

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Енергетичне обстеження будівлі Бездрицької ЗОШ
I-III ступенів БСР»

Спеціальність 144 “Теплоенергетика”
за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи Пилипенко Карина Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис студента)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи _____
(підпис)

Мандрика А. С.
(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ
(наукова ступінь, звання або посада)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2022

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 93 с., 14 рис., 13 табл., 39 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: системи тепло-, водо-, газо- та електропостачання, освітлення і вентиляції, каналізації будівлі Бездрицької ЗОШ І-ІІІ ступенів Бездрицької сільської ради Сумського району Сумської області, що розташована за адресою: 42350, Сумська область, Сумський район, с. Бездрик, вул. Жовтнева, 37.

Метою роботи є розробка організаційних та технічних заходів із енергозбереження та їх фінансова оцінка.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту (1 ф. А3), план громадської будівлі Бездрицької ЗОШ І-ІІІ ступенів (1 поверх) (1 ф. А4х3), заходи з енергозбереження (1 ф. А3), зведені дані термічних опорів і тепловтрат досліджуваного об'єкту (1 ф. А3) – всього 4,5 аркушів формату А3.

Наведено опис систем теплопостачання, електропостачання, вентиляції, водопостачання та водовідведення, опис необхідного обладнання для проведення енергетичного обстеження, необхідні теплові розрахунки, фінансова оцінка та обґрунтування заходів із енергозбереження.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

Тема роботи «Енергетичне обстеження будівлі Бездрицької ЗОШ І-ІІІ ступенів БСР».

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	10
1.1 Загальні відомості про об’єкт енергетичного обстеження	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об’єкта..	15
1.3.1 Система опалення.....	15
1.3.2 Система електропостачання.....	21
1.3.3 Система водопостачання.....	23
1.3.4 Система каналізації.....	24
1.3.5 Система вентиляції.....	25
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	25
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	25
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	31
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	31
2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження.....	35
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	36
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	36
3.2 Тепловий розрахунок будівлі.....	45
4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	55
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	55
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	55
4.2.1 Утеплення зовнішніх стін.....	55
4.2.2 Утеплення даху.....	59
4.2.3 Встановлення рекуператора теплоти	63
4.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	71
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

					6.144.10 БР 00 ПЗ					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Енергетичне обстеження будівлі Бездрицької ЗОШ I-III ступенів БСР. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА					
Розроб.		Пилипенко						Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мандрика							3	77
Н. контр.		Мандрика						СумДУ, ЕМ-81-0		
Затв.										

ВСТУП

Низька енергоефективність є одним з визначальних факторів кризових явищ в економіці. Неспроможність вітчизняної продукції конкурувати із зарубіжними товарами пояснюється тим, що в собівартості продукції значну частину складають витрати енергетичних ресурсів. Це є перешкодою на шляху входження до світової системи господарювання української економіки. Зважаючи на можливість вступу України до Євросоюзу, питання енергоефективності та енергозбереження стає особливо актуальним. Неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів, нераціональне використання енергоносіїв та відсутність можливості заміни джерел їхнього постачання також є проблемою, яка вимагає термінового вирішення. Зростання цін на енергоресурси, скорочення запасів вуглеводнів, завдання значної шкоди довкіллю вимагають детального вивчення та знаходження можливостей для їх вирішення.

Розвитку економіки України значною мірою сприяє вирішення завдання забезпечення енергоносіями. В Україні залягає достатня кількість вуглеводнів, але, на сьогодні, можливості власного видобутку енергоресурсів адекватно не розглядаються. Тому Україна імпортує 75 % природного газу та 85 % нафти і нафтопродуктів [2].

Політична та економічна ситуації, які склалися в нашій країні, газовий конфлікт України з Росією, що почався в 2014 році та триває і до сьогодні, стали причиною того, що вперше за останні роки проблема ефективності державної енергозберігаючої політики та енергозбереження вийшла на найвищий політичний рівень.

Через високий рівень енергозатратності в Україні, деформовану структуру виробництва та енергоспоживання, використання зношених виробничих фондів енергетики, повільне впровадження енергозберігаючих технологій спостерігається значна енергоємність валового внутрішнього продукту, тобто рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів є значним. Така ситуація зни-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

жує і, загалом, обмежує конкурентоспроможність виробництв і стає важким тягарем для економіки. Тому сьогодні для України актуальним є питання підвищення енергоефективності та зменшення енергозатратності підприємств. Енергоємність ВВП в Україні суттєво перевищує показники країн Європи. Тому однією з пріоритетних цілей державної політики в області енергетики має стати зниження енергоємності економіки. За підрахунками Українського Союзу Промисловців та Підприємців, в Україні ККД використання газу на підприємствах в чотири рази менше, ніж в країнах ЄС. Причиною цього є використання застарілих технологій та неефективне споживання енергоресурсів практично в усіх галузях національної економіки. [3] Застосування технологій енергозбереження актуально сьогодні в усіх сферах людської життєдіяльності.

У 2014 році Україна обрала європейський шлях розвитку, і в особі українського уряду, почала впроваджувати реформи та програми щодо енергозбереження в Україні. Прикладом однієї з таких програм є державна програма «Тепла оселя», мета якої полягає у допомозі тим, хто прагне утеплити своє житло [2]. Така державна допомога дозволяє кожному доцільно використовувати енергоресурси та зменшити витрати на оплату комунальних послуг. Також стало можливим отримання відшкодування від держави на придбання твердопаливних котлів, які будуть використовувати у якості палива деревину або продукти переробки деревообробної промисловості (палети, тирса тощо). Проведення програми термомодернізації дозволить суттєво скоротити використання енергоресурсів. Програма включає такі заходи, як утеплення даху та стін, модернізацію систем опалення та гарячого водопостачання, переоблаштування застарілих джерел теплозабезпечення на сучасні. Модернізація систем опалення включає в себе облаштування індивідуальних теплових пунктів, модернізацію теплового пункту, встановлення радіаторних терморегуляторів.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Реформи у сфері енергозбереження в Україні здійснюються не тільки на загальнодержавному, але і на місцевому рівні. Наприклад, на Івано-Франківщині вздовж сільської дороги були встановлені ліхтарі на сонячних батареях. Це стало можливим за рахунок того, що влітку в Карпатах сонця достатньо, щоб за допомогою сонячних батарей забезпечити електрикою місцеві адміністративні будівлі і дитячий садок. Ліхтарі на сонячних батареях були встановлені за часткового сприяння меценатів із Євросоюзу, іншу частину суми повинні були зібрати жителі та виділити з місцевих бюджетів. Таким чином, були заощаджені кошти на освітлення вулиць [4]. План дій у сфері енергозбереження та підвищення енергоефективності в Україні також передбачає укладення угод з іншими країнами та міжнародними організаціями. Одним із прикладів такого співробітництва України є підписання у листопаді 2016 року меморандуму зі Словенією про взаєморозуміння в питаннях енергоефективності, відновлюваної енергетики та альтернативних видів палива. Меморандум передбачає обмін інформацією між країнами про принципи реалізації проєктів в зазначених сферах, обмін досвідом по використанню «інтелектуальної енергетики» і поновлюваних видів енергії, а також виробництва електроенергії з поновлюваних джерел енергії і альтернативних видів палива.

Більшість європейських країн вже декілька десятиліть успішно застосовують альтернативну енергетику як на підприємствах так і в побуті. Нашій країні також варто перейняти приклад європейських країн та почати виробляти та використовувати більше енергії з альтернативних джерел. Впровадженню енергозберігаючих технологій в Україні сприяє багатий асортимент відповідного обладнання, який пропонує сучасний ринок, це і вітрогенератори, і сонячні батареї та сонячні колектори, теплові насоси тощо.

Сьогодні Україна здійснює певні кроки в цьому напрямку. В останні декілька років Україна дуже плідно співпрацює з Північною екологічною фінансовою корпорацією (НЕФКО). Завдяки цьому співробітництву була укла-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

дена низка договорів, спрямованих на підвищення енергоефективності в різних містах України. Фінансування програм реалізується завдяки організації Північної ініціативи гуманітарної підтримки і енергоефективності для України, а також за сприяння країн Півночі та Фонду Східноєвропейського партнерства з питань енергоефективності та екології (E5P). Наприкінці осені 2016 року корпорацією НЕФКО і українським ТОВ «Карпатський вітер» був укладений кредитний договір про будівництво вітропарку на заході України. Розмір кредиту складає 5 млн євро. Вітропарк буде мати 6 турбін сумарною потужністю 20,7 *MВт*, що дозволить щорічно виробляти близько 54,3 *ГВт·год* електроенергії, скорочуючи викиди вуглекислого газу на 40,4 *т* [5].

Програма дій України у сфері енергозбереження та енергоефективності поступово наближається до програми дій країн ЄС. Для ЄС основними завданнями у цій сфері є зниження енергопостачання до 13 %, доведення частки відновних джерел енергії до 20 %, зменшення викидів вуглецю на 20 % [2]. В Україні за рахунок збільшення частки відновних джерел енергії у загальній структурі виробництва енергії, зменшиться кількість викидів вуглекислого газу, що буде мати позитивний вплив на навколишнє середовище.

Проведення ефективної політики у сфері енергозбереження та енергоефективності неможливе без законодавчої складової. У 2015 році Президент України підписав Закон №327-VIII «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації» та Закон №328-VIII «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації». Розробка та впровадження цих Законів дозволяють відкрити українську сферу енергоефективності перед інвесторами [6].

Повна і ефективна реалізація політики енергозбереження та енергоефективності надасть змогу забезпечити стійкий розвиток держави та належний

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

рівень енергетичної безпеки в Україні. Розробка та проведення програми енергозбереження дозволить Україні зміцнити свої позиції серед інших країн світу, підняти свій авторитет, забезпечити стійкий розвиток енергетичного сектору економіки та національної економіки загалом. Досягнення цих цілей можливе лише за умов проведення ефективних реформ та заходів у сфері енергозбереження, які повинні підкріплюватися діями у політичній, трудовій, адміністративній, соціальній та житлового-комунальній сферах.

На сьогоднішній день зниження витрат на енергоносії, зменшення залежності від енергоресурсів та ненадійності енергопостачання, підвищення рівня життя населення, створення сприятливого інвестиційного клімату та збереження довкілля є необхідними складовими для подальшого успішного розвитку країни. Практичний досвід розвинених країн свідчить, що ефективне впровадження енергозберігаючих заходів характеризується швидкою окупністю. Для економіки ефективність програм енергозбереження інколи може перевищувати затрати. [7].

Метою роботи є аналіз використання первинних енергоресурсів і води, розроблення енергозберігаючих заходів з їх економії у громадській будівлі ТОВ «АВІС ЗЕРНОТРЕЙД», що розташована за адресою: 42350, Сумська область, Сумський район, вул. Жовтнева, 37, с. Бездрик.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі: визначити тепловий баланс будівлі; виявити недоліки в роботі систем опалення, освітлення, вентиляції та водопостачання; запропонувати перелік енергозберігаючих заходів для проєктованих систем; зробити економічне обґрунтування ефективності роботи систем.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є громадська будівля – заклад середньої освіти Бездрицька ЗОШ I-III ступенів Бездрицької сільської ради Сумського району Сумської області (рис. 1.1), що знаходиться за адресою: 42350, Сумська область, Сумський район, вул. Жовтнева, 37, с. Бездрик, конт. тел. (0542) 690-666, електронна адреса: bezdryk_school@ukr.net.



Рисунок 1.1 – Бездрицької ЗОШ I-III ступенів Бездрицької сільської ради Сумського району Сумської області

Приміщення Бездрицької ЗОШ I-III ступенів Бездрицької сільської ради (далі – ЗОШ) побудоване з самого початку слугувало як заклад загальної середньої освіти. Будівля побудована у типовому стилі, характерному для часів побудови – радянський ампір, тобто має класичні правильні прямолінійні форми, а самі елементи будівлі є досить практичними і функціональними.

Рік будівництва – 1990.

Керівник: Петренко Тетяна Василівна.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Заклад працює 5 днів на тиждень.

Вихідні дні: субота та неділя.

Режим роботи об'єкту – 5-денний (субота, неділя – вихідні) з 8:00 до 17:00.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Будівля розташована на території с. Бездрик (Сумська обл.).

Склад працівників (приблизний):

– загальна кількість працівників закладу – 41 особа.

Проектна потужність закладу – 120 дітей на зміну. На даний час ЗОШ обслуговує 1 зміну учнів, де навчаються 182 дитини у 11 класах, а також 1 групу подовженого дня, де навчаються 25 дітей. Середня наповнюваність учнів по класам: 1-4 класи – 19 учнів; 5-9 класи – 18 учнів; 10-11 класи – 8 учнів. Кількість обслуговуючого персоналу – 41 особа, з яких педагогічні кадри 26 осіб, обслуговуючий персонал 15 осіб.

Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний схід.

Технічні характеристики будівлі:

- призначення будівлі – комунальна власність;
- рік побудови – 1990 р;
- кількість поверхів – 2;
- площа – 727,2 м²;
- об'єм будівлі за зовнішніми обмірами – 2363,4 м³;
- площа зовнішніх стін – 385,9 м²;
- площа дверних проїомів – 6,84 м²;
- площа скління – 161,5 м², з них
 - площа ПВХ вікон – 154,9 м²;
 - площа склоблоку – 6,6 м²;
- площа даху (перекриття, підлоги) – 363,6 м²;
- висота поверху – 3,25 м.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Будівля побудована у типовому стилі, характерному для часів побудови – радянський ампір, тобто має класичні правильні прямолінійні форми, а самі елементи будівлі є досить практичними і функціональними.

Об'єкт складається із однієї будівлі. Зовнішні стіни з повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині 510 мм. Оштукатурені з обох боків цементним розчином товщиною 10 мм. Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 0,81 Вт/(м·град). Стан зовнішніх стін будівлі – задовільний. В деяких місцях спостерігалось замокання та руйнування зовнішнього облицювання. Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [8].

