинній системі, вестибулярному апараті, порушується обмін речовин.

3.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

У практиці організації праці важливою складовою є поліпшення умов праці. Важливість поліпшення умов праці пояснюється тим, що вони в основному являють собою виробниче середовище, в якому протікає життя людини під час праці.

В Україні та міжнародній організації стандартизації застосовується принцип регулювання шуму на основі граничних спектрів (гранично допустимих рівнів звукового тиску) в октавних діапазонах частот.

Граничні рівні шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. Він закладає принцип встановлення певних параметрів шуму на основі класифікації приміщень для їх використання для трудової діяльності.

Боротьба з шумом у його джерелі. Це найефективніший спосіб боротьби з шумом. Створюються малошумні механічні передачі, розроблені методи зниження шуму в підшипникових вузлах і вентиляторах.

Зниження шуму за рахунок звукопоглинання та звукоізоляції. Об'єкт, що випромінює шум, поміщається в кожух, внутрішні стінки якого покриті звукопоглинальним матеріалом. Кожух повинен мати достатню звукопоглинальну здатність, не заважати обслуговуванню обладнання під час роботи, не ускладнювати його обслуговування, не псувати інтер'єр цеху. Різновидом цього методу є кабіна, в якій знаходиться більш шумний предмет і в якому працює робітник. Внутрішня частина кабіни покрита звукопоглинальним матеріалом для зниження рівня шуму всередині кабіни, а не тільки для ізоляції джерела шуму від решти виробничої зони.

Зменшити шум за допомогою звукоізоляції. Суть цього методу полягає в тому, що об'єкт, що випромінює шум, або кілька найбільш шумних об'єктів розташовують окремо, ізольовано від основного, менш шумного приміщення звукоізоляційною стіною або перегородкою. Звукоізоляція також досягається

розміщенням найбільш шумного об'єкта в окремій кабіні. При цьому в ізольованому приміщенні в салоні рівень шуму не знизиться, але шум торкнеться меншої кількості людей. Звукоізоляція досягається розміщенням оператора в спеціальній кабіні, звідки він спостерігає і контролює технологічний процес. Звукоізоляційний ефект забезпечується установкою екранів і ковпаків. Вони захищають робоче місце і людину від прямого впливу прямого звуку, але не зменшують шум у приміщенні.

Захист від вібрації. За організаційними ознаками способи віброзахисту можуть бути колективними та індивідуальними. Колективні методи включають такі види діяльності:

- ослаблення вібраційної енергії в джерелі її виникнення;
- ослаблення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела збудження;
- організаційно-технічний;
- санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні

Організаційно-технічні заходи включають:

- заміна операцій, що вимагають застосування вібраційних машин з дистанційним або автоматичним керуванням;
- своєчасний планово-профілактичний ремонт;
- контроль параметрів вібрації ручних машин не рідше одного разу на 6 місяців;
- змащування та балансування рухомих частин машин.

Сучасне місце в системі охорони праці займають:

- поглинання вібрацій;
- гасіння коливань;
- віброізоляція;
- вібраційне гасіння

Вібропоглинання і віброгасіння віброконструкцій досягається збільшенням втрат енергії в коливальних системах. Як віброгасителі використовують

матеріали, що мають високе внутрішнє тертя (магнітні сплави, пластмаси, мастики, пінопласти, гуму, пластмаси та ін.).

На вібруючих конструкціях шар пружно-в'язких матеріалів збільшує внутрішнє тертя в коливальній системі. Товщина мастичного покриття не повинна перевищувати товщину вібруючих деталей конструкції в 2-3 рази.

Віброізоляція є єдиним засобом зменшення вібрації, яка передається на руки від ручних електроінструментів. Для цього в коливальну систему вводиться пружний елемент, коефіцієнт пористості якого зменшується при збільшенні сили тиску.

Пружні елементи віброізоляторів і амортизаторів можуть бути резинометалевими, гумовими, пружинними або прокладками з ребристої і перфорованої гуми та ін. Їх характеристики визначаються розрахунками.

