

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Аналіз енергоефективності адміністративної будівлі заводу управління

ПАТ «Сумхімпром» та розроблення заходів з енергозбереження»


Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Жукова Н.В.

(прізвище та ініціали)



(підпис студента)

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

Керівник роботи

(підпис)

Сапожніков С.В.

(прізвище і ініціали)

к.т.н., доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

“ _____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(освітня програма «Енергетичний менеджмент»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри прикладної гідроаеромеханіки
Сотник М.І.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Жукова Надія Владиславівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз енергоефективності адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «СУМИХІМПРОМ» та розроблення заходів з енергозбереження».

затверджена наказом по університету № _____ від “ ___ ” _____ 2022 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 5 червня 2022 р.

3 Вихідні дані до роботи: будівельна та проектна документація об'єкту енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження, мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1. Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (опис дійсного стану та систем енергопостачання об'єкта; опис приладів обліку енергоносіїв на об'єкті, представлення результатів інструментального обстеження та їх аналіз).

2. Комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження (аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; визначення питомих величин рівня енергоефективності; основні положення методики розрахунку енергетичних показників; представлення результатів розрахунку).

3. Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (основні положення методики розрахунку заходів з енергозбереження; представлення результатів розрахунку).

Додатки (Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; копії документів, принципові схеми, статистичні дані тощо).

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень або плакатів)

1. Енерготехнологічна схема об'єкта
2. Аналіз обсягів енергоспоживання
3. Результати розрахункового аналізу
4. Розробка енергозбережних заходів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково- пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	до 08.05.2022	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	до 13.05.2022	
3	Інструментальне обстеження	до 14.05.2022	
4	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	до 23.05.2022	
5	Розробка можливих енергозбережних заходів	до 28.05.2022	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	до 30.05.2022	
7	Оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 04.06.2022	
8	Здача роботи на перевірку	до 05.06.2022	
9	Доопрацювання зауважень	до 12.06.2022	
10	Захист роботи	з 15.06.22 до 20.06.22	

Дата видачі завдання “ 02 “ травня 2022 р.

Студент _____

(підпис)

Жукова Н.В.

(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Сапожніков С.В.

(Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 68 сторінок, 13 рисунків, 17 таблиць, 2 додатки, 26 літературних джерел.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту обстеження, комплексний аналіз рівня енергоефективності, результати розрахункового аналізу, техніко-економічний аналіз енергозберіжних заходів – чотири плакати формату А3.

Метою роботи: розробка енергозберігаючих заходів для покращання енергозабезпечення адміністративної будівлі заводоуправління ПАТ «Сумихімпром» та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації систем енергопостачання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання адміністративної будівлі заводоуправління ПАТ «Сумихімпром».

Об'єкт дослідження: адміністративна будівля заводоуправління ПАТ «Сумихімпром» та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, ШУМ.

Тема роботи: Аналіз енергоефективності адміністративної будівлі заводоуправління ПАТ «Сумихімпром» та розроблення заходів з енергозбереження.

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2 Обстеження огорожувальних конструкцій об'єкту енергетичного обстеження	9
1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі.....	10
1.3.1 Система опалення	10
1.3.2 Система електропостачання	11
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення	11
1.3.4 Система вентиляції	11
1.3.5 Опис приладу обліку теплової енергії	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	15
1.4 Опис приладів та методів вимірювання	15
1.5 Результати інструментального обстеження.....	18
1.6 Висновки за розділом.....	18
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	20
2.1 Аналіз споживання теплової енергії	20
2.2 Аналіз споживання електричної енергії.....	21
2.3 Аналіз споживання холодної води.....	23
2.4 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	24
2.4.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії	24
2.4.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	26
2.4.3 Техніко-економічний аналіз споживання вода.....	26
2.5 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	27

					6.144.01 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз енергоефективності адміністративної будівлі заводоуправління ПАТ «Сумхімпром» та розроблення заходів з енергозбереження	Лист	Лист	Листів
Розробив	Жукова	<i>Жукова</i>				4	68	
Перевірив	Сапожніков							
Реценз.								
Н. Контр.	Сапожніков					СумДУ ЕМ-81-0		
Затверд.								