Вікна поділяються на:

– металопластикові зі склопакетом 4-16-4, відсоткове співвідношення до всіх вікон – 95,9 %;

– склоблок, відсоткове співвідношення до всіх вікон – 4,1 %.

Значення приведенного термічного опору конструкції вікон – 0,38 м²·°С/Вт. Приведений опір теплопередачі віконних блоків не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [8].

Заклад налічує 74 вікна та ділянку, вимощену склоблоками, загальною площею 161,5 м². Вікна з ПВХ з однокамерним склопакетом 4-16-4 (154,9 м²) та всклоблок (6,6 м²) мають низький термічний опір та потребують заміни на двокамерні склопакети.

Зовнішні дефекти заповнення світлопрозорих отворів – відсутні. Стан зовнішніх вікон задовільний.

Конструктивно підлога виконана на ґрунті, утеплена керамзитовим гравієм товщиною 150 мм під стяжкою, облицювання виконане дерев'яною дошкою. Фундамент будівлі виконаний стрічковий з бетонних блоків.

Стан підлоги задовільний, значних пошкоджень не спостерігається.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

За конструктивним виконанням – перекриття холодного горища, дерев'яне, утеплене саманом товщиною 100 мм, над горищем влаштовано вальмовий дах.

Стан перекриття задовільний, значних пошкоджень даху не спостерігається. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [8].

Будівля має три входи, що знаходяться у постійному використанні. Їх виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей. Всі вхідні двері є частиною металопластикових конструкцій. На більшості входів встановлені пристрої автоматичного закривання.

Вхідні двері металопластикові з термопанелями зі склопакетом 4-16-14. Приведений опір теплопередачі дверей відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [8].

Будівля не має балконів.

Будівля не має безпосереднього контакту із іншими будівлями.

Заклад підключено до системи централізованого холодного водопостачання та водовідведення. Водопостачання здійснюється централізовано ФОП Шевкун.

Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з таких елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані з пластикових труб D_y 40, 25 мм та D_y 15 мм;
- запірно-регулююча (засувки, вентилі) та запобіжна арматура (клапани).

Основні споживачі холодної води: діти та персонал закладу.

Визначення споживання холодної води виконується щомісячно. Система обліку водопостачання включає лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.

Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання. Гаряча

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вода використовується на об'єкті у душовій кімнаті для працівників закладу та школярів у спортивній залі. Температура гарячої води на виході 55 °С. Тиск забезпечується напором системи холодного водопостачання. Рециркуляція відсутня. Окремий облік спожитої води та електричної енергії на потреби гарячого водопостачання відсутній.

Система каналізації на досліджуваному об'єкті централізована. Господарчо-побутові стоки відводяться у каналізаційні мережі, що обслуговує ФОП Шевкун. Вони не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується. Вигрібна каналізаційна яма розміщена на периферії об'єкту та періодично очищується по мірі заповнення.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø100.

Будинок обладнано системою природної вентиляції за рахунок перепаду тиску всередині та зовні будівлі, повітропроникності огорожувальних конструкцій (через нещільності у віконних конструкціях і відкриті елементи у віконних і дверних конструкціях. Видалення повітря забезпечується через вентиляційні канали.

Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Освітленість в приміщеннях будівлі відповідає мінімальним нормативним вимогам.

Система зовнішнього освітлення відсутня.

Система електропостачання будівлі розрахована на одночасне ввімкнення всіх електроспоживаючих приладів. Електропроводка будівлі відповідає вимогам експлуатації.

Споживачі електричної енергії:

- офісна техніка (комп'ютери, принтери, аудіосистема);
- телевізори;
- кухонна техніка (холодильники, плити електричні, елект-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ром'ясорубка, електросковорідка, жарочна шафа, марміт для перших та других страв, пароварка, міксер, хліборізка);

- мультимедійні проектори;
- мультимедійна дошка;
- електрочайник;
- система освітлення;
- система гарячого водопостачання (електробойлер).

Споживач природного газу – система опалення. Газопостачання об'єкту здійснюється газопроводом низького тиску умовним діаметром 3/4". Постачальник природного газу – Сумське відділення ПАТ «СумиГаз».

Під час енергоаудиту розглядалися такі шляхи економії енергоресурсів і води:

- скорочення споживання теплової енергії на потреби опалення;
- скорочення споживання електроенергії внутрішнього і зовнішнього освітлення;
- споживання води на санітарно-гігієнічні і технологічні потреби.

Поліпшення екологічних характеристик досягалося за рахунок: непрямого екологічного ефекту, спричиненого зменшенням споживання первинних енергоносіїв (електричної енергії) і води, а також пов'язаного з цим скороченням викидів забруднюючих речовин у довкілля.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

У результаті енергетичного обстеження було здійснено візуальний огляд систем електро-, тепло- та водопостачання, вентиляції і каналізації.

1.3.1 Система опалення

Обстежуваний об'єкт має автономну систему теплопостачання, у якому теплоносієм є гаряча вода. Газова котельня розміщена на території школи. Система циркуляційна, двотрубна, модернізована. Приєднання опалювальних

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

приладів до теплопроводів здійснене «знизу вгору». Опалювальні прилади – сталеві радіатори конвективного типу, терморегулятори на радіаторах наявні. Магістральні трубопроводи розташовані в стінах, теплоізоляція відсутня. Відсутнє балансування системи, що призводить до збільшення втрат системою теплопостачання, а також до нерівномірності нагрівання приміщень. Розподільчі та з'єднувальні трубопроводи сталеві.

Опалювальний період триває 6 місяців (з 1 жовтня до 15 квітня). Тривалість періоду може змінюватися залежно від погодних умов (як правило він починається при зниженні середньодобової температури зовнішнього повітря нижче +8 °С і закінчується при підвищенні середньодобової температури повітря вище +8°С протягом 3-х діб).

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб згідно ГОСТ 10704-91. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику. Однак на об'єкті вона частково відсутня.

Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik [9] подані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики сталеві опалювальної панелі типу Radik

Параметри	
Максимальна температура теплоносія , °С	+110
Тиск, бар	10
Критичний тиск, бар	13
Потужність секції, Вт	1210
Об'єм, л	6,6
Габаритні розміри , мм	
висота секції	600
глибина секції	54
ширина секції	1200
Маса секції, кг	31

Зображення сталеві опалювальної панелі типу Radik (Чехія) подана рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Сталева опалювальна панель типу Radik

Результатом обстеження вказаних приміщень є висновок, що експлуатація даної системи опалення задовільна.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення з використанням водяного одноконтурного димохідного газового котла «Маяк-100» у кількості 2 шт. Котел виготовлено у листопаді 2010 року. Фірма-виробник «Маяк» (Україна). [10] (рис. 1.3), запірні арматури по воді – засувки діаметром 100 мм, фільтр тонкого очищення, гідровирівнювач, розширювальний мембранний бак, рециркуляційна насосна система. Наявність власного джерела тепла дозволяє досить гнучко регулювати температуру у приміщеннях підприємства залежно від температури зовнішнього повітря, що не спричиняє надлишкової подачі теплоти на потреби і перевикористання природного газу.

Технічні характеристики котла:

- номінальна теплова потужність – 100 кВт;
- номінальний тиск газу – 1274 Па;
- коефіцієнт корисної дії, не менше – 90 %;
- максимальна температура теплоносія – 90 °С;
- діапазон регулювання температури теплоносія на виході з котла, не менше – 50...90 °С;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- витрата природного газу, не більше – 11,2 нм³/год;
- діаметр приєднувальних патрубків – 2’’;
- споживання електричної енергії, не більше – 7 Вт;
- характеристика електроживлення (напруга/частота) – 220 В/50 Гц;
- габаритні розміри 700x1070x1280 мм;
- маса апарату – 420 кг.



Рисунок 1.3 – Котел газовий димохідний одноконтурний «Маяк-100»

Котел оснащений двома газовими клапанами, що забезпечують:

- подачу газу до основного пальника тільки за наявності полум'я на пальнику;
- припинення подачі газу при згасанні запального пальника;
- припинення подачі газу за відсутності тяги в димоході;
- автоматичне блокування основного пальника при розпалюванні запального пальника;
- припинення подачі газу при зниженні тиску газу нижче за мінімально допустимий;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- припинення подачі газу при відключенні електроенергії.

Котел «Маяк-100» має високу якість виготовлення, адаптується до зниження тиску газу, має плавне, поетапне включення основних пальників. Також він може додатково комплектуватись пристроями, що забезпечують автоматичне регулювання теплового потоку на виході з котельні. Котел не займає багато місця. Широка модуляція теплової потужності, немає потреби в установці резервних котлів, кожен котел. Котел є абсолютно автономний. Наявна можливість низькотемпературної експлуатації опалювального контуру, а також є можливість приєднання резервуару теплої технічної води.

Температура теплоносія може змінюватися залежно від температури довкілля. Після підігрівання вода подається за допомогою циркуляційного насосу у систему опалення. Система опалення в приміщенні – однотрубна з верхнім розведенням магістралей. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади.

Досліджувана система опалення об'єкту включає таке устаткування:

- подавальні стояки ;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотній трубопровід.

Підчас обстеження були виявлені деякі порушення, а саме: у деяких приміщеннях опалювальні прилади були загороджені, що негативно впливає на процес повітрообміну; вікна у деяких приміщеннях мають не якісні відкоси, що спричиняє надмірні втрати тепла, що на період опалювального сезону не доцільно з точки зору енергозбереження, деякі приміщення мають знижену температуру відносно нормованих показників, при невеликій площі та достатній кількості радіаторів, тому можна зробити висновок, що радіатори або засмічені або мають недостатню площу теплообміну.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для обліку спожитого об'єктом природного газу використовується лічильник діафрагмовий METRIX G10 [11], зовнішній вигляд якого подказано на рис. 1.4, а технічні характеристики наведені у табл. 1.2.

Комунально-комерційні лічильники газу METRIX G10, призначені для комерційного обліку споживання природного газу, газоподібних пропану, бутану і їх сумішей в комунальному і комерційному секторах при тисках і витратах, що не перевищують значень, зазначених в технічних параметрах.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд лічильника природного газу діафрагмового METRIX G10

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики електричного лічильника METRIX G10

Параметри	Величина
Параметр	G10
Номінальна об'ємна витрата, м ³ /год	10
Мінімальна об'ємна витрата, м ³ /год	0,1
Максимальна об'ємна витрата, м ³ /год	16
Міжповірний інтервал, років	12
Поріг чутливості, м ³ /год	не більше 0,5Q _{min}
Маса лічильника, кг	7,0
Габаритні розміри, мм	345 x 395 x 214

Допустима похибка лічильника не перевищує 9 % у діапазоні витрат від Q_{\min} до $0,1Q_{\text{ном}}$, та 1,5 % у діапазоні витрат від $Q_{\text{ном}}$ до Q_{max} .

1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання об'єкта здійснюється на підставі договору між Бездрицькою ЗОШ та Сумським відділенням ПАТ «Сумиобленерго».

Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показів приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (основний розрахунковий період – місяць).

Постачальником електричної енергії є Сумське відділення ПАТ «Сумиобленерго», відбувається від окремої трансформаторної підстанції, яка знаходиться на території об'єкту. Живлення електричною енергією будівлі здійснюється кабельними лініями 0,4 кВ марки ВВГ.

Електрощитова з розподілом на 220/380 В, від якої живиться електроенергією силове обладнання та освітлювальна мережа об'єкта, знаходиться в будівлі. Вона є спільною для всього об'єкту.

Для обліку спожитої електричної енергії об'єктом використовується трьохфазний однотарифний лічильник активної енергії НІК 2301 АП2В (рис. 1.5) [12]. Лічильник типу НІК 2301 АП2В відповідає вимогам ГОСТ 30207 та ДСТУ ІЕС 61036, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 і ТУ У 33.2-33401202-004:2005 та має підвищений захист від впливу змінних та сталих магнітних полів. Технічні характеристики лічильника наведені і табл. 1.3.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Однофазний лічильник активної енергії типу НІК 2301 АП2В

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики лічильника НІК 2301 АП2В

Параметр	Значення
Клас точності	1,0
Номінальна сила струму	5,0 А
Максимальна сила струму	60 А
Номінальна напруга	220 В
Максимальна напруга	253 В
Мінімальна напруга	143 В
Номінальна частота	50 Гц
Чутливість	12,5 мА
Тип індикатора	електромеханічний
Міжповірочний інтервал	16 років
Робочий діапазон температур	-40 °С – +50 °С

Лічильники реактивної потужності на об'єкті відсутні.

Система освітлення знаходиться в задовільному стані. Також було встановлено, що у будівлі штучним джерелом світла є люмінесцентні лампи OSRAM, які розміщені у світильниках типу BS-24/2x18 FORA [13] розрахо-

ваних на чотири люмінесцентні лампи загальною потужністю 36 Вт. Загальна кількість ламп у будівлі 140 шт. Стан світильників задовільний. Перегорілі лампи періодично замінюються новими.

Система контролю за спрацюванням автоматики керування освітленням відсутня. Загальна потужність систем внутрішнього освітлення 5040 Вт. Річна тривалість роботи системи освітлення – 1600 год.

1.3.3 Система водопостачання

Основні споживачі холодної води – працівники закладу та учні, які користуються: змішувачами, кранами, змивними бачками, які розміщені на території об'єкту у санвузлі та душових, а також вода витрачається на забезпечення прибирання території, приймання душу, пиття тощо.

Забезпечення приміщення гарячою водою здійснюється за рахунок власного виробництва з використанням бойлера електричного нагрівання.

Для обліку спожитої об'єктом холодної води використовується лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA DN 25 (рис. 1.6) [14]. Лічильник має захист від магнітних полів. Приєднання до трубопроводу – різьбове.

Лічильник води серії вимагає застосування фільтра грубого очищення на вході за зоною прямолінійної ділянки трубопроводу.