Для пружинного амортизатора найчастіше вибирають круглі пружини. Вони кращі за гумові. Вони призначені для ізоляції як низьких, так і високих частот. Вони довше зберігають свої еластичні властивості, стійкі до масел і високих температур. Пружинні амортизатори використовуються для віброізоляції насосів, електродвигунів і двигунів внутрішнього згоряння.

Для зменшення вібрації, що передається на робочі місця, використовуються спеціальні амортизаційні сидіння з пасивною пружинною ізоляцією та гумовим або іншим віброгасильним покриттям.

Основним заходом віброгасіння загальної вібрації від потужних машин і агрегатів є розрахунок віброізоляції систем і фундаментів.

Вібраційне гасіння за принципом дії поділяється на ударне та динамічне. Динамічне гасіння коливань досягається установкою агрегатів на самостійних фундаментах або масивних плитах. Фундамент підбирається відповідно до ваги агрегату; розраховується так, щоб амплітуда коливань основи фундаменту не перевищувала 0,1 - 0,2 мм, а для особливо відповідальних випадків - 0,005 мм. Для запобігання передачі коливань на грунт навколо фундаменту створюють зазори – так звані акустичні шви без заповнення або з заповнювачем.

Важливим профілактичним заходом є правильна організація режиму праці людей вібронебезпечних професій. Загальний час контакту з вібраційним обладнанням не повинен перевищувати 2/3 робочого дня, а тривалість безперервної вібрації - 15-20 хв.

З лікувально-профілактичною метою рекомендується передбачати дві регламентовані перерви для виробничої гімнастики та водолікувальних процедур.

До роботи з вібраційними машинами і механізмами допускаються працівники, які досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд і під час роботи повинні проходити періодичні огляди не рідше одного разу на рік.

Індивідуальний захист від вітру включає вібропоглинаючі рукавички та спеціальне взуття. Для захисту тіла використовуються нагрудні пояси та спеціальні костюми з еластичних демпфуючих матеріалів.

3.3 Виробнича санітарія

Установки повинні бути виконані відповідно до вимог проектування промислових установок. Виробничі приміщення повинні бути забезпечені достатнім природним освітленням, водопостачанням і вентиляцією.

Карта умов праці працівників котельні представлена в таблиці 3.1.

Виробничі приміщення слід розташовувати в залежності від технологічного процесу і шкідливих виробничих факторів на даному підприємстві.

Приміщення, в яких виробничі процеси пов'язані з виділенням шкідливих газів, пари, пилу та інших негативних виробничих факторів, розташовують по відношенню до інших будинків і населених пунктів з підвітряного боку за переважаючим напрямком вітру; територія повинна бути озеленена.

Території підприємств повинні бути обладнані водопроводом і каналізацією, мати асфальтоване або інше тверде покриття проїздів і доріжок, знаки безпеки руху.

Таблиця 3.1 - Карта умов праці працівників

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактична вартість	III клас: шкідливі та небезпечні умови			Тривалість дії факторів за зміну %
			I ступінь	II ступінь	III ступеня	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м3 NO2 CO SO2 SO3	 5 20 10 1	 4.7 14 9 0,6	 - - - -	 - - - -	 - - - -	 100 100 100 100
температура повітря, ос	17-22	20-22	-	-	-	100
Відносна вологість, %	≤75	65-70	-	-	-	100

Виробничі приміщення слід розташовувати в залежності від технологічного процесу і шкідливих виробничих факторів на даному підприємстві.

Приміщення, в яких виробничі процеси пов'язані з виділенням шкідливих газів, пари, пилу та інших негативних виробничих факторів, розташовують по відношенню до інших будинків і населених пунктів з підвітряного боку за переважаючим напрямком вітру; територія повинна бути озеленена.

Території підприємств повинні бути обладнані водопроводом і каналізацією, мати асфальтоване або інше тверде покриття проїздів і доріжок, знаки безпеки руху.