2.5.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	27
2.5.2 Розрахунок тепловтрат.....	29
2.5.3 Розрахунок теплонадходжень.....	34
2.5.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	36
2.6 Висновки до розділу.....	40
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	41
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	41
3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни).....	41
3.1.2 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку.....	48
3.1.3 Утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стеля).....	50
3.1.4 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води.....	52
3.1.5 Встановлення рекуператора теплоти.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А.....	62
ДОДАТОК Б.....	68

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Закономірним наслідком промислової революції у світі є прискорене збільшення споживання викопних енергетичних ресурсів за умов їх обмеженості, що обумовлює невідворотне зростання ціни на них [1]. Через постійне зростання попиту та цін на енергоресурси все більш актуальним стає впровадження енергоефективних інноваційних технологій, що є шляхом не тільки забезпечення ефективного функціонування та розвитку підприємства, а й вирішенням проблем енергетичної безпеки країни і зміни клімату в усьому світі [1]. Традиційно найбільшого використання зазнають невідновлювальні викопні енергетичні ресурси (природний газ, нафта і вугілля), що складають до 60 % енергетичного балансу України [1].

У цей час, через підвищення цін на викопні ресурси, розробку та впровадження новітніх енергоефективних технологій та наявність світових екологічних трендів, споживання інших ресурсів енергії поступово зростає. Судячи з світових тенденцій в енергетичній сфері невідворотним є перехід від домінування викопних енергетичних ресурсів та неефективних енергомереж до моделі виробництва, що характеризується наявністю декількох альтернативних джерел та шляхів постачання енергоносіїв [1].

Впровадження сучасних енергозберігаючих технологій та диверсифікація джерел енергоресурсів вимагає значних обсягів інвестицій, що зумовлює необхідність обґрунтування доцільності прийняття управлінських рішень на основі відповідних показників. Вони, в свою чергу, є базуються на відповідній термінології енергетичного менеджменту, що є пріоритетом при виконанні цілей «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» [2]. Основними проблемами цієї сфери, у економічному сенсі, є розмежування понять «енергозбереження» і «енергоефективність», що є відповідними стратегіями енергетичного менеджменту підприємства; уточнення їх економічних показників й індикаторів; розробка підходів щодо оцінювання інтенсифікації цих процесів,

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доцільності та ефективності впровадження енергозберігаючих заходів та енергоефективних технологій [1].

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котелень [3]. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепломодернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [3].

Кожний уряд незалежної України одним з головних пріоритетів у своїй діяльності визначав необхідність розв’язання проблем підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства. У своїх програмах дій вони намічали шляхи розв’язання цих проблем, розробляли відповідні державні програми, визначали комплекс заходів, які сприяли їх реалізації [3].

Метою дослідження в роботі є розробка енергозберігаючих заходів для покращення енергозабезпечення адміністративної будівлі заводууправління ПАТ «Сумихімпром» та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Об’єктом дослідження в роботі є адміністративна будівля заводууправління ПАТ «Сумихімпром» та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є системи енергопостачання та енергоспоживання адміністративної будівлі заводууправління ПАТ «Сумихімпром».

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративна будівля заводоуправління ПАТ «Сумихімпром», що знаходиться за адресою: Суми, вул. Харківська, п/в 12 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Адміністративна будівля заводоуправління ПАТ «Сумихімпром»

Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює технічний персонал підприємства.

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- призначення будівлі адміністративна будівля;
- рік побудови 1961 р.;
- кількість поверхів 4 поверхи;
- загальна площа 4488 м²;
- опалювана площа 4332 м²;
- об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 16840 м²;

					Арк.
					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

• опалюваний об'єм будівлі 15710 м²;

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від власної котельні.

Водопостачання та водовідведення здійснюється від власної свердловини.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється від електричних водопідігрівачів.

1.2 Обстеження огорожувальних конструкцій об'єкту енергетичного обстеження

Зовнішні стіни будівлі цегляні. На внутрішню та зовнішню сторони стіни нанесена штукатурка. Теплова ізоляція відсутня. При візуальному обстеженні пошкоджень стін не виявлено.