Технічні характеристики лічильника наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики електричного лічильника GROSS MNK-UA

Параметри	Величина
Номінальний діаметр, мм	20
Номінальна об'ємна витрата, м ³ /год	2,5
Мінімальна об'ємна витрата, м ³ /год	0,45
Перехідна об'ємна витрата, м ³ /год	0,0375
Максимальна об'ємна витрата, м ³ /год	0,025

Продовження таблиці 1.4

Параметри	Величина
Термін служби, років	12
Поріг чутливості, м ³ /год	не більше 0,5Q _{min}
Маса лічильника, кг	3,0

Допустима похибка лічильника не перевищує 5 % у діапазоні витрат від Q_{min} до Q_t, та 2 % у діапазоні витрат від Q_t до Q_{max}.

Зовнішній вигляд лічильника показано на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Лічильник електричний GROSS MNK-UA DN 25

1.3.4 Система каналізації

Система каналізації на досліджуваному об'єкті централізована куди скидаються господарчо-побутові стоки та відводяться у загальну мережу. Стоки не мають шкідливих забруднень або домішок, тому перед скиданням їх до каналізації, попереднього очищення не виконується.

Зливні води потрапляють каналізаційну мережу по пластикових трубах діаметром Ø100.

1.3.5 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря надходить до об'єкту через відкриття дверей або стулок у світлопрозорих конструкціях.

Окремі автономні кондиціонери у будівлі відсутні.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії і воду [15 – 17]

Електрична енергія (з ПДВ): 3,53 грн/(кВт·год).

Природний газ (з ПДВ): 34,51 грн/ м³.

Холодна води з урахуванням водовідведення: 27,12 грн / 1 м³.

1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.4.1 Аналіз обсягів споживання природного газу

Кількість спожитої об'єктом природного газу по місяцям за 2019 – 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку, наведено в табл. 1.5.

Вартість 1 м³ природного газу становить – 34,51 грн.

Таблиця 1.5 – Споживання природного газу

Місяці	Споживання природного газу, м ³		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	6342	6045	7520
Лютий	5327	5142	6484
Березень	4058	3873	5508
Квітень	3550	3120	4980

Продовження таблиці 1.5

Місяці	Споживання природного газу, м ³		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	3280	560	4960
Листопад	5138	950	6258
Грудень	6126	1155	7357
Всього	33821	20845	43067

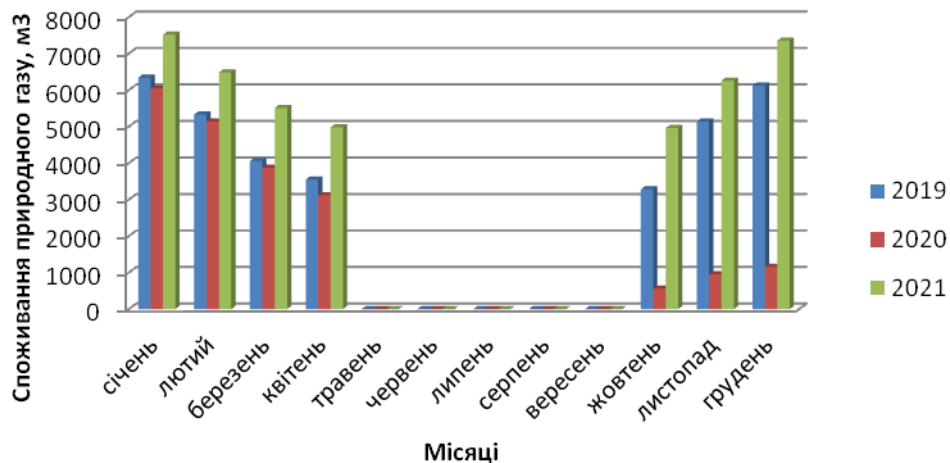


Рисунок 1.7 – Динаміка природного газу об'єктом у 2019 – 2021 роках

Максимуми споживання природного газу припадають на листопад – лютий місяць, що видно з рис. 1.7, причиною чого є досить несприятливі кліматичні умови. Загалом, споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку опалювального періоду, і починає плавно спадати у кінці зимових місяців.

У місяці квітні – вересні витрати природного газу відсутні у зв'язку з тим, що не проводиться опалення будівель.

У різні роки, на початку опалювального періоду спостерігається невелика різниця споживання природного газу. Це пов'язано з різною середньомісячною температурою навколишнього середовища.

1.4.2 Аналіз обсягів спожитої електричної енергії об'єктом

Кількість спожитої електричної енергії об'єктом по місяцям за 2019 – 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті, наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Споживання електроенергії об'єктом

Місяці	Споживання електроенергії, кВт·год		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	5809	6259	6600
Лютий	3214	3353	3330
Березень	2560	3060	2648
Квітень	1359	2159	2700
Травень	1266	1300	1186
Червень	2576	1055	1163
Липень	3869	586	495
Серпень	390	577	500
Вересень	755	731	685
Жовтень	1759	753	762
Листопад	3778	853	836
Грудень	4208	847	812
Всього	31543	21533	21717

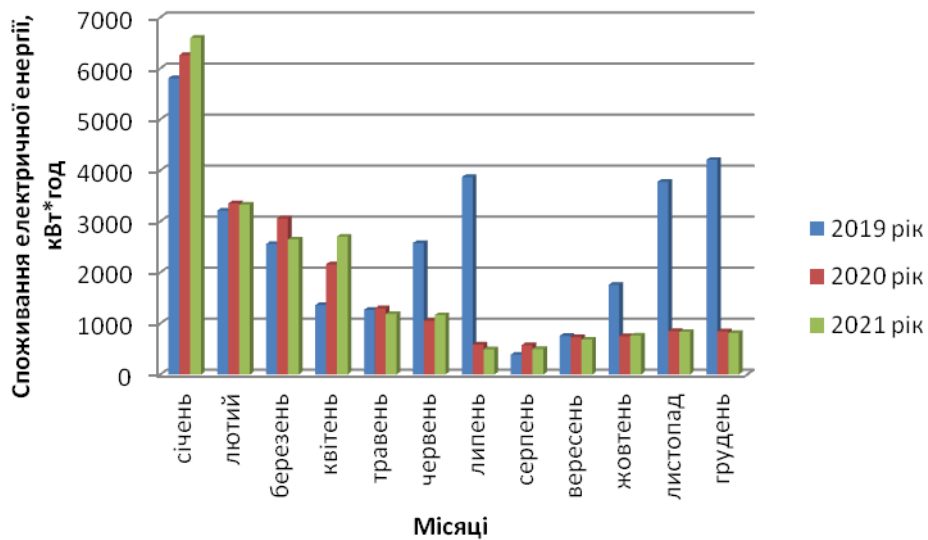


Рисунок 1.8 – Динаміка споживання електроенергії об'єктом в 2019 – 2021 роках

Мінімуми споживання електричної енергії припадають на період з травня по вересень, що видно з рис. 1.8, причиною чого є велика тривалість світлового дня. У грудні і січні споживання електроенергії найбільше, що зумовлено роботою системи освітлення. Виключенням є 2020 і 2021 роки, коли у зв'язку з пандемією заклад не працював очно, а лише дистанційно.

У різні роки в одні й ті ж місяці спостерігається невелика різниця споживання електричної енергії у бік зменшення.

1.4.3 Аналіз обсягів спожитої об'єктом холодної води

Кількість спожитої об'єктом холодної по місяцям за 2019 – 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку споживання холодної води на об'єкті, наведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Споживання об'єктом холодної води

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	180	144	182
Лютий	175	116	173
Березень	180	95	167
Квітень	162	90	156
Травень	171	88	178
Червень	25	15	21
Липень	12	2	11
Серпень	16	2	13
Вересень	185	7	191
Жовтень	173	5	185
Листопад	164	6	176
Грудень	178	8	188
Всього	1621	578	1641

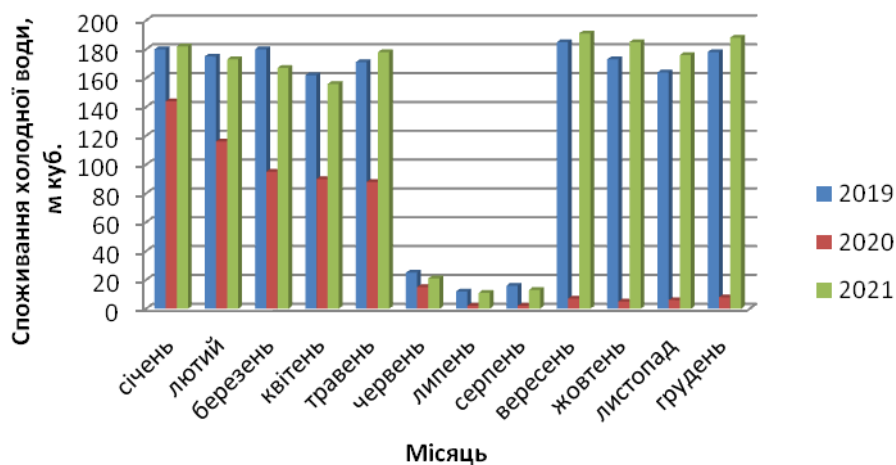


Рисунок 1.9 – Динаміка споживання холодної води об'єктом у 2019 – 2021 роках

Споживання холодної води є нерівномірним протягом року, що видно з рис. 1.9, що пояснюється нерівномірністю завантаження об'єкту, а також впливом пандемії коронавірусу SARS-COV 2, завдяки чому об'єкт працював у дистанційному режимі.

У різні роки в одні й ті ж місяці спостерігається невелика різниця споживання води, що пояснюється вживанням заходів з економічного її використання.

У 2021 році в об'єкті за даними журналу обліку було спожито:

- природного газу – 43,067 тис. м³ (1,486 млн. грн);
- електричної енергії – 21,717 тис. кВт·год (0,077 млн. грн);
- холодна вода – 1,641 тис. м³ (0,0445 млн. грн)

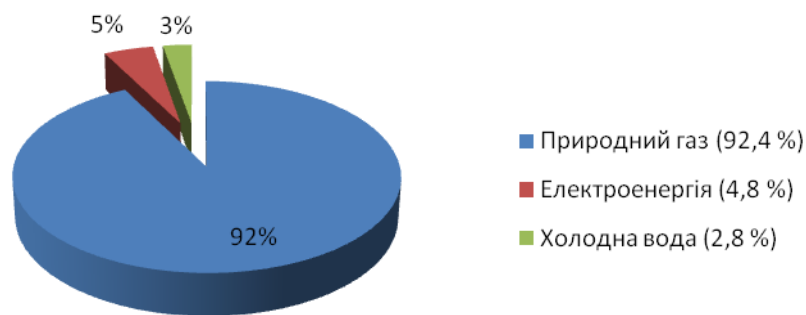


Рисунок 1.10 – Кругова діаграма обсягів споживання енергоресурсів об'єктом за 2021 рік

З кругової діаграми (рис. 1.10) видно, що більшу фінансову частину енергоспоживання складає природний газ (92,4 %). Отже, для економії енергоресурсів доцільно впроваджувати заходи з економії саме цього енергоресурсу.

2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

При проведенні енергетичного аудиту системи енергопостачання основними вимірюваними параметрами є температура, лінійні розміри будівлі та мереж. Найчастіше на практиці для вимірювання температури використовуються термометри та пірометри, а для вимірювання лінійних розмірів – рулетка та штангенциркуль.

2.1 Опис методів та приладів вимірювання

2.1.1 Пірометри [18]

Пірометри застосовуються для вимірювання температури тіл у діапазоні від мінус 30 до плюс 6000°C. Дія цих приладів заснована на залежності теплового випромінювання нагрітих тілі від їх температури і фізико-хімічних властивостей. На відміну від термометрів первинний перетворювач пірометра не підпадає під вплив високої температури і не змінює температурне поле, тому що перебуває поза вимірювальним середовищем.

При аудиті системи опалення, зокрема вимірюванні температури теплоносія та робочих поверхонь приміщення, був використаний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek.

Технічні характеристики лазерного пірометра приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра MiniTemp

Параметр	Значення
1	2
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Точковий цілевказівник
Збереження інформації на дисплеї	7 с

Продовження табл. 2.1

Параметр	Значення
Підсвічування екрану	Автоматичне
Оптичне розрішення D:S	1:6
Допустима відстань	До 100 см
Діапазон вимірювань	Від -18 °C до +275 °C
Точність, %	±2
Час спрацювання, мсек	500
Робоча температура, °C	0...50
Живлення	9 В (батарейка або акумулятор)
Розміри, мм	152x101x38
Вага, кг	0,227

Зображення лазерного пірометра MiniTemp подане на рис. 2.1



Рисунок 2.1 – Лазерний пірометр MiniTemp

Сфери застосування лазерного пірометра MiniTemp:

- обслуговування автомобілів: несправність мотора, діагностика системи охолодження;
- система опалювання, вентиляції і кондиціонування: температурний баланс приміщення, обстеження подаючих і поворотних реєстрів, робота систем опалювання, енергоаудит і ізоляція вікон;
- обслуговування електромереж і щитів: виявлення перегріву кабелів і з'єднань дротів;
- харчова промисловість: визначення температури зберігання, транспортування і продажу продуктів харчування, профілактика і діагностика холодильних камер, духових печей, кухонних плит і посудомийних машин.

Пірометр дуже простий в використанні завдяки лазерному прицілу та дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта.

2.1.2 Термоанімометр [19]

Термоанімометр – прилад для вимірювання температури та вологості повітря, температури точки роси.

Принцип дії універсального вимірювача засновано на залежності опору його термочутливого елемента від концентрації пари води у повітрі, а також на реєстрації температури, при якій повітря досягає стану насичення при постійному тиску. Основні характеристики вимірювача Testo 605-H1 наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Основні технічні характеристики вимірювача Testo 605-H1

Діапазон вимірювань	Від-20 до+70 °C
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °C
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)

Зображення термогігрометра Testo 605-H1 представлено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2– Термоанімометр Testo 605-N1

2.1.3 Вимірювальна рулетка [20]

Вимірювальна рулетка служить для визначення геометричних розмірів приміщень. Являє собою металеву стрічку з поділками, яка намотана на катушку, що знаходиться в корпусі. Корпус має механізм для змотування. Границя виміру приладу складає 5 м, похибка ± 1 мм. Вимірювальна рулетка зображена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Вимірювальна рулетка

Рулетки зі зворотною пружиною зазвичай оснащені стопором, який запобігає самовільному змотуванню стрічки. На вільному кінці стрічки такі ру-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		33

летки містять міцно закріплений зачіп, який не дозволяє кінця стрічки безповоротно піти в середину корпусу і служить для точного суміщення початку стрічки і ребра обміряє предмета.