Виробничі приміщення проектуються і будуються з розрахунком, щоб на одного працюючого припадало не менше 15 м3 об’єму приміщення або 4,5 м2 площі при висоті не менше 3,2 м.

Стіни і стеля повинні мати низьку теплопровідність і не затримувати пилу, підлога повинна бути теплою, еластичною, гладкою і неслизькою.

Санпункти для надання першої медичної допомоги потерпілим на виробництві та хворим, а також для проведення лікувальної та санітарно-профілактичної роботи.

У разі необхідності допоміжних приміщень їх слід розташовувати в прибудовах виробничих будівель або в окремих будинках, приєднаних до виробничих опалювальних переходів.

Метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень з категорією робітIIб(До IIб категорії належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходьбою, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів і супроводжуються помірним фізичним навантаженням.) приймаються такі [5] і перераховані в таблиці 3.2

Видалення повітря передбачається через дефлектори, розташовані в стелі котельні. Потік повітря здійснюється в нижню зону приміщення через віконні прорізи. Взимку повітрообмін здійснюється за допомогою нагнітачних вентиляторів, які відбирають повітря з котельні за допомогою повітрозабірних пристроїв, розташованих під стелею.

Для систем опалення в якості теплоносія зазвичай повинна використовуватися вода.

Для опалення котельні в нашому випадку є:

− в машиністській та операторській – чавунна батарея на 6 секцій;

− у механізаторській 3 чавунні батареї по 8 секцій кожна;

− в господарській кімнаті – чавунна батарея на 7 секцій.

Інша частина приміщення не опалюється, тому що температура не опускається нижче 13-15°С.

Таблиця 3.2 – Допустимі метеорологічні умови

Фактори	На періоди		Для теплого періоду
	холодний	перехідний	
Допустима температура, °С	+17	+19	+20 – +22
Відносна вологість, %	≤75		≤75
Швидкість повітря, м/с	0,4		0,2
Температура повітря поза постійними робочими місцями, °С	+13	+26	-

Метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються набором параметрів - температура (t, °С), відносна вологість (φ%), швидкість повітря (V, м/с), атмосферний тиск (Р, мм рт. ст.), інтенсивність теплового випромінювання (Е, Вт/м2). Сукупність цих величин, характерних для конкретних умов виробництва, називається мікрокліматом.

Заходи і засоби захисту працюючих при неприпустимих параметрах мікроклімату поділяються на організаційні, колективні та індивідуальні.

Організаційні заходи включають автоматизацію, дистанційне керування технологічними процесами, реабілітаційні кабінети, чергування часу праці та відпочинку.

Як засоби колективного технічного захисту використовуються екрани на принципах відбиття, поглинання, тепловідведення, повітряні та водяні душові завіси. До засобів індивідуального захисту відноситься захисний одяг.

Створюючи оптимальні умови для роботи зорового аналізатора, необхідно враховувати, що ефективність залежить не тільки від освітленості, а й від таких важливих функцій ока, як контрольна чутливість, гострота зору, швидкість розрізнення деталей і стійкість. чітке бачення.

Швидкість зорового сприйняття зростає зі збільшенням освітленості. Швидко росте при освітленні 70 - 75 лк. Повільніше - з освітленням 1000 - 1200 лк. і більше. Око деякий час зберігає чітке сприйняття предмета.

Стійкість ясного зору залежить від характеру виконуваної роботи, умов виробничого середовища, зокрема від тривалості освітлення (у міру поліпшення освітлення тривалість ясного зору різко збільшується).

Існуючі норми штучного освітлення виробничих приміщень передбачають різні рівні освітлення для різної точності роботи.

Стандарти встановлюють мінімально допустимі значення освітленості, що забезпечують успішне виконання зорової роботи різного характеру і складності. Освітлення виробничих приміщень тільки штучним світлом допускається лише як виняток. Необхідно враховувати, що природне світло стимулює життєдіяльність організму людини. Це створить відчуття прямого зв'язку із зовнішнім середовищем, забезпечить рівномірне освітлення приміщення.