Переважає більшість вікон знаходиться в задовільному стані та не мають нещільностей в місцях примикання скла до рами.

Будівля не має балконів.

Підлога будівлі являє собою залізобетонну плиту, без утеплення, вирівняну цементною стяжкою на яку покладено лінолеум або керамічну плитку.

У будівлі наявні неопалювані підвальні приміщення.

Перекрыття являє собою залізобетонну плиту, шар керамзиту, шар руберойду.

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

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

1.3.1 Система опалення

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від власної котельні, що знаходиться на території ПАТ «Сумихімпром». В котельні встановлений газовий водогрійний котел типу ПТВМ-30 М (рис 1.2).

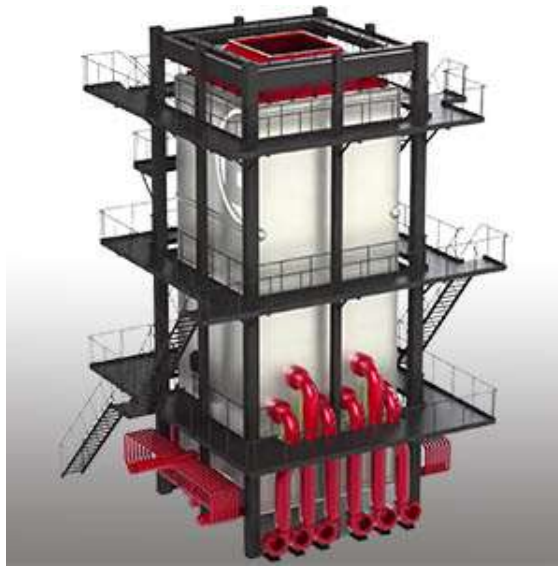


Рисунок 1.2 – Газовий водогрійний котел типу ПТВМ-30 М [4]

Трубопроводи теплової мережі сталеві, прокладені в каналній прокладці під землею. Теплова ізоляція трубопроводів виконана з мінеральної вати.

Система опалення будівлі двотрубна з верхньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, зі штучною циркуляцією теплоносія.

Система опалення залежна, нерегульована, жорсткого контролю за споживанням теплової енергії немає, автоматика відсутня, крім манометрів і термометра в пункті прийому тепла.

Як опалювальні прилади використовуються конвекційні чавунні радіатори типу МС-140-АО загальною кількістю 250 шт. Опалювальні прилади розташовані

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

під вікнами у кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів не обмежений.

Схема теплового пункту будівлі наведено в додатку Б.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі договору про постачання електричної енергії № 567/54 від 24.06.2019 р.

Електропостачання відбувається від трансформаторної підстанції ТП-854, що знаходиться неподалік будівлі. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється від власної свердловини ПАТ «Сумихімпром». Основні споживачі холодної води працівники та відвідувачі будівлі. Тиск в зовнішній мережі в точці підключення складає 0,15 – 0,3 МПа, що забезпечує розрахунковий тиск на ввіді в будівлю. Водопровідна мережа запроектована зі сталевих водопровідних труб Ø 50 мм. Глибина залягання водопровідної мережі 1,8 м.

Водовідведення здійснюється по металевій трубі Ø80 мм централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі договору № 489 від 14.09.2018 р.

Джерело гарячої води – електричні водонагрівачі. 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.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у кімнатах будівлі.

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Видалення вентилязованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях.

Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії за допомогою лічильника обліку теплової енергії CALMEX типу VKP-431 (рис 1.3).



Рисунок 1.3 – Лічильник обліку теплової енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

					Арк.
					12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [5]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильниками активної енергії типу Меридіан СО Э-1.02/2 електронний, кількість – 3 штуки (рис. 1.4), термін повірки - 11 жовтня 2020 року. Лічильники знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)

Продовження таблиці 1.2

Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником ЛЛТ 50Х (рис.1.5).



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку холодної води [7]

Терміни повірки – 22 серпня 2021 рік.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника ЛЛТ 50Х [7]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	30 м ³ /год

Продовження таблиці 1.3

Номінальна витрата	15 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,45 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 06.05.2022 рік тарифи на енергоносії та воду з ПДВ складають:

теплова енергія 2303,26 грн/Гкал;

електрична енергія: 3,53 грн/ кВт·год;

водопостачання – 6,52 грн/м³;

водовідведення – 5,38 грн/м³.