2.2 Аналіз результатів інструментального обстеження

В результаті проведеного пірометричного обстеження було знайдено ряд проблемних місць у обстежуваній будівлі з найбільшими тепловими втратами. В першу чергу, це стосується зовнішніх стін, вентиляції, а також даху. Через зовнішні стіни, дах будівлі та вентиляцію відбувається значна частина тепловтрат, виявлених на основі отриманих вимірювань. Вимірювання температури вікон та підвіконь показали їх не зовсім задовільний стан: значні втрати тепла по периметру вікон, а також через саме скління. З урахуванням нещодавньої модернізації будівлі, можна сказати, що її якість була невисокою.

Результати вимірювань показали, що в місці стику зовнішніх і внутрішніх стін та перекриття відбуваються значні тепловтрати.

Вимірювання температури стелі досліджуваного об'єкту показали, що через стики стіни та перекриття відбуваються тепловтрати, це зумовлено утворенням, так званого, «містка холоду».

Інструментальне обстеження приладів опалення показало, що вони працюють ефективно та не потребують очищення.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі [26–30]

3.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувачих конструкцій

Зведений опір теплопередачі дійсних огорожувачих конструкцій, $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Wm$, повинний бути не менше за вимагаємих значень R_{qmin} , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруді внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на $3 \text{ }^{\circ}C$ та більше, обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (3.1)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wm$;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wm$.

Мінімально допустиме значення, R_{qmin} , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей громадських будинків встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 6 [26] залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $m^2 \cdot K/Wm$, непрозорої огорожуючої конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (3.2)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Вт/(m^2 \cdot K)$, які приймаються згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 9, [26];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 8, $Вт/(m \cdot K)$, [26];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (3.3), $m^2 \cdot K/Wm$;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається по ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», табл. 7, [26].

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті R_{nz} , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$ визначається за формулами:

$$\text{I зона - } R_{nz}^I = R_0^I + \sum R_n ;$$

$$\text{II зона - } R_{nz}^{II} = R_0^{II} + \sum R_n ;$$

$$\text{III зона - } R_{nz}^{III} = R_0^{III} + \sum R_n ; \quad (3.3)$$

$$\text{IV зона - } R_{nz}^{IV} = R_0^{IV} + \sum R_n ;$$

де R_0^I , R_0^{II} , R_0^{III} , R_0^{IV} – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Wm$, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ΣR_n – сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$.

Величина ΣR_n розраховується по рівнянню:

$$\Sigma R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.4)$$

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i -го прошарку, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го прошарку, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$.

3.1.2 Розрахунок основних тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень, Вт

$$\Sigma Q_{\text{сmp}} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_d + \Sigma Q_{\text{inf}}, \quad (3.5)$$

де ΣQ_0 – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

ΣQ_d – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

ΣQ_{inf} – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги), Вт:

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		37

$$Q_0 = \frac{F_{ozp}}{R_0} \cdot (t_g - t_3) \cdot n, \quad (3.6)$$

де F_{ozp} – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, m^2 ;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків R_{qmin}), $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$;

t_g, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ C$; [19]

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», таблиця 12, [26].

Відповідно до (3.6), основні тепловтрати крізь підлоги Q_{ndl} розраховуються по формулі, Bm

$$Q_{ndl} = \left(\frac{F_I}{R_{n2}^I} + \frac{F_{II}}{R_{n2}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{n2}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{n2}^{IV}} \right) \cdot (t_g - t_{zp}), \quad (3.7)$$

де $R_{n2}^I, R_{n2}^{II}, R_{n2}^{III}, R_{n2}^{IV}$ - термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(m^2 \cdot ^\circ C) / Bm$;

$F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ – площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, m^2 ;

t_g, t_{zp} – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту $t_{zp} = +6^\circ C$).

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою, Bm

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{cm} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \quad (3.8)$$

де ΣQ_{cm} – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, *Вт*;

$\Sigma Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, *Вт*;

$\Sigma Q_{з.д}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, *Вт*;

$\Sigma Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, *Вт*.

3.1.3 Розрахунок додаткових тепловтрат

Додаткові втрати тепла через огорожуючі конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків, *Вт*

$$Q_{op}^d = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \quad (3.9)$$

де Q_{cm} – тепловтрати через кожен зовнішню стіну приміщень, *Вт*;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати $\beta_{op}=0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаткові тепловтрати на відкриття зовнішніх дверей, *Вт*

$$Q_{з.д}^{\circ} = Q_{з.д} \cdot \beta_{відкр}, \quad (3.10)$$

де $Q_{з.д}$ - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), *Вт*;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкриття дверей, що має значення:

- для одинарних дверей для громадських будинків $\beta_{откр}=3$.

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами, *Вт*

$$Q_{ндл}^{\circ} = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \quad (3.11)$$

де $Q_{ндл}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, *Вт*.

Сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, *Вт*

$$\sum Q_{ндл}^{\circ} = \sum_i^n Q_{i.ндл}^{\circ}, \quad (3.12)$$

де $Q_{i.ндл}^{\circ}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги по кожному приміщенню, *Вт*;

n – кількість приміщень де є неутеплені підлоги, для яких розраховано значення $Q_{i.ндл}^{\circ}$.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції, *Вт*

$$\sum Q_{\delta} = \sum Q_{op}^{\circ} + \sum Q_{з.д}^{\circ} + \sum Q_{ндл}^{\circ}, \quad (3.13)$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де ΣQ_{op}^0 – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, *Вт*;

$\Sigma Q_{3,\partial}^0$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, *Вт*;

$\Sigma Q_{ndл}^0$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, *Вт*.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи, *Вт*

$$Q_{3,\partial}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,\partial} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (3.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_6, t_3 – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

$G_{3,\partial}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, *кг/год*

$$G_{3,\partial} = b_{н,\partial} \cdot L_{н,\partial} \cdot v_{ср.н.\partial} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (3.15)$$

де $b_{н,\partial}$ – ширина встановленої дверної нещільності (приймається $0,005 \text{ м}$);

$L_{н,\partial}$ – загальна довжина нещільності дверного прорізу, *м*;

$v_{ср.н.\partial}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається $0,5 \text{ м/с}$);

m_n – маса 1 м^3 повітря, яка дорівнює $1,3 \text{ кг}$.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, *Вт*

$$\Sigma Q_{inf} = \Sigma Q_{вкн}^{inf} + \Sigma Q_{3,\partial}^{inf}, \quad (3.16)$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат ΣQ_{emp} по формулі (3.5).

Додаткові втрати теплоти на вентиляцію повітря у об'єкті

Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою, *Вт*

$$Q_g = 0,28 \cdot V_n \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \quad (3.17)$$

де c , t_g , t_3 те саме, що у формулі (3.14);

V_n – об'єм приміщення;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho = 1,3 \text{ кг} / \text{м}^3$;

n_k – кратність повітрообміну, $\text{м}^3 / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$;

k_v – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_v = 0,85 - 1,0$).

3.1.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей, *Вт*

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \quad (3.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, *Вт*;

n_l – кількість людей.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, $Вт$

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.19)$$

де $N_{ел}$ – номінальна потужність електроустаткування, $Вт$;

k_{II} – коефіцієнт завантаження ($k_{II}=0,9$);

η – ККД електроустаткування (приймаємо 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ($k_T=0,9$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію ($k_c=0,15$).

Теплонадходження від джерел освітлення, $Вт$

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_3, \quad (3.20)$$

де $N_{л}$ – потужність одного джерела освітлення, $Вт$;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (люмінісцентні лампи – $k_{осв}=0,4$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_{л}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

Сумарні теплонадходження, $Вт$

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв}, \quad (3.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі, $Вт$

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.22)$$

де $\Sigma Q_{втр}$ – сумарні тепловтрати по всій будівлі, $Вт$;

$\Sigma Q_{тн}$ – сумарні теплонадходження по всій будівлі, $Вт$

$$\Delta Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_g^{cp} - t_{cp.on}}{t_g^{cp} - t_3} \cdot n_{оп} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6}, \quad (3.23)$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де t_e^{cp} – середня температура у опалювальному приміщенні;

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період за даними гідрометцентру згідно [27];

t_3 – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря згідно ДБН В.2.6-31:2006. «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [26, табл.10, додаток Б];

$n_{оп}$ – кількість днів опалювального періоду.

3.2 Тепловий розрахунок будівлі

3.2.1 Розрахунок термічного опору конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни

Будівля має не прозору конструкцію, що складається з шару силікатної цегли товщиною 510 мм та шарів штукатурки на цементно-піщаній основі товщиною 20 і 10 мм відповідно.

Термічний опір зовнішньої стіни складає

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,83 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 0,83 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Як видно з результатів розрахунку, зовнішні стіни потребують утеплення.

Розрахунок термічного опору даху

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Дах будівлі має в основі залізобетонну плиту товщиною 300 мм та утеплення з керамзитового гравію товщиною 150 мм. Захистом будівлі від руйнівного впливу доквілля є шар руберойду товщиною 6 мм.

Термічний опір даху розраховуємо за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{1}{23} = 1,6 \frac{m^2 \cdot K}{Bm};$$

$$R_{\Sigma np} = 1,6 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Як видно з результатів розрахунку, дах потребує утеплення.

Розрахунок термічного опору вхідних дверей

Двері виконані з металопластику з термопанелями зі склопакетом 4-16-4 товщиною 60 мм.

Термічний опір дверей розраховуємо формулою (3.2):

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{0,41} + \frac{1}{23} = 0,71 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, можемо записати

$$R_{\Sigma np} = 0,71 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} > R_{q \min} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Термічний опір дверей задовольняє нормативу. Їх також рекомендується залишити.

Термічний опір вікон

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термічний опір віконних прорізів для нашого випадку

$R_{\Sigma np} = 0,32 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$, що відповідає металопластиковій рамі зі склопакетом 4-16-4.

Відповідно до таблиць ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [26] $R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$ тоді

$$R_{\Sigma np} = 0,32 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, термічний опір вікон з металопластиковою рамою не відповідає нормованому значенню термічного опору для даного виду огорожуючої конструкції. Значить, вікна також рекомендується замінити на енергоощадні металопластикові.

Термічний опір віконних прорізів зі склоблоку складає

$$R_{\Sigma np} = 0,38 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Відповідно до таблиць ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [26] $R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$ тоді

$$R_{\Sigma np} = 0,38 \frac{m^2 \cdot K}{Bm} < R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Отже, термічний опір вікон зі склоблоку також не відповідає нормованому значенню термічного опору для даного виду огорожуючої конструкції. Значить, такі вікна рекомендується замінити на енергоощадні металопластикові або замірувати.

Розрахунок термічного опору підлоги

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		46

Підлога будівлі виконана із залізобетонних плит товщиною 300 мм, утеплена шаром керамзитового гравію товщиною 150 мм, стяжкою з цементно-піщаного розчину товщиною 210 мм та вкрита шаром дерев'яної підлоги з сосни товщиною 40 мм.

Термічний опір підлоги розраховуємо формулою (3.4):

$$\sum R_{n2} = \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,04}{0,35} = 1,63 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Підлога розміщена на ґрунті. Тому тепловтрати будуть залежати від зони розміщення. Термічний опір кожної зони розраховуємо за формулою (3.3):

$$I \text{ зона} - R_{n2}^I = 2,2 + 1,63 = 3,83 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$II \text{ зона} - R_{n2}^{II} = 4,3 + 1,63 = 5,93 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$III \text{ зона} - R_{n2}^{III} = 8,6 + 1,63 = 10,23 \frac{m^2 \cdot K}{Вт};$$

$$IV \text{ зона} - R_{n2}^{IV} = 14,2 + 1,63 = 15,83 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій досліджуваного об'єкту представлені у таблиці 3.1.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Матеріал	Товщина, δ , мм	Теплопровідність	$R_{\Sigma np}$, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}$	R_{qmin} , $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}$
Зовнішні стіни	Цементно-піщаний розчин	20	0,81	0,83	3,3
	Цегла	510	0,81		
	Штукатурка (розчин цементно-піщаний)	10	0,81		
Дах	Руберойд	6	0,17	1,6	4,95
	Гравій керамзитовий	150	0,12		
	Залізобетон	300	2,04		
Двері	Металопластикові з термопанелями зі склопакетом 4-16-4	60	0,41	0,71	0,5
Вікна	Металопластикові зі склопакетом 4-16-4 (95,9%)	–	–	0,32	0,75
	Склоблок (4,1 %)	–	–	0,38	
Підлога	Залізобетон	300	2,04	1,63	–
	Гравій керамзитовий	150	0,12		
	Цементно-піщана стяжка	20	0,81		
	Дерев'яна дошка	40	0,35		

З табл. 3.1 можемо зробити висновок, що фактичний опір зовнішніх огорожувальних конструкцій та даху не є задовільним, тому що фактичний термічний опір є меншим, ніж мінімально допустиме значення згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» [26].

Отже, рекомендується утеплити дах, зовнішні стіни і замінити дерев'яні вікна на металопластикові склопакети з метою зменшення тепловтрат будівлі.