Створення сприятливих умов праці та її подальше полегшення сприяють, з одного боку, збереженню здоров'я працівників, підвищенню їхньої трудової кваліфікації, а з іншого - підвищенню ефективності та продуктивності праці, зниженню плинності кадрів і підвищенню дисципліни на виробництві.

3.4 Електробезпека

В котельні використовується однофазна мережа зовнішнього та внутрішнього освітлення напругою ~220В, а також трифазна ~380В для живлення агрегатів.

Під час технічної експлуатації електроустаткування на промислових підприємствах електротравми можуть виникнути з таких причин:

- безпосереднього дотику до струмоведучих частин електроустановок, що працюють під напругою. Це може статися внаслідок несправності огороджувальних пристроїв електроустановок, помилкових дій персоналу при виконанні робіт поблизу або безпосередньо на струмопровідних елементах, що знаходяться під напругою, а також появи напруги (внаслідок помилкової подачі) у раніше вимкнених. електроустановки та ділянки мережі;

- важкі та смертельні нещасні випадки (понад 200), проаналізовані показали, що випадковий дотик, не викликаний виробничою потребою та помилковою подачею напруги, під час ремонту та огляду електроустановок становить близько 53% усіх електротравм;

- торкання металевих конструкцій частин електроустановок, які не повинні перебувати під напругою, але можлива поява напруги на корпусах, кожухах і огороджуючих пристроях внаслідок електричного пробою або старіння ізоляції електроустановок, а також при замиканні оголених проводів через до розриву і падіння частини конструкції на електроустановки і при відсутності захисного заземлення ці причини становлять близько 22% всіх травм;

- торкатися інструментами та предметами з низьким опором ізоляції, струмопровідних частин, а також неметалевих частин електроустановок, які перебувають під напругою внаслідок заводських дефектів конструкції, монтажу та виготовлення.

- доторкання до стін, підлоги, будівельних конструкцій, які перебувають під кроковою напругою. Крокова напруга виникає при поширенні електричного струму від трубопроводів, будівельних конструкцій, рейкових колій, до яких пройшов електричний струм внаслідок падіння проводів або псування ізоляції. Такі причини становлять 2-3%;

- дія дуги під час роботи з відмикаючими пристроями та інші причини. Вони складають близько 6%.

Огляд електротравматизму показав, що причиною електротравматизму внаслідок помилкової подачі напруги в електроустановки під час їх ремонту та огляду є незадовільна організація ремонтних робіт та недостатнє знання працівниками правил техніки безпеки.

Дуже великий відсоток електротравм внаслідок випадкового дотику, не викликаного виробничою необхідністю (до 30%) і малий відсоток через дотик під час роботи (до 2%) дозволяє зробити висновок про те, що працівники, не задіяні в експлуатації електроустановок установки не знають, яку небезпеку становить електрообладнання. струм для людини.

Ураження електричним струмом є небезпечним фактором, що впливає на весь організм. Проте всі електротравми умовно поділяють на два основних види: місцеві електротравми, коли виникають місцеві ушкодження тіла, електроопіки, електричні ознаки, металізація шкіри; загальні електротравми, коли уражається весь організм людини внаслідок порушення нервової системи, нормальної діяльності життєво важливих органів і систем - ураження електричним струмом.

Сила електричного струму, що протікає через людину, є основним фактором, який визначає результат ураження електричним струмом. Величина напруги, під якою знаходиться людина, і опір її тіла впливають на результат ураження людини лише в тій мірі, в якій напруга і опір людини визначають величину електричного струму, що протікає через неї.

Якщо сила електричного струму збільшується, то зростає і ризик травмування людини. Існує кілька станів людини, які виникають при певних поточних значеннях.

Чуттєвий струм - це електричний струм силою від 0,6 до 1,5 мА, який при проходженні через тіло викликає помітне роздратування.