1.4 Опис приладів та методів вимірювання

Для проведення енергетичного обстеження візуального огляду приміщень недостатньо, тому потрібно зробити виміри деяких параметрів.

Для замірів необхідних параметрів будівлі використовуємо наступні вимірювальні прилади:

- неконтактний інфрачервоний пірометр мт-4 фірми Raytek;
- рулетка;
- універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-

h1.

Портативний неконтактний пірометр МТ – невеликих розмірів і дуже простий у використанні. Для виміру температури необхідно просто направити його на об'єкт, температуру якого потрібно виміряти й нажати на тригер. На дисплеї відобразиться значення температури поверхні об'єкта. Це найшвидший, легкий і безпечний спосіб виміру температури (рис. 1.6) [8].

					Арк.
					15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



Рисунок 1.6 - Неконтактний інфрачервоний пірометр МТ-4 фірми Raytek [8]

Технічні характеристики наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики пірометра МТ-4 [8]

Технічні характеристики	
Коефіцієнт випромінювання	Фіксований: 0,95
Температура	°C або °F
D:S (відстань: розмір об'єкта)	6:1
Діапазон вимірів	-18...+260°C
Відтворюваність	±2% джерела хвиль, але не менш ±2°C
Час відгуку	500 мсек
Робоча температура	0...50°C
Живлення	9 В батарейки або акумулятор
Розміри	152×101×38 мм
Вага	0,227 кг

Вимірювальна рулетка служила для визначення геометричних розмірів приміщень. Границя виміру приладу складає 10 м, похибка ±0,5 мм.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення температури повітря в приміщенні та зовні використовували універсального вимірювача температури, вологості та точки роси Testo 605-N1 (рис. 1.7) [8]. Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.5.



Рисунок 1.7 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1 [8]

Технічні характеристики	
Діапазон вимірювань	Від -20 до +70 °С
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда:	
- в основі	16 мм
- біля чутливого елемента	12 мм

Прилад володіє точністю і стабільністю свідчень завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається лише в процесі виміру. Дисплей розташований на поворотній голівці і завжди видний. Передбачена функція автоматичного відключення через 10 хвилин роботи.

1.5 Результати інструментального обстеження

Вимірювання проводилось 24.01.2022 р.

На момент обстеження зовнішня температура становила $t = -8^{\circ}\text{C}$.

Температура теплоносія в подавальному та зворотньому трубопроводах системи тепlopостачання склала $-T_1 = 65^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 41^{\circ}\text{C}$.

Було виконано заміри температури повітря в робочих кабінетах адміністративної будівлі. Згідно вимірів температура повітря складає від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$, що відповідає вимогам санітарних норм [9].

Було виконано заміри температури поверхні опалювальних приладів в робочих кабінетах будівлі за допомогою портативного пірометра. Виміри показали, що температура поверхні опалювальних приладів майже не відрізняється, що свідчить про не засміченість та збалансований режим роботи внутрішньої системи опалення адміністративної будівлі.

1.6 Висновки за розділом

Адміністративна будівля заводу управління ПАТ «Сумихімпром» побудована в 1961 р. Огороджувальні конструкції будівлі знаходяться в задовільному стані.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від власної котельні.

Водопостачання будівлі здійснюється від власної свердловини ПАТ «Сумихімпром».

Водовідведення здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється від електричних водопідігрівачів.

На об'єкті ведеться облік спожитих енергоресурсів. Наведено опис приладів обліку та їх технічні характеристики.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Було виконано заміри температури повітря в робочих кабінетах будівлі. Дані вимірювань показали, що температура повітря відповідає вимогам санітарних норм.

Виконано заміри температури опалювальних приладів в робочих кімнатах. Виміри показали, що температура поверхні опалювальних приладів майже не відрізняється, що свідчить про не засміченість та збалансований режим роботи внутрішньої системи опалення адміністративної будівлі.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Показники фактичного енергоспоживання будівлі включають масиви інформації щодо річного споживання на об'єкті дослідження теплової енергії, електричної енергії та води.