3.2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

Тепловтрати через зовнішні стіни

Тепловтрати через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.6):

– тепловтрати через зовнішні стіни

$$Q_{ст} = \frac{385,9}{0,83} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 20922 \text{ Вт};$$

– тепловтрати через дах

$$Q_{дах} = \frac{363,6}{1,6} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 10227 \text{ Вт}.$$

– тепловтрати через підлогу

Визначимо площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони:

$$F_I = 136,56 \text{ м}^2, F_{II} = 104,55 \text{ м}^2, F_{III} = 72,55 \text{ м}^2, F_{IV} = 50,0 \text{ м}^2.$$

Тепловтрати через підлогу знаходимо за формулою (3.7):

$$Q_{подл} = \left(\frac{136,56}{3,83} + \frac{104,55}{5,93} + \frac{72,55}{10,23} + \frac{50}{15,83} \right) \cdot (20 - 6) = 2342 \text{ Вт}.$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– тепловтрати через вхідні двері

$$Q_{дв} = \frac{6,84}{0,71} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 434 \text{ Вт};$$

Тепловтрати через вікна

$$Q_{вкн1} = \frac{161,5}{0,32} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 22711 \text{ Вт};$$

$$Q_{вкн2} = \frac{6,6}{0,38} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 782 \text{ Вт};$$

$$Q_{вкн} = Q_{вкн1} + Q_{вкн2} = 22711 + 782 = 23493 \text{ Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції знаходимо за формулою (3.8):

$$\sum Q_0 = 20922 + 10227 + 2342 + 434 + 23493 = 57418 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни зумовлені орієнтацією будівель розраховуємо по формулі (3.9):

$$Q_{оп}^0 = 20922 \cdot 0,13 = 2720 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{подл}^0 = 0,05 \cdot 2342 = 117 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання дверей

$$Q_{з,д}^0 = 3 \cdot 434 = 1302 \text{ Вт}.$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum Q_{\partial} = 2720 + 117 + 1302 = 4139 \text{ Вт.}$$

Втрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи відсутні тому що усі вікна у об'єкті є металопластиковими.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{3,\partial}^{inf} = 0,28 \cdot 134,78 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25)) = 1707 \text{ Вт.}$$

Тут $G_{3,\partial} = 0,005 \cdot 3 \cdot 2 \cdot (2 + 1,2) \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 134,78 \text{ кг / год}$ – витрата інфільтрації через двері.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через віконні прорізи відсутні, тому що вони мають якісне ущільнення (металопластикові рами)

$$Q_{3,\partial}^{inf} = 0 \text{ Вт.}$$

Тут $G_{3,\partial}$ – витрата інфільтрації через вікна.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря через огорожуючі конструкції будівлі

$$\sum Q_{inf} = \sum Q_{вкн}^{inf} + \sum Q_{3,\partial}^{inf} = 0 + 1707 = 1707 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати будівлі за рахунок вентиляції.

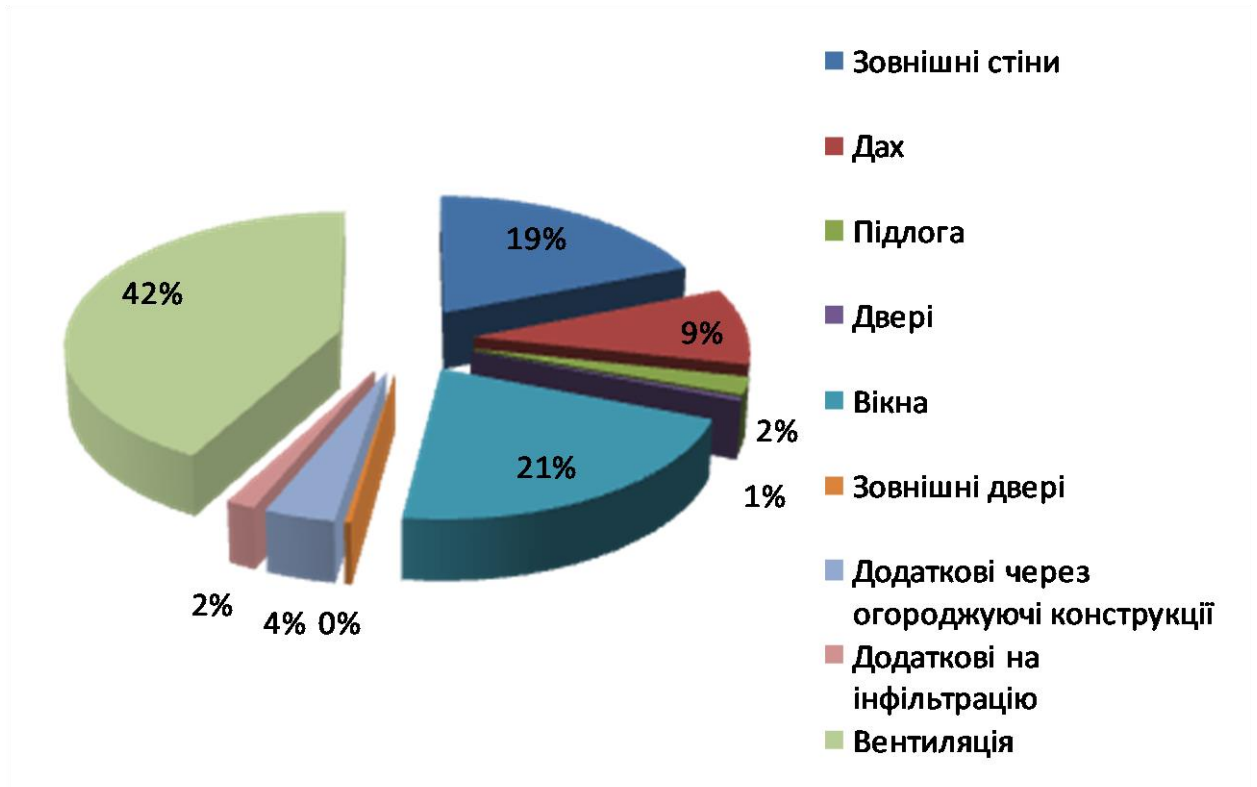
Додаткові тепловтрати на вентиляцію повітря у об'єкті крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуємо за формулою (3.17)

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_g = 0,28 \cdot 2363,4 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (20 + 25) \cdot 1,4 \cdot 0,85 = 46298 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{втр} = 56490 + 4139 + 1707 + 46298 = 109967 \text{ Вт.}$$



Рисунку 3.1 – Діаграма втрат теплоти у об'єкті

З діаграми (рис. 3.1) видно, що основні втрати тепла приходяться на вентиляцію (42,1 %), зовнішні стіни (19,0 %), дах (9,3 %) та вікна (21,4 %). Тому основні енергозберігаючі заходи будемо реалізовувати з метою зменшення саме цих втрат.

3.2.3 Розрахунок теплонадходжень будівлі

Теплонадходження від людей розраховуємо за формулою (3.19):

$$Q_n = (182 + 25) \cdot 0,5 \cdot 104 + 41 \cdot 104 = 15028 \text{ Вт},$$

де n , *чол* – середня кількість людей, що постійно знаходяться у будівлі; включає кількість дітей, що навчаються та кількість працівників закладу.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування розраховуємо за формулою (3.20)

$$Q_{el} = 78920 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 10879 \text{ Вт},$$

де $N_{el} = 83960 \text{ Вт}$ – загальна потужність електроустаткування, що працює у об'єкті.

Теплонадходження від джерел освітлення розраховуємо за формулою (3.21)

$$Q_{осв} = 5040 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 806 \text{ Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 15028 + 10879 + 806 = 26713 \text{ Вт}.$$

Теплову потужність всієї будівлі визначаємо за формулою (3.22)

$$\Delta Q = 109967 - 26713 = 83254 \text{ Вт}.$$

Розрахункове значення кількості тепла, що використовується будівлею за опалюваний період становить (3.23):

$$\Delta Q_{оп} = 83254 \cdot 187 \cdot \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-25)} \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-6} = 152,78 \text{ Гкал}.$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- 1) утеплення зовнішніх стін;
- 2) утеплення даху;
- 3) встановлення рекуператора теплоти;
- 4) заміна люмінісцентних ламп на світлодіодні.

4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів [28]

У зв'язку з тим, що об'єктом дослідження є будівля бюджетної установи, то при розробці заходів з енергозбереження необхідно брати до уваги доволі складну процедуру отримання коштів на впровадження заходів, тому необхідно обирати ті способи економії енергоресурсів та води, які є менш затратними і мають невеликий строк окупності, але є ефективними.

4.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін)

Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує, що близько 14 % витрат тепла припадає на витрати через зовнішні стіни. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей енергозбереження

Для забезпечення необхідного (нормованого) значення теплопередачі $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ пропонується наведений нижче теплоізоляційний матеріал.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплоізоляція на основі мінеральної вати «Технофас» [31] призначена для отримання теплоізоляційного покриття на поверхнях будь-якої форми, що вимагають теплового захисту. Матеріал складається з безпосередньо утеплювача (мінеральна вата «Технофас»), який фіксується на стіні за допомогою дюбелів. Зовні утеплювач армується з метою зменшення пошкоджень від зовнішніх чинників, наприклад, граду, вкривається шаром штукатурки та фарбується. Ціну і витрату матеріалу на утеплення зовнішніх стін з розрахунку на 1 м² наведено у табл. 4.1.

Вихідні дані для розрахунку:

- мінімально-допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін

для I температурної зони $R_{q\min}^{стн} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ [26];

- розраховане значення опору теплопередачі зовнішніх стін (з табл. 3.1)

$$R_{\Sigma np} = 0,83 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} ;$$

- коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати $\lambda = 0,040 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Розрахунок енергозберігаючого заходу

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару δ_{ym} для утеплення огорожуючої конструкції, за формулою:

$$\delta_{ym} = [R_{q\min} - R_{\Sigma np}] \cdot \lambda_{ym} . \quad (4.1)$$

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару для стін

$$\delta_{ym} = [3,3 - 0,83] \cdot 0,040 = 0,099 \approx 0,1 \text{ м.}$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Підрахуємо ефект від утеплення зовнішніх стін. Підставимо нове значення опору теплопередачі для стін у формули для розрахунків теплової потужності будівлі.

$$Q_{стн}^{із} = \frac{385,9}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 5262 \text{ Вт.}$$

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішніх стін:

$$\Delta Q_{стн} = Q_{стн}^1 - Q_{стн}^2, \quad (4.2)$$

де $Q_{стн}^1$ і $Q_{стн}^2$ – тепловтрати крізь зовнішні стіни, відповідно до її утеплення і після її утеплення, Вт.

$$\Delta Q_{стн} = 20922 - 5262 = 15660 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q^{рік} = \Delta Q_{стн} \cdot \frac{(t_g - t_{cp.on})}{(t_g - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4.3)$$

де t_g – внутрішня температура повітря;

$t_{cp.on}$ – середньорічна температура опалювального сезону – - 1,4 [27] ;

t_3 – найменша розрахункова температура навколишнього повітря – -25 [27];

$n_{оп}$ – кількість днів опалювального сезону – 187 [27].

За формулою (4.3) знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{стн}^{ек. рік} = 15660 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 33423 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,00086 \text{ Гкал.}$$

$$\Delta Q_{стн}^{ек. рік} = 33423 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 28,74 \text{ Гкал.}$$

Таблиця 4.1 – Ціна і витрата матеріалу на утеплення зовнішніх стін з розрахунку на 1 м² [32]

№	Матеріали	Одиниці вим.	Кількість	Ціна за 1 м ²
1	Грунтовка Ceresit СТ-17	кг	0,2	2,9
2	Утеплювач мінеральна вата Технофас (100 мм)	м ²	1	157,7
3	Клей для мінеральної вати Ceresit СТ-190	кг	6	33,7
4	Дюбель для теплоізоляції 10/160 мм	шт	8	7,35
5	Штукатурна сітка Masternet 160 г/м	м ²	1,1	11,55
6	Клей для армування Ceresit СТ-190	кг	4	22,5
7	Грунтуюча фарба Ceresit СТ-16	кг	0,3	6,4
8	Штукатурка фасадна Ceresit СТ-35, 2.5 мм	кг	3	21,7
9	Фарба фасадна Ceresit СТ-42	кг	0,35	11,2
РАЗОМ				275,0

Вартість монтажу: 250 грн/м² [32].

Вартість доставки: 5500 грн [32].

Термін впровадження заходу 20-25 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проект – 6-8 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проекту – 20 років.

На основі проведених розрахунків у розділі 3 робимо фінансовий аналіз утеплення зовнішніх стін будівлі.

Визначаємо річну економію коштів після впровадження заходу через визначення вартості зекономленого природного газу з нижньою теплоотою згоряння 8000 ккал/м^3 та його вартістю $34,51 \text{ грн/м}^3$; ККД котла складає $0,88$

$$\Delta E = Q^{pic} \cdot c = \frac{28,74 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,88} \cdot 34,51 = 140883 \text{ грн.}$$

Вартість утеплення стін:

$$C_{ут}^{stin} = 385,9 \cdot (250 + 275) + 5500 = 208097 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу

$$T = \frac{C_{ут}^{stin}}{\Delta E} = \frac{208097}{140883} = 1,5 \text{ року.}$$

4.2.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах)

Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує, що близько 7% витрат тепла припадає на витрати через дах. Тому додаткове утеплення даху спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей енергозбереження

Для забезпечення необхідного (нормованого) значення теплопередачі $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ пропонується наведений нижче теплоізоляційний матеріал.

Теплоізоляція на основі пінополіуретану [33] призначена для отримання теплоізоляційного покриття на поверхнях будь-якої форми, що вимагають

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

теплового захисту. При утепленні використовується метод напилення з подальшим оздобленням декоративним розчином по технології CEREZIT або без нього. Теплопровідність пінополіуретану $0,028 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. [26]

Напилення пінополіуретану (spray foam) – це сучасна технологія утеплення та теплоізоляції, яка не має недоліків. Безшовне утеплення матеріалом (пінополіуретан), який не боїться вологи, це вирішення всіх проблем на будь-яких об'єктах. Крім цього пінополіуретан має цілу низку переваг і переваг перед усім відомими мінеральною ватою, пінопластом та іншими утеплювачами.