Невідпускаючий струм - це електричний струм, який, проходячи через людину, викликає непереборні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснута струмопровідна частина. При силі струму 3-5 мА (50 Гц) подразнюється вся рука,

впливаючи на струмопровідні частини; при 8-10 мА біль охоплює всю руку, а при 15 мА судоми м’язів руки стають непоправними, а біль нестерпним. У цьому випадку людина не може розтиснути руку, в якій затиснута струмопровідна частина.

3.5 Пожежна безпека

Відповідно до основних правил пожежної безпеки на підприємстві розроблено інструкцію про заходи пожежної безпеки, в якій зазначені заходи пожежної безпеки окремих виробничих приміщень, граничні показники контрольно-вимірювальних приладів, порядок і норми зберігання вибухонебезпечних і легкозаймистих речовин.

Котельня відноситься до категорії Г - пожежобезпечна, так як у виробництві використовуються газоподібні речовини. За кожним інструктажем закріплюється відповідальна особа за кількістю інженерно-технічних працівників.

Є пожежна частина для гасіння пожеж; всі виробничі цехи та приміщення обладнані пожежною сигналізацією. Основними первинними засобами пожежогасіння є:

- вогнегасники хімічні пінні ОХП-10;
- вогнегасники пінні ОВП-10;
- вогнегасники вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-20;
- порошкові вогнегасники ОПС-6, ОПС-10;
- ящики з піском;
- пожежні щити з інвентарем;
- протипожежні водопроводи.

З метою запобігання виникненню пожеж та створення безпечних умов праці на підприємстві проводились такі заходи:

- встановлено достатні проміжки між будівлями, спорудами, складами, забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів у проміжках між будівлями;

- забезпечено умови для організації евакуації з приміщень у разі виникнення пожежі;

- у виробництво впроваджено автоматичну систему контролю та сигналізації про виникнення небезпечних факторів.

3.6 Інструменти індивідуальний захист

Робочі спецодяг і халати, головні убори і чисте взуття повинні бути видані як персоналу, так і всім відвідувачам, які входять на територію ферми або інкубатора.

Для дезінфекції взуття обов'язково повинна бути ванночка для ніг; Використовуваний в ній дезінфікуючий розчин регулярно змінюється. Миття рук дезінфікуючим розчином або водою з милом має бути обов’язковим.

Персонал і відвідувачі не повинні мати прямого чи непрямого контакту з іншими птахами чи продуктами птахівництва.

Комплект ЗІЗ - спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, респіратори підбираються індивідуально і закріплюються за кожним працівником на весь період роботи. Засоби індивідуального захисту необхідно зберігати в індивідуальних шафах у спеціально відведених сухих, чистих, добре провітрюваних приміщеннях. Забороняється зберігати ЗІЗ, брати їх додому та використовувати після роботи.

3.7 Розрахунок небезпеки ураження персоналу електричним струмом

При розрахунку струмів пошкодження Ih необхідно знати опір в ланцюзі людини Rh, що визначається за формулою

$$P_{ч} = P_{тіло} + P_{взуття} + P_{причини...},$$

де R тіла - опір тіла людини, при дотику напруга Uпр 50В приймається

рівним 1 кОм;

R base - опір основи (підлоги) відповідно до матеріалу і вологості 1,5 кОм;

R взуття - стійкість взуття, залежить від матеріалу підошви, вологості та прикладеної напруги. За цими даними він становить 0,7 кОм.

Таким чином:

$$R_h = 1 + 1{,}5 + 0{,}7 = 3{,}2(кОм)$$

.

Розраховуємо струм пошкодження в 3-фазному ланцюзі з глухозаземленою нейтраллю при нормальній роботі системи. Струм пошкодження Ih, який проходить через тіло людини при дотику до фазного проводу, визначається за формулою

$$I_h = \frac{U_ф}{R_h + r_0} \ ,$$

де r0 = 4 Ом – опір заземлення нейтралі;

Upr=Uph=220V - напруга дотику (дорівнює напрузі фази);

Оскільки r0 << Rh, формула набуває такого вигляду:

$$I_h = \frac{U_ф}{R_h} = \frac{220}{3{,}2 \cdot 10^3} = 0{,}069 A = 69 \ мА \ .$$

Гранично допустимі значення Uпр і Ih при нормальній роботі електроустановки наступні: Uпр = 2 В, Ih = 0,3 мА. Порівнюючи розрахункові та табличні значення, приходимо до висновку, що розрахункові значення становлять велику небезпеку для людини. Тому при нормальній роботі електроустановки необхідно забезпечити захист працюючого персоналу від ураження електричним струмом.

Розрахуємо струм пошкодження Ih, що проходить через людину при

дотику до фазного проводу під час аварійної роботи проектованої системи, за формулою

$$I_h = U_ф \cdot \frac{r_{зам} + \sqrt{3 \cdot r_0}}{r_{зам} \cdot r_0 + R_h(r_{зам} + \cdot_0)},$$

де rclosed = 30 Ом – опір замикання на землю.

Підставивши кінцеві значення, отримаємо наступне значення

$$I_h = 220 \cdot \frac{30 + \sqrt{3 \cdot 4}}{30 \cdot 4 + 3{,}2 \cdot 10^3 \cdot (30 + 4)} = 0{,}068A = 68мА$$

Звідси ми знаходимо напругу дотику за формулою

$$U_{пр} = I_h \cdot R_h = 0{,}068 \cdot 3{,}2 \cdot 10^3 = 217{,}6B.$$

Значення гранично допустимих значень Uпр і Ih при аварійних режимах роботи електроустановки наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення гранично допустимих значень Uпр і Ih при аварійних режимах роботи електроустановки

Род і частота струму	Величина	Тривалість дії, с								
		0,01 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1.0	більше 1.0
Знімний 50 Гц	Упр, В	650	500	250	165	125	100	85	65	50	42
	Ih, мА	650	500	250	165	125	100	85	65	50	6

Порівнюючи отримані та табличні значення, бачимо, що струм силою 4 мА

може діяти на людину не більше 0,5 секунди. Однак слід враховувати, що струм 15 мА не дає, тобто дія великих струмів буде більш тривалим. Це означає, що розрахунковий струм небезпечний для обслуговуючого персоналу, і для захисту людини від дії електричного струму при дотику до струмовідних частин в аварійному режимі необхідно передбачити захист від ураження електричним струмом.

Основні заходи захисту від ураження електричним струмом:

- використання належної теплоізоляції, а в деяких випадках і підвищеної теплоізоляції;
- використання подвійної ізоляції (робочої та додаткової);
- дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин або шляхом закриття чи огородження струмоведучих частин;
- використання пристроїв блокування і захисних пристроїв для запобігання помилкових спрацьовувань і доступу до струмоведучих частин;
- надійне та швидке автоматичне відключення аварійно опинилися під напругою частин електрообладнання та пошкоджених ділянок мережі, включаючи захисне відключення;
- заземлення або заземлення корпусів електрообладнання та елементів електроустановки, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції;
- вирівнювання потенціалів;
- використання ізолюючих трансформаторів;
- використання попереджувальної сигналізації, знаків і плакатів;
- використання приладів, що знижують напруженість електричних полів;
- використання захисних засобів і пристроїв, у тому числі для захисту від дії електричного поля в електроустановках, напруженість яких перевищує допустимі норми.

З усіх перерахованих способів найбільш ефективним є заземлення або заземлення. Відповідно до вимог заземленню підлягають електроустановки, що

живляться від трифазних чотирьохпровідних мереж з глухозаземленою нейтраллю. Це означає, що як засіб захисту від ураження електричним струмом ми виберемо заземлення.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему підвищення енергетичної ефективності будівлі Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України досягнуто поставленої мети та вирішено комплекс науково-практичних завдань.