Переваги напилення утеплювача пінополіуретан:

- безшовність, ППУ не має стиків та швів;
- висока швидкість утеплення (до 300 м^2 за зміну);
- після утеплення напиленням ППУ збільшується жорсткість усієї конструкції.
- при напиленні пінополіуретану виключається утворення конденсату, тому що немає зазору між утеплювачем і поверхнею, що утеплюється;
- завдяки відсутності кріплення, немає містків холоду;
- ППУ паронепроникний (є пароізоляцією);
- ППУ не схильний до гниття і розкладання;
- ППУ екологічно нейтральний;
- ППУ не підтримує горіння;
- ППУ має відмінну адгезію майже до всіх будівельних матеріалів;
- ППУ є відмінним шумоізолятором
- ППУ має тривалий термін експлуатації, понад 50 років. [33]

Вихідні дані для розрахунку

Мінімально-допустиме значення опору теплопередачі даху для I температурної зони: $R_{q \min}^{\text{даху}} = 4,95 \frac{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ [26].

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		59

Розраховане значення опору теплопередачі даху (див. розділ 3):

$$R_{\Sigma np} = 1,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопровідності пінополіуритану: $\lambda = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Розрахунок енергозберігаючого заходу

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляційного шару δ_{yt} для утеплення огорожуючої конструкції, за формулою:

$$\delta_{yt} = [R_{q \min} - R_{\Sigma np}] \cdot \lambda_{yt}, \quad (4.4)$$

Розрахуємо необхідну товщину шару теплоізоляційного матеріалу для утеплення даху за формулою (4.4):

$$\delta_{yt} = [4,95 - 1,6] \cdot 0,035 \approx 0,1 \text{ м}.$$

Підрахуємо ефект від утеплення даху. Підставимо нове значення опору теплопередачі для стелі у формули для розрахунків теплової потужності будівлі.

$$Q_{\text{дах}}^{iz} = \frac{363,6}{4,95} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 3305 \text{ Вт}.$$

Економія витрат теплоти після утеплення даху:

$$\Delta Q_{\text{дах}} = Q_{\text{дах}}^1 - Q_{\text{дах}}^2, \quad (4.5)$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $Q^1_{дах}$ і $Q^2_{дах}$ – тепловтрати крізь дах, відповідно до утеплення і після утеплення даху, Вт.

$$\Delta Q_{дах} = 10227 - 3305 = 6922 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q^{рік} = \Delta Q_{стн} \cdot \frac{(t_e - t_{ср.он})}{(t_e - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

де t_e – внутрішня температура повітря;

$t_{ср.он}$ – середньорічна температура опалювального сезону – $-1,4$ °С [27];

t_3 – найменша розрахункова температура навколишнього повітря, -25 °С [27];

$n_{оп}$ – кількість днів опалювального сезону, 187 діб [27].

За формулою (4.6) знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_{дах}^{ек.рік} = 6922 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 14772 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,00086 \text{ Гкал.}$$

$$\Delta Q_{ст}^{ек.рік} = 14772 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 12,7 \text{ Гкал.}$$

За даними фірми ТОВ "ЕКОТЕРМ ППУ" що здійснює цей вид послуг, вартість робіт з утеплення даху пінополіуретаном (враховуючи матеріали) при товщині наплення – $0,1$ м становить – 550 грн/м² [33].

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термін впровадження заходу – 4-7 днів.

Кількість фахівців, що втілюватимуть проект – 3-5 чоловік.

Тривалість життєвого циклу проекту – 20 років.

Визначаємо річну економію коштів після впровадження заходу:

$$\Delta E = Q^{pik} \cdot c = \frac{12,7 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,88} \cdot 34,51 = 62255 \text{ грн.}$$

Вартість утеплення стін:

$$C_{ут}^{дах} = 363,6 \cdot 550 = 199980 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу

$$T = \frac{C_{ут}^{дах}}{\Delta E} = \frac{199980}{62255} = 3,2 \text{ року.}$$

4.2.3 Встановлення рекуператора теплоти

Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує, що більше половини витрат тепла припадає на втрати через вентиляцію. Тому додаткове застосування рекуперації тепла при роботі вентиляційних установок здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей енергозбереження

Застосування рекуперації тепла у системах вентиляції дозволяє практично без додаткових зовнішніх джерел енергії (за виключенням вентиляторів) підвищити тепловий потенціал припливного повітря та відповідно зменшити

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

необхідну кількість енергії для його подальшого нагрівання. Рекуперація здійснюється за рахунок відбирання тепла від потоку повітря, який викидається до навколишнього середовища.

Розрахунок проводимо на прикладі кабінету метематики.

Масова витрата вентилязованого повітря, кг/с:

$$\dot{m}_B = V_B \cdot \rho_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, яке вентиляється за нормальних умов, кг/м³ ($\rho_{\text{п}} = 1,3$ кг/м³);

V_B – об'ємна витрата повітря, що вентиляється, м³/с, яка визначається, для природньої вентиляції:

$$V_B = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot n_k \cdot k_V \cdot 10^3, \quad (4.8)$$

де $V_{\text{п}}$ – внутрішній об'єм приміщення, м³ ($V_{\text{п}} = 113,7$ м³);

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ ($n_k = 1,4$ год⁻¹);

k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування у ньому різного обладнання ($k_V = 0,85$).

За формулою (4.8) розрахуємо об'ємну витрату повітря, що вентиляється:

$$V_B = 0,28 \cdot 113,7 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3} = 0,038 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 136,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

За формулою (4.7) розрахуємо масову витрату вентилязованого повітря:

$$\dot{m}_B = 0,038 \cdot 1,3 = 0,049 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Враховуючі розрахункові умови, що масові витрати і теплоємності витяжного та припливного повітря однакові, та результати рівнянь теплового балансу, величина економії теплової енергії на опалення приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі, кВт, визначається як:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = \dot{m}_в \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - (t_{\text{з.п}} + \Delta t_{\text{п}})), \quad (4.9)$$

де $t_{\text{в}}$ – температура витяжного повітря, $^{\circ}\text{C}$, ($t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{з.п}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{\text{з.п}}=-25^{\circ}\text{C}$) [27];

$\Delta t_{\text{п}}$ – величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, $^{\circ}\text{C}$. Для практичних розрахунків береться з діапазону $\Delta t_{\text{п}}=10-15^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t_{\text{п}}=10^{\circ}\text{C}$);

$c_{\text{п}}$ – питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.

За формулою (4.9) визначаємо економію теплової енергії на опалення приміщення після запровадження заходу:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,049 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25 + 10)) = 1,724 \text{ кВт.}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК,рік}} = \Delta Q_{\text{рт}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{сп.оп}})}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.п}})} \cdot n_{\text{р.п}} \cdot n_{\text{р.п}}, \quad (4.10)$$

де $\Delta Q_{\text{рт}}$ – величина економії теплової енергії від рекуперації теплоти, кВт;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$t_{в}^{р}$ – внутрішня температура приміщення будівлі, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{в}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$) [26];

$t_{ср.оп}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{ср.оп} = -1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) [8];

$t_{з.р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($t_{з.р} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$) [27];

$n_{р.р}$ – тривалість періоду роботи системи рекуперації теплоти за добу, годин ($n_{р.р} = 8\text{ год}$);

$n_{р.п}$ – тривалість робочого періоду у приміщенні за опалювальний рік, діб ($n_{р.п} = 187\text{ діб}$) [27].

За формулою (4.10) визначаємо річну економію на тепловтрати після встановлення системи рекуперації:

$$Q_{рт}^{ЕК,рік} = 1,724 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 8 \cdot 187 = 1226 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік};$$

$$1226 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} = 1,055 \text{ Гкал}.$$

У закладі 20 типових приміщень, якщо в кожному встановити децентралізовану систему вентиляції з рекуперацією, економія теплової енергії за рік складе: 21,1 Гкал/рік, або у грошовому еквіваленті

$$\Delta E = Q^{рік} \cdot c = \frac{21,1 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,88} \cdot 34,51 = 103386 \text{ грн}/\text{рік}.$$

На основі проведених розрахунків обрано децентралізовану систему вентиляції з рекуперацією тепла типу ПРАНА-200G [34].

Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА-200G» подані у табл. 4.2.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Характеристики децентралізованої системи вентиляції типу «ПРАНА-200G» [34]

Назва моделі	ККД, %	Діаметр робочого модуля, мм	Рекомендована площа приміщення, м ²	Об'єми повітрообміну при рекуперації, м ³ /год			
				природний	приток	виток	ніч
Рекуператор «ПРАНА - 200 G»	74	200	до 60	9-15	135	125	25

Витрати на введення в експлуатацію.

Вартість придбання рекуператора ПРАНА-200G становить 10428 грн./шт. [34].

Монтаж та установка – 20 % від ціни рекуператора.

Розрахуємо додаткові витрати електричної енергії на роботу рекуператора протягом року.

$$C_{\delta} = P_{рек} \cdot T_p \cdot C_{квт-год}, \quad (4.11)$$

де $P_{рек}$ – споживання електричної енергії 0,032 кВт;

T_p – час роботи за рік, становить 1966 години;

$C_{квт-год}$ – тариф 1 кВт·год електричної енергії

$$C_{\delta} = (0,032 \cdot 1966 \cdot 3,53) \cdot 20 = 4442 \text{ грн.}$$

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу:

$$C_{осн} = 10428 \cdot 20 = 208560 \text{ грн.}$$

$$C_{уст} = (10428 \cdot 0,2) \cdot 20 = 41712 \text{ грн.}$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Отже,

$$C = 208560 + 4442 + 41712 = 254714 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{254714}{103386} = 2,5 \text{ року.}$$

4.2.4 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Поточний стан

У будівлі встановлено 70 світильників по 2 люмінесцентні лампи загальною потужністю 36 Вт у кожному. Отже, загальна кількість люмінесцентних ламп, встановлених у будівлі становить 140 шт.

Люмінесцентні лампи є одними з низькоекономних, мають обмежений термін служби, є токсичними та потребують спеціальних засобів з утилізації.

Опис можливостей енергозбереження

Необхідно провести заміну люмінесцентних ламп потужністю 18 Вт на енергозберігаючі світлодіодні лампи T8 с цоколем G13, робочою напругою 220В, споживаною потужністю 9 Вт, яка складається з 87 світлодіодів SMD 3014 та має розсіяне світло [35].

Енергозберігаючі лампи мають ряд переваг: менше споживання потужності до 80% при тій же кількості світла; в 4 рази більший строк служби порівняно з люмінесцентними лампами (приблизно 10000 годин); низькі затрати на обслуговування; світло ідентичне світлу люмінесцентної лампи, компакт-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ний розмір та з багатьма формами; «тепле» світло; миттєве включення без мерехтіння; не сліплять очі.

Розрахунок економічного ефекту та простого терміну окупності E33

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими лампами та лампами розжарювання знаходимо за формулою:

$$W = n \cdot P \cdot t, \quad (4.12)$$

де n – кількість ламп, шт.;

P – потужність однієї лампи, кВт;

t – тривалість роботи лампи за рік ($t = 1600 \text{ год}$), год.

Річне споживання електроенергії люмінісцентними лампами потужністю 18 Вт (4.12):

$$W_p = 140 \cdot 0,018 \cdot 1600 = 4032 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Річне споживання електроенергії енергозберігаючими LED лампами:

$$W_{\text{лн}} = 140 \cdot 0,009 \cdot 1600 = 2016 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = (W_p - W_{\text{лн}}) \cdot b, \quad (4.13)$$

де b – ціна за 1 кВт·год електроенергії, грн./кВт·год

$$\Delta E = (4032 - 2016) \cdot 3,53 = 7117 \text{ грн} / \text{рік}.$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Витрати на впровадження заходу:

$$K_{\text{Л}} = n \cdot Ц, \quad (4.14)$$

де $Ц$ – вартість лампи

$$K_{\text{Л}} = 140 \cdot 80 = 11200 \text{ грн.}$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T = \frac{K_{\text{Л}}}{\Delta E}; \quad (4.15)$$

$$T = \frac{11200}{7117} = 1,6 \text{ року.}$$

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		69

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація пожежної охорони промислових підприємств. Протипожежні вимоги щодо забезпечення вимушеної евакуації людей з будівель

Пожежна охорона – сукупність створених у встановленому порядку органів управління, підрозділів та організацій, призначених для організації профілактики пожеж, їх гасіння та здійснення покладених на них аварійно-рятувальних робіт.

На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована.

Воєнізована охорона створюється на об'єктах з підвищеною небезпекою.

Крім того, на підприємствах для посилення пожежної охорони організуються добровільні пожежні дружини і команди, добровільні пожежні товариства і пожежно-технічні комісії з числа робітників та службовців.

При Міністерстві внутрішніх справ існує управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд, який здійснює:

- контроль за станом пожежної безпеки.
- розробляє і погоджує протипожежні норми і правила та контролює їх виконання в проєктах і безпосередньо на об'єктах народного господарства.
- проводить розслідування і облік пожеж.
- організовує протипожежну профілактику. [36]

Важливе місце у гарантуванні пожежної безпеки суб'єкта господарювання відіграє організація пожежної охорони. Це пов'язано з тим, що пожежна охорона сприяє забезпеченню високого рівня пожежної безпеки на об'єктах, що належать суб'єкту господарювання. Пожежна охорона поділяється на державну, відомчу, місцеву та добровільну.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		70

Добровільна пожежна охорона утворюється відповідно статті 63 Кодексу цивільного захисту, постанови Кабінету Міністрів України від 17.07.2013 року № 564 «Про затвердження Порядку функціонування добровільної пожежної охорони» та Правил пожежної безпеки в Україні з метою проведення заходів із запобігання виникнення пожеж та організації їх гасіння.

Пожежно-рятувальні підрозділи для забезпечення добровільної пожежної охорони суб'єктів господарювання, закладів та установ системи освіти утворюються з числа їх працівників за рішенням керівника суб'єкта господарювання, а населених пунктів – з числа громадян, які постійно проживають у зазначеному населеному пункті за рішення органу місцевого самоврядування. Членом добровільної пожежної охорони на добровільних засадах може бути особа, яка досягла 21-річного віку і здатна за своїми здібностями та станом здоров'я виконувати покладені на неї обов'язки.