Проведено аналіз сучасних нормативних вимог та науково-технічних підходів у сфері енергозбереження будівель. Встановлено, що існуючий рівень теплозахисту огороджувальних конструкцій досліджуваної будівлі не повністю відповідає чинним вимогам щодо опору теплопередачі та енергоефективності.

Виконано теплотехнічні розрахунки огороджувальних конструкцій (зовнішніх стін, покриття, перекриттів, світлопрозорих елементів), визначено фактичні втрати теплоти та виявлено найбільш енерговитратні елементи будівлі. Встановлено наявність зон підвищених тепловтрат, зокрема в місцях примикання конструкцій і через застарілі віконні блоки.

Оцінено режими теплової роботи будівлі та структуру споживання енергоресурсів. Визначено потенціал скорочення витрат теплової енергії шляхом реалізації комплексу заходів з термомодернізації.

Розроблено технічні рішення щодо підвищення енергетичної ефективності будівлі, зокрема:

— утеплення зовнішніх стін із доведенням опору теплопередачі до нормативних значень;

— модернізацію покриття та перекриттів;

— заміну світлопрозорих конструкцій на енергоефективні;

— удосконалення системи опалення та регулювання теплових потоків.

Виконано техніко-економічну оцінку запропонованих заходів. Доведено їх енергетичну та економічну доцільність, визначено прогнозований рівень зниження споживання теплової енергії та строк окупності інвестицій.

Показано, що впровадження запропонованого комплексу заходів дозволить:

— зменшити річне споживання теплової енергії;

— знизити експлуатаційні витрати установи;

— підвищити рівень теплового комфорту приміщень;

— зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Отже, розроблені у роботі рекомендації можуть бути використані для практичної реалізації заходів з термомодернізації будівлі та слугувати прикладом комплексного підходу до підвищення енергетичної ефективності науково-дослідних установ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Текст]. – К.: Мінрегіон України, 2021. – 45 с.

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 149 с.

3. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергетичні характеристики будівель. Розрахунок енергоспоживання для опалення та охолодження [Текст]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2012. – 162 с.

4. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будівель [Текст]. – К.: Мінбуд України, 2007. – 54 с.

5. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [Текст]. – К.: Верховна Рада України, 2017. – 32 с.

6. Закон України «Про енергозбереження» [Текст]. – К.: Верховна Рада України, 1994. – 28 с.

7. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings [Text]. – Brussels: European Union, 2010. – 35 p.

8. Directive (EU) 2018/844 amending Directive 2010/31/EU [Text]. – Brussels: European Union, 2018. – 19 p.

9. ISO 52016-1:2017. Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling [Text]. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 226 p.

10. EN ISO 6946:2017. Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance [Text]. – Brussels: CEN, 2017. – 34 p.

11. EN ISO 10211:2017. Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures [Text]. – Brussels: CEN, 2017. – 76 p.

12. EN 12831-1:2017. Energy performance of buildings – Method for calculation of the design heat load [Text]. – Brussels: CEN, 2017. – 120 p.

13. Olesen, B. W. Thermal comfort in buildings [Text] / B. W. Olesen. – Copenhagen: Technical University of Denmark, 2012. – 48 p.

14. Fanger, P. O. Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering [Text] / P. O. Fanger. – Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. – 244 p.

15. CIBSE Guide A: Environmental Design [Text]. – London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015. – 365 p.

16. ASHRAE Handbook – Fundamentals [Text]. – Atlanta: ASHRAE, 2021. – 992 p.

17. Rehva Guidebook No. 13. Indoor Climate and Energy Performance [Text]. – Brussels: REHVA, 2011. – 124 p.

18. Feist, W. Passive House Planning Package [Text] / W. Feist. – Darmstadt: Passive House Institute, 2015. – 210 p.

19. Szokolay, S. Introduction to Architectural Science [Text] / S. Szokolay. – London: Routledge, 2014. – 328 p.

20. Hens, H. Building Physics – Heat, Air and Moisture [Text] / H. Hens. – Berlin: Ernst & Sohn, 2012. – 276 p.

21. Straube, J. High Performance Enclosures [Text] / J. Straube. – Somerville: Building Science Press, 2012. – 320 p.

22. Givoni, B. Climate Considerations in Building and Urban Design [Text] / B. Givoni. – New York: Wiley, 1998. – 483 p.

23. Kolokotroni, M. Ventilation and Energy Efficiency in Buildings [Text] / M. Kolokotroni. – London: Earthscan, 2007. – 208 p.

24. Pérez-Lombard, L. A review on buildings energy consumption information [Text] / L. Pérez-Lombard. – Oxford: Elsevier, 2008. – 15 p.

25. European Commission. Energy Efficiency in Buildings [Text]. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. – 78 p.

26. International Energy Agency. Energy Efficiency 2022 [Text]. – Paris: IEA, 2022. – 187 p.

27. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023 [Text]. – Paris: IEA, 2023. – 512 p.

28. UNEP. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction [Text]. – Nairobi: United Nations Environment Programme, 2022. – 96 p.

29. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment [Text]. – Geneva: ISO, 2005. – 52 p.

30. EN 16798-1:2019. Energy performance of buildings – Indoor environmental input parameters [Text]. – Brussels: CEN, 2019. – 68 p.

31. Allard, F. Natural Ventilation in Buildings [Text] / F. Allard. – London: James & James, 1998. – 372 p.

32. McMullan, R. Environmental Science in Building [Text] / R. McMullan. – London: Palgrave Macmillan, 2012. – 448 p.

33. Cabeza, L. F. Advances in Thermal Energy Storage Systems [Text] / L. F. Cabeza. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. – 632 p.

34. Kalogirou, S. Solar Energy Engineering [Text] / S. Kalogirou. – London: Academic Press, 2014. – 760 p.

35. Duffie, J. A. Solar Engineering of Thermal Processes [Text] / J. A. Duffie. – Hoboken: Wiley, 2013. – 928 p.

36. Hinrichs, R. Energy: Its Use and the Environment [Text] / R. Hinrichs. – Boston: Cengage Learning, 2018. – 640 p.

37. Boyle, G. Renewable Energy [Text] / G. Boyle. – Oxford: Oxford University Press, 2012. – 584 p.

38. European Commission. Renovation Wave Strategy [Text]. – Brussels: European Union, 2020. – 23 p.

39. World Bank. Energy Efficiency in Public Buildings [Text]. – Washington: World Bank, 2019. – 140 p.

40. OECD. Energy Efficiency Policy Toolkit [Text]. – Paris: OECD Publishing, 2017. – 212 p.

41. CEN/TR 15615:2008. Explanation of the general relationship between various European standards [Text]. – Brussels: CEN, 2008. – 43 p.

42. Passive House Institute. Criteria for Passive Houses [Text]. – Darmstadt: PHI, 2018. – 32 p.

43. REHVA Journal. Nearly Zero-Energy Buildings [Text]. – Brussels: REHVA, 2019. – 96 p.

44. U.S. Department of Energy. EnergyPlus Engineering Reference [Text]. – Washington: DOE, 2022. – 1480 p.

45. Chartered Institution of Building Services Engineers. TM54: Evaluating Operational Energy Performance [Text]. – London: CIBSE, 2013. – 78 p.

46. European Environment Agency. Greenhouse Gas Emissions in Europe [Text]. – Copenhagen: EEA, 2022. – 110 p.

47. United Nations. Sustainable Development Goals Report 2023 [Text]. – New York: United Nations, 2023. – 64 p.

48. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use [Text]. – Geneva: ISO, 2018. – 32 p.

49. BPIE. Europe’s Buildings under the Microscope [Text]. – Brussels: Buildings Performance Institute Europe, 2011. – 124 p.

50. IRENA. Renewable Energy and Energy Efficiency in Buildings [Text]. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020. – 90 p.