Згідно наказу ДСНС України «Про затвердження Примірних навчального плану та навчальної програми спеціальної підготовки працівників місцевої пожежної охорони та членів добровільної пожежної охорони» від 11.07.2016 року № 331 усі члени ДПО, на яких покладаються функції із запобігання виникненню та гасіння пожеж, проходять спеціальну підготовку в навчальних пунктах аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення (загонів технічної служби) ГУ (У) ДСНС України в областях, навчальному центрі ГУ ДСНС України у м. Києві, Вищому професійному училищі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (м. Вінниця) та Навчальному центрі Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України.

Порядок забезпечення добровільної пожежної охорони, права та обов'язки осіб, які є членами добровільної пожежної охорони, визначаються положенням про добровільну пожежну охорону, яке затверджується керівником суб'єкта господарювання чи органом місцевого самоврядування, що її утворив, за погодженням з територіальним органом ДСНС, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

З метою забезпечення добровільної пожежної охорони місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування і суб'єкти господарювання можуть надавати пожежно-рятувальним підрозділам у користування будинки, споруди, спеціальні службові приміщення, засоби зв'язку, пожежну техніку та інше необхідне майно, яке перебуває у комунальній власності, власності громадян – жителів цих населених пунктів (за їх згодою) та суб'єктів господарювання.

Фінансування і матеріально-технічне забезпечення добровільної пожежної охорони може здійснюватися також за рахунок членських внесків, дотацій, прибутку від власної господарської діяльності, прибутку від майна добровільної пожежної охорони, дивідендів, надходжень від страхових компаній, пожертвувань громадян і юридичних осіб, інших джерел, не заборонених законодавством.

Основними завданнями пожежно-рятувальних підрозділів добровільної пожежної охорони є забезпечення пожежної безпеки, запобігання виникненню пожеж та нещасних випадків на них, гасіння пожеж, рятування людей, а також надання допомоги у ліквідації наслідків інших надзвичайних ситуацій.

Пожежно-рятувальні підрозділи добровільної пожежної охорони відповідно до покладених на них завдань:

- 1) проводять заходи із запобігання виникненню пожеж;
- 2) здійснюють гасіння пожеж, проводять евакуацію людей та матеріальних цінностей, заходи для мінімізації або ліквідації наслідків пожеж, зокрема разом з підрозділами державної, відомчої та місцевої пожежної охорони;
- 3) проводять заходи для постійного підтримання своєї готовності;
- 4) інформують територіальний орган ДСНС про факти виникнення пожеж і порушення вимог щодо пожежної безпеки;
- 5) проводять серед працівників підприємств, установ, організацій та громадян роботу з дотримання правил пожежної безпеки, підбір осіб, які ба-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		72

жають стати членами пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони;

6) вносять керівникам суб'єктів господарювання та органам місцевого самоврядування, що їх утворили, пропозиції щодо забезпечення пожежної безпеки;

7) беруть участь у проведенні:

- оглядів-конкурсів протипожежного стану;
- разом з територіальними органами ДСНС, органами освіти, молодіжними організаціями заходів з утворення та організації роботи дружин юних пожежників;
- разом з територіальними органами ДСНС перевірок протипожежного стану об'єктів;

8) здійснюють інші функції, передбачені актами законодавства.

Пожежно-рятувальні підрозділи добровільної пожежної охорони утворюються як:

- пожежна дружина – підрозділ, забезпечений пожежними мотопомпами та/або первинними засобами для гасіння пожеж;
- пожежна команда – підрозділ, забезпечений пожежними автомобілями або іншою необхідною технікою для гасіння пожеж.

Пожежні дружини (команди) поділяються на такі категорії:

1) пожежні дружини:

- першої категорії, що забезпечуються пожежними мотопомпами та первинними засобами для гасіння пожеж;
- другої категорії, що забезпечуються первинними засобами для гасіння пожеж;

2) пожежні команди:

- першої категорії, що забезпечують цілодобове чергування диспетчерів, водіїв пожежних машин та караульних у пожежних депо;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		73

- другої категорії, що забезпечують цілодобове чергування диспетчерів та водіїв пожежних машин з перебуванням інших караульних за місцем роботи (навчання) або місцем проживання;

- третьої категорії, що забезпечують цілодобове чергування диспетчерів з перебуванням інших караульних (у тому числі водіїв пожежних машин) за місцем роботи (навчання) або місцем проживання.

Пожежну дружину (команду) очолює начальник, який призначається на посаду і звільняється з посади відповідним органом місцевого самоврядування, керівником суб'єкта господарювання за пропозицією загальних зборів членів дружини (команди).

Начальник пожежної дружини (команди) має заступників, які призначаються на посаду і звільняються з посади відповідним органом місцевого самоврядування, керівником суб'єкта господарювання за поданням начальника дружини (команди), погодженим із загальними зборами членів дружини (команди).

У разі відсутності начальника пожежної дружини (команди) його обов'язки виконує один із заступників начальника.

Начальник пожежної дружини (команди) здійснює керівництво її діяльністю та несе персональну відповідальність за виконання покладених на неї завдань.

Члени пожежної дружини (команди) підлягають обов'язковому особистому страхуванню відповідно до Закону України «Про страхування».

Розмір та умови виплати винагороди членам пожежної дружини (команди) встановлюються відповідно до частини третьої статті 126 Кодексу цивільного захисту України.

Контроль за діяльністю пожежної дружини (команди) здійснює відповідний орган місцевого самоврядування, керівник суб'єкта господарювання та територіальний орган ДСНС. [37]

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		74

Евакуація – це вимушене переміщення людей із зони можливого небезпечного впливу чинників пожежі.

Безпечна евакуація має забезпечуватись комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних, інженерно-технічних рішень, які слід приймати з урахуванням призначення категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості поверховості будівлі та кількості людей, що підлягають евакуації.

Небезпечними чинниками під час пожежі є:

- наявність критичної для людини температури;
- критичний вміст кисню в атмосфері (менше 14 %);
- збільшення концентрації вуглекислого та чадного газу до критичного рівня;
- досягнення межі вогнестійкості будівельних конструкцій;
- незначна видимість через надмірне задимлення.

Вказані чинники зумовлюють здійснення евакуації людей, що знаходяться в зоні пожежі до моменту досягнення критичних величин.

Найменший час досягнення небезпечними чинниками критичних величин являє собою допустимий час евакуації. Виведення людей з небезпечної зони у таких випадках називається вимушеною евакуацією.

Для забезпечення безпечної евакуації людей повинні передбачатися заходи спрямовані на створення умов для безпечного виходу людей на випадок пожежі.

У будівлях і спорудах на випадок пожежі необхідно передбачити:

- відповідну довжину і ширину евакуаційних виходів;
- відповідну пропускну здатність дверних отворів, які легко відкриваються;
- необхідну кількість сходових кліток і зовнішніх пожежних драбин;
- відсутність захаращення у переходах та на шляхах пожежних драбин.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		75

Евакуаційні входи мають бути розосередженими, а максимальна відстань між найбільш віддаленими виходами визначається за формулою:

$$l = 1,5\sqrt{P},$$

де P – периметр приміщення, м.

Безпечна евакуація людей забезпечується завдяки функціонуванню щонайменше двох евакуаційних виходів, а потоки людей, що рухаються ними мають бути прямими й не перетинатися.

Двері евакуаційних виходів і двері на шляхах евакуації повинні відчинятись в напрямку виходу людей з будівлі. Не нормується напрямок відкривання дверей для:

- квартир у житлових будинках;
- приміщень де одночасно перебуває не більше 15 осіб.

Довжина шляхів евакуації залежить від призначення будівель, які поділяються на:

- виробничі;
- цивільні;
- сільськогосподарські.

У виробничих будівлях шляхи евакуації залежать від їх поверховості та відстані від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого виходу, ступеня вогнестійкості будівлі та категорії приміщень за вибухопожежною небезпекою.

У житлових і громадських будівлях нормується відстань від дверей найбільш віддаленого приміщення до евакуаційних виходів.

Евакуаційних виходів має бути не менше двох. Таке положення приймається на випадок, якщо під час пожежі один вихід стане непридатним для евакуації.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		76

Один евакуаційний вихід допускається у житлових будинках і в приміщеннях з одночасним перебуванням до 50 осіб, якщо відстань від найвіддаленішої точки підлоги до зазначеного виходу не перевищує 25 м.

Розрахунок починається з визначення часу евакуації, який надалі буде нормою.

Розрахунок часу евакуації поділяється на два етапи:

- розрахунок T_p – розрахункового часу евакуації;
- розрахунок $T_{нб}$ – необхідного часу евакуації.

Розрахунковий час евакуації має бути меншим або таким, що дорівнює часу евакуації T_p , $T_{нб}$, якщо ця умова витримується, то евакуаційні шляхи і виходи запроєктовані правильно.

Визначений розрахунковий час евакуації з будівлі порівнюють з необхідним часом евакуації.

Необхідний час евакуації визначають за таблицями, беручи до уваги ступінь вогнестійкості будівель, їх об'єм, категорію приміщень за вибухопожежною небезпекою.

Керівники підприємств, а також уповноважені ними особи повинні суворо слідкувати за дотриманням протипожежного режиму, підготовкою планів евакуації та їх практичним відпрацюванням, утриманням евакуаційних шляхів і виходів у належному стані, щоб унеможливити нещасні випадки та затримку під час евакуації людей у разі виникнення пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

1 Проведення евакуації з приміщень і будівель

1.1 Проведення організованої евакуації з виробничих та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

- планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення з розробленням схеми евакуаційних шляхів та виходів);

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		77

– визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;

– організації управління евакуацією;

– навчання населення діям під час проведення евакуації.

1.2 Працівники охорони в разі виявлення пожежі, спрацювання засобів пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння повинні діяти за заздалегідь розробленою інструкцією, в якій визначаються їхні обов'язки з контролю за додержанням протипожежного режиму. Заступаючи на чергування, вони зобов'язані пересвідчитися в тому, що шляхи евакуації не зашарашено, а двері евакуаційних виходів у разі потреби без перешкод відчиняються.

1.3 На підприємстві має бути встановлено порядок оповіщення людей про пожежу, з яким необхідно ознайомити всіх працівників.

1.4 Після оповіщення про пожежу до початку евакуації проходить певна затримка залежно від того, яку із систем оповіщення було використано для повідомлення про надзвичайну ситуацію.

Таблиця 5.1 – Час затримки початку евакуації

Тип і характеристика будівлі	Час затримки початку евакуації, хв, при типах систем оповіщення			
	W1	W2	W3	W4
Адміністративні, торговельні та виробничі будівлі (відвідувачі не сплять, знайомі з плануванням будівлі й процедурою евакуації)	<1	3	>4	<4
Магазини, виставки, музеї, центри дозвілля та інші будівлі масового призначення (відвідувачі не	<2	3	>6	<6

Продовження таблиці 5.1

Тип і характеристика будівлі	Час затримки початку евакуації, хв, при типах систем оповіщення			
	W1	W2	W3	W4
сплять, але можуть бути не знайомі з плануванням будівлі й процедурою евакуації)				
Гуртожитки, інтернати (відвідувачі можуть спати, але знайомі з плануванням будівлі й процедурою евакуації)	<2	4	>5	<5
Готелі і пансіонати (відвідувачі можуть спати і бути не знайомі з плануванням будівлі й процедурою евакуації)	<2	4	>6	<5
Госпіталі, будинки престарілих та інші подібні заклади (значне число відвідувачів може потребувати допомоги)	<3	5	>8	<8

Примітка:

W1 – оповіщення та управління евакуацією оператором;

W2 – використання записаних заздалегідь типових фраз і інформаційних табло;

W3 – сирена пожежної сигналізації;

W4 – без оповіщення.

2 Вимоги до будівель і споруд в контексті евакуації

2.1 До всіх будівель і споруд необхідно забезпечити вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захищувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок транспорту, індивідуальних гаражів, будівництва тощо.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2.2 Територія підприємств та інших об'єктів повинна мати зовнішнє освітлення, яке забезпечує швидке знаходження пожежних драбин, протипожежного обладнання, евакуаційних виходів будинків та споруд.

2.3 На території промислових будівель чи споруд на видних місцях мають розміщуватися плани евакуації, таблички із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, знаки місць розміщення первинних засобів пожежогашіння.

2.4 У разі перепланування приміщень, зміни їх функціонального призначення, застосування нового технологічного устаткування необхідно дотримуватися протипожежних вимог чинних нормативних документів будівельного та технологічного проектування. Не дозволяється зниження проектних меж вогнестійкості конструкцій та погіршення умов евакуації людей.

2.5 Стационарні зовнішні пожежні сходи, сходи на перепадах висот і огорожі на дахах будівель та споруд повинні утримуватися постійно справними та бути пофарбованими.

2.6 У разі необхідності встановлення на вікнах приміщень, де перебувають люди, ґрат, останні повинні розкриватися, розсуватися або зніматися. Під час перебування в цих приміщеннях людей ґрати має бути відчинено (знято). Установлювати незнімні ґрати дозволяється у квартирах, банках, касах, складах, коморах, кімнатах для зберігання зброї і боєприпасів, на об'єктах торгівлі, розрахованих на одночасне перебування до 50 осіб, та в інших випадках, передбачених нормами і правилами, затвердженими в установленому порядку.

3 Загальні вимоги до евакуаційних шляхів та виходів

3.1 Як евакуаційні виходи можуть використовуватись дверні отвори, якщо вони ведуть з приміщень:

– безпосередньо назовні;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						80
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- на сходовий майданчик з виходом назовні безпосередньо або через вестибюль;
- у прохід або коридор з безпосереднім виходом назовні або на сходову майданчик;
- у сусідні приміщення того ж поверху з вогнестійкістю не нижче III ступеня, що не містять виробництв, які належать за вибухопожежною та пожежною небезпекою до категорій А, Б і В і мають безпосередній вихід назовні або на сходовий майданчик.

3.2 У разі потреби при вимушеній евакуації можуть використовуватися виходи, якими не користуються при звичайному русі (так звані запасні виходи).

3.3. До евакуаційних шляхів відносять такі, які ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують рух протягом певного часу. Найпоширенішими шляхами евакуації є проходи, коридори, сходи, тамбури, фойє, холи, вестибюлі. Шляхи сполучення, пов'язані з механічним приводом (ліфти, ескалатори), при евакуації не використовуються, оскільки при пожежі або аварії вони можуть вийти з ладу.

3.4 Наявність та напрямок руху до евакуаційних шляхів та виходів має бути позначено відповідними знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76 та змінами, внесеними в нього ДСТУ ISO 6309:2007.

3.5 Для безпечної евакуації шляхи та виходи мають відповідати таким вимогам:

3.5.1 евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, не зашарашуватися та у разі потреби забезпечувати евакуацію всіх людей, які перебувають у приміщеннях;

3.5.2 кількість та розміри евакуаційних виходів, їх конструктивні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх оздоблення повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Якщо евакуаційні виходи і шляхи евакуації з будівель, які є пам'ятками архітектури та історії, неможливо привести у відповідність до вимог будівельних норм, то їх експлуатація дозволяється за наявності проєктної документації, узгодженої з органами державного пожежного нагляду відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів;

3.5.3 у разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання у приміщеннях повинні забезпечуватися евакуаційні проходи до сходових майданчиків та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм;

3.5.4 розміщення крісел в актових і конференц-залах, залах зборів і нарад та в інших подібних приміщеннях повинно відповідати протипожежним вимогам будівельних норм;

3.5.5 у приміщенні, яке має один евакуаційний вихід, дозволяється одночасно розміщувати не більше 50 осіб. При перебуванні в приміщенні понад 50 осіб, в ньому повинно бути щонайменше два виходи, які відповідають вимогам будівельних норм;

3.5.6 двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення у разі одночасного перебування в ньому щонайбільше 15 осіб, а також у санвузлах, з балконів, лоджій, майданчиків зовнішніх евакуаційних сходів (за винятком дверей, що ведуть у повітряну зону незадимлюваного сходового майданчика);

3.5.7 за наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються;

3.5.8 килими, килимові доріжки й інше покриття підлоги у приміщеннях з масовим перебуванням людей повинні надійно кріпитися до підлоги і бути помірно небезпечними щодо токсичності продуктів горіння, мати помірну димоутворювальну здатність згідно з ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		82

их определения» та відповідати групам поширення полум'я РП1, РП2 згідно з ДСТУ Б В.2.7-70-98 «Будівельні матеріали. Метод випробування на розповсюдження полум'я»;

3.5.9 сходові марші та майданчики повинні мати справні огорожі із поруччям, які не повинні зменшувати їх ширину, встановлену будівельними нормами.

4 Опалення та освітлення шляхів евакуації

4.1 На сходових майданчиках (за винятком незадимлюваних) дозволяється встановлювати прилади опалення, сміттєпроводи, поверхові сумісні електрощити, поштові скриньки та пожежні крани за умови, що це обладнання не зменшує нормативної ширини проходу сходовими майданчиками та маршами.

На незадимлюваних сходових майданчиках допускається встановлювати лише прилади опалення.

4.2 Сходові майданчики, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації мають забезпечуватися евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, які не мають природного освітлення, повинні постійно освітлюватися електричним світлом (у разі наявності людей).

4.3 У готелях, театральних-видовищних, лікувальних закладах, приміщеннях інших громадських і допоміжних будівель, де можуть перебувати одночасно більше 100 осіб, у виробничих приміщеннях без природного освітлення за наявності більше 50 працівників (або якщо площа перевищує 150 кв. м), а також в інших випадках, зазначених у нормативно-правових документах, евакуаційні виходи повинні позначатися світловими покажчиками з написом «Вихід» білого кольору на зеленому фоні, підключеними до дже-

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		83

рела живлення евакуаційного (аварійного) освітлення, або такими, що переключаються на нього автоматично у разі зникнення живлення на основних джерелах живлення.

Світлові покажчики «Вихід» повинні постійно бути справними. У залах для глядачів, виставкових, актових залах та інших подібних приміщеннях їх слід вмикати на весь час перебування людей.

4.4 На випадок відключення електроенергії персонал будівель, де у вечірній та нічний час можливе масове перебування людей (театри, кінотеатри, готелі, гуртожитки, ресторани, лікарні, інтернати, дитячі дошкільні заклади тощо), повинен мати електричні ліхтарі. Кількість ліхтарів визначається адміністрацією, з огляду на особливості об'єкта, наявність чергового персоналу, кількість людей у будівлі (але не менше одного ліхтаря на кожного працівника, який чергує на об'єкті у вечірній або нічний час).

На підложке, не перемещать

При влаштуванні евакуаційних шляхів та виходів не допускається:

– улаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, двері розсувні, підйомні, такі, що обертаються, та інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей;

– захаращувати шляхи евакуації меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;

– забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері будівель;

– застосовувати на шляхах евакуації (крім будівель V ступеня вогнестійкості) горючі матеріали для облицювання стін і стель, а також сходів та сходових майданчиків;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		84

- розташовувати у тамбурах виходів, за винятком квартир та індивідуальних житлових будинків, гардероби, вішалки для одягу, сушарні, пристосовувати їх для торгівлі, а також зберігання, у тому числі тимчасового, будь-якого інвентарю та матеріалу;
- захарашувати меблями, устаткуванням та іншими предметами двері, люки на балконах і лоджіях, переходи в суміжні секції та виходи на зовнішні евакуаційні драбини;
- знімати встановлені на балконах (лоджіях) драбини;
- улаштувати на сходових майданчиках приміщення будь-якого призначення, у т. ч. кіоски, ятки, а також виходи з вантажних ліфтів (підйомників), прокладати газопроводи, трубопроводи з ЛЗР та ГР, повітроводи;
- улаштувати у загальних коридорах комори і вбудовані шафи, за винятком шаф для інженерних комунікацій; зберігати в шафах (нішах) для інженерних комунікацій горючі матеріали, а також інші сторонні предмети;
- розташовувати в ліфтових холах комори, кіоски, ятки тощо;
- установлювати телекамери в проходах таким чином, щоб вони перешкоджали евакуації людей;
- робити засклення або закладання жалюзі і отворів повітряних зон на незадимлюваних сходових майданчиках;
- знімати передбачені проєктом двері вестибюлів, холів, тамбурів і сходових майданчиків;
- замінити армоване скло на звичайне у дверях та фрамугах всупереч передбаченому за проєктом;
- знімати пристрої для самозачинення дверей сходових майданчиків, коридорів, холів, тамбурів тощо, а також фіксувати самозакривні двері у відчиненому положенні;
- зменшувати нормативну площу фрамуг у зовнішніх стінах сходових майданчиків або закладати їх;
- розвішувати на сходових майданчиках на стінах стенди, панно тощо;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– улаштувати слизьку підлогу на шляхах евакуації. [38, 39]

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		86

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом енергетичного обстеження була громадська будівля – заклад освіти Бездрицька ЗОШ I-III ступенів Бездрицької сільської ради Сумського району Сумської області, що знаходиться за адресою: 42350, Сумська область, Сумський район, вул. Жовтнева, 37, с. Бездрик.

Після ознайомлення з проектною документацією по заданому об'єкту, було проведене візуальне та інструментальне обстеження споруди, систем опалення, електро-, газо- та водопостачання, каналізації, освітлення та вентиляції.

Обстеження будівлі та результати вимірювань показали неефективність теплової ізоляції деяких огорожуючих конструкцій будівлі, а саме даху та зовнішніх стін, наявність низькоефективних і токсичних люмінесцентних ламп, а також неефективних металопластикових вікон з однокамерним склопакетом. Через значні тепловтрати через огорожуючі конструкції та за рахунок вентиляції температура у приміщеннях інколи може знижуватися нижче нормованих значень. Існуюча система освітлення у будівлі має низьку ефективність, тому що у будівлі застосовуються люмінесцентні лампи.

Існуюча система вентиляції у будівлі має низьку ефективність, тому у будівлі пропонується застосовувати рекуператори тепла.

Тепловий баланс приміщень був розрахований при фактичному значенні опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Для заощадження енергії і коштів були запропоновані енергозберігаючі заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін). Капітальні затрати на впровадження заходу – 208097 грн, економія – 140883 грн, простий термін окупності – 1,5 року;

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

• утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах). Капітальні затрати на впровадження заходу – 199980 грн, економія – 62255 грн, простий термін окупності – 3,2 року;

• встановлення рекуператора теплоти. Капітальні затрати на впровадження заходу – 254714 грн, економія – 103386 грн, простий термін окупності – 2,5 року;

• заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні. Капітальні затрати на впровадження заходу – 11200 грн, економія – 7117 грн, простий термін окупності – 1,6 роки.

Отже, серед запропонованих енергозберігаючих заходів після виконання розрахунків у першу чергу можна рекомендувати до впровадження заходи, що мають найкоротший термін окупності, а саме: утеплення зовнішніх стін та заміна люмінесцентних ламп на енергозберігаючі світлодіодні.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		88

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 144 “Теплоенергетика” (освітня програма «Енергетичний менеджмент») усіх форм навчання / Укладачі: С. С. Антоненко, С. В. Сапожніков, М. І. Сотник, С. О. Хованський. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 43 с.
2. Боярчук Н. Я. Проблеми енергозбереження та підвищення енергоефективності економіки України / Н. Я. Боярчук, М. М. Острянюк // Сучасні проблеми економіки і підприємництва. – 2017. – № 19. – С. 25-33.
3. Науково-технічні (інноваційні) проекти НАН України / І. М. Карп [та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Національна академія наук України. – К., 2015. – 200 с.
4. Концеба С. М. Енергозберігаючі технології в Україні: економічний ефект і перспективи впровадження / С. М. Концеба, О. О. Непочатенко // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2007. – № 63. – С. 1-5.
5. Новини та публікації [Електронний ресурс] : за даними сайту Північної екологічної фінансової корпорації НЕФКО 2017 р. / NordicEnvironmentFinanceCorporation.
6. Матвійчук Н. М. Приоритеты реализации политики энергосбережения в Украине / Н. М. Матвійчук // ECONOMICSANDMANAGEMENT. Juvenisscientia. – 2016. – № 1. – С. 97-100.
7. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об’єктами відновлюваної електроенергетики, які працюють за «зеленим» тарифом (станом на 01.01.2017) [Електронний ресурс] : за даними Державного агентства з енергозбереження та енергоефективності України 2017 р. / Держенергоефективності України.
8. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 08.07.16. – К: Державне підприємство «Укрархбудінформ». – 2016. – 30 с.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						89
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://ibud.ua/ua/p36405-c266-panelnyu-radiator-korado-radik-klasik-tip-22-400kh400-mm> Панельний радіатор KORADO RADIK KLASIK Тип 22.
10. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://teplahata.biz.ua/kotly-otopleniya/gazovye-kotly/majak-aogv-100e/> Газовый котел Маяк АОГВ-100Э дымоходный, одноконтурный, мощностью 100 кВт, питание 220 вольт, Украина.
11. G10, G16, G25, G40 Счетчики газа мембранные. Паспорт : V1.0-2010.11. – Itron, 2010. – 11 с.
12. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://elmisto.com.ua/p35237583-elektroschetchik-nik-2301.html> Лічильник активної енергії типу НІК.
13. [Електронний інтернет-ресурс] : https://bt.rozetka.com.ua/brille_111204_1/p46141160/ Світильник BS-24/4x18 FOR A.
14. [Електронний інтернет-ресурс]: http://teplosvitlviv.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=951 Лічильник крильчастий муфтовий GROSS MNK-UA.
15. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/prom/> Тарифы на электроэнергию для предприятий.
16. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/prom/2022-01-01/> Тарифы на газ для предприятий.
17. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://index.minfin.com.ua/tariff/water/> Тарифы на водоснабжение и водоотвод.
18. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://zapadpribor.com/minitemp-mt2/> Лазерный пирометр MiniTemp.
19. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-605-h1/p/0560-6053> Термоанемометр Testo 605-H1.
20. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prom.ua/Ruletki>

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						90
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

21. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. – Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
22. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
23. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.
24. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с
25. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.
26. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. – Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
27. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. – Введ. 01.11.2011. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
28. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд» / укладачі: С. С. Антоненко, В. М. Козін, Е. В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50 с.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						91
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

29. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Введ. 01.01.2014. – К. : «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с.
30. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К., 2005.
31. [Електронний інтернет-ресурс]: <http://prostoremont.com.ua/ua/myneral-naya-y-bazal-tovaya-vata> Мінеральна та базальтова вата - каталог.
32. КиевБуд [Електронний ресурс]: «Калькулятор расхода и цен на материалы для утепления фасада». – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kievbud.com.ua/calc.html>.
33. ТОВ «ЕКОТЕРМ ППУ» [Електронний ресурс]: «Цены по напылению пенополиуретана». – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.teploizolyacia.com.ua/tseny>.
34. [Електронний інтернет-ресурс] : <https://protan.in.ua/p722110490-pvh-membrana-protan.html>
35. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://prom.ua/Svetodiodnye-lampy-t8-tsokol-g13-1.html> Світлодіодні лампи Т8 с цоколем G13.
36. [Електронний інтернет-ресурс]: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0 Пожежна охорона.
37. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://oppb.com.ua/articles/stvorennya-dobrovilnoyi-rozhezhnoyi-ohorony-na-pidpryemstvi> Створення добровільної пожежної охорони на підприємстві.
38. [Електронний інтернет-ресурс]: https://vuzlit.com/158300/protipozhezhni_vimogi_schodo_zabezpechennya_vimushenoji_evakuatsiyi_lyudey_budivel Протипожежні вимоги щодо забезпечення вимушеної евакуації людей з будівель.
39. [Електронний інтернет-ресурс]: <https://oppb.com.ua/docs/vimogi-rozhezhnoyi-bezpeki-do-utrimannya-evakuatsiynih-shlyahiv-i-vihodiv> Вимоги пожежної безпеки до утримання евакуаційних шляхів і виходів.

					6.144.10 БР 00 ПЗ	Аркуш
						92
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		