2.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Кількість спожитої теплової енергії по місяцям за 2019, 2020 та 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку теплової енергії на об'єкті наведено в таблиці 2.1, та рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Величина споживання теплової енергії за 2019 – 2021 роки, Гкал

Місяці	2019 рік,	2020 рік	2021 рік
Січень	125,16	122,62	120,42
Лютий	100,48	103,34	102,47
Березень	83,62	84,64	82,52
Квітень	67,61	65,95	63,21
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	64,33	66,87	65,14
Листопад	86,12	87,35	85,65
Грудень	117,28	119,47	118,97
Всього	644,6	650,24	638,38

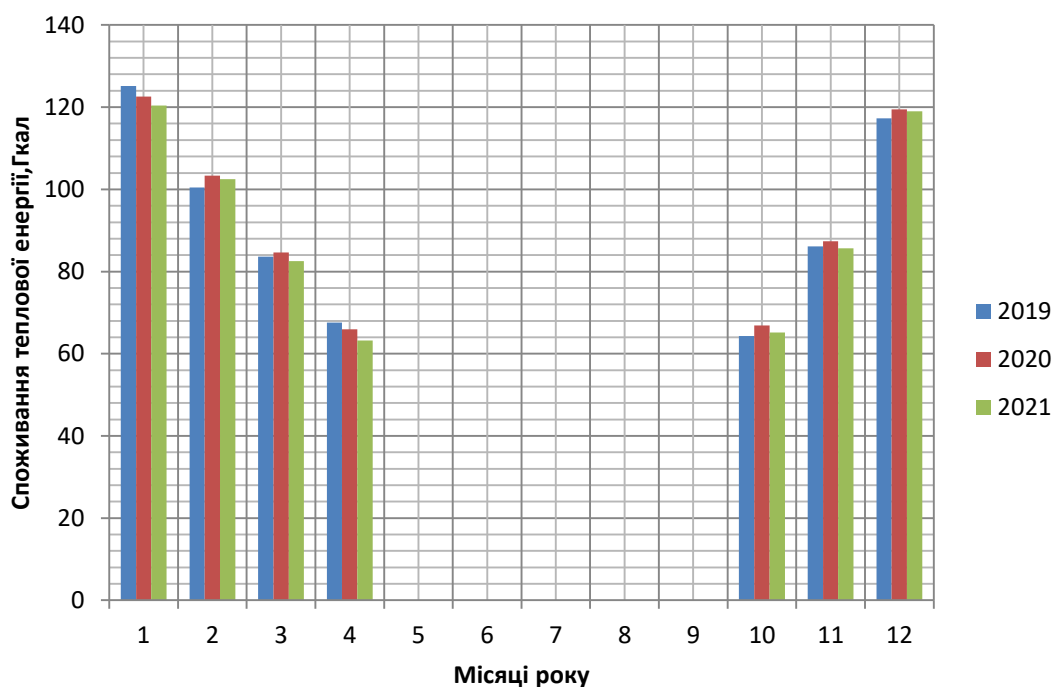


Рисунок 2.1 – Діаграма споживання теплової енергії за 2019-2021 роки

З діаграми видно, що споживання теплової енергії відбувається тільки в опалювальний період. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою довкілля.

2.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Кількість спожитої електричної енергії по місяцям за 2019, 2020 та 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті наведено в таблиці 2.2, та рисунку 2.2.

Таблиця 2.2 – Величина споживання електричної енергії за 2019 – 2021 роки, кВт·год

Місяці	2019 рік,	2020 рік	2021 рік
Січень	22800	23400	22150
Лютий	26100	28200	26500

Продовження таблиці 2.2

Березень	18600	15900	14900
Квітень	22600	24100	23570
Травень	26100	25600	24940
Червень	22700	23200	22580
Липень	22900	23900	22800
Серпень	23800	24300	24100
Вересень	22500	24000	23900
Жовтень	25200	24800	24850
Листопад	19300	16500	16350
Грудень	21100	23600	22840
Всього	273700	277500	269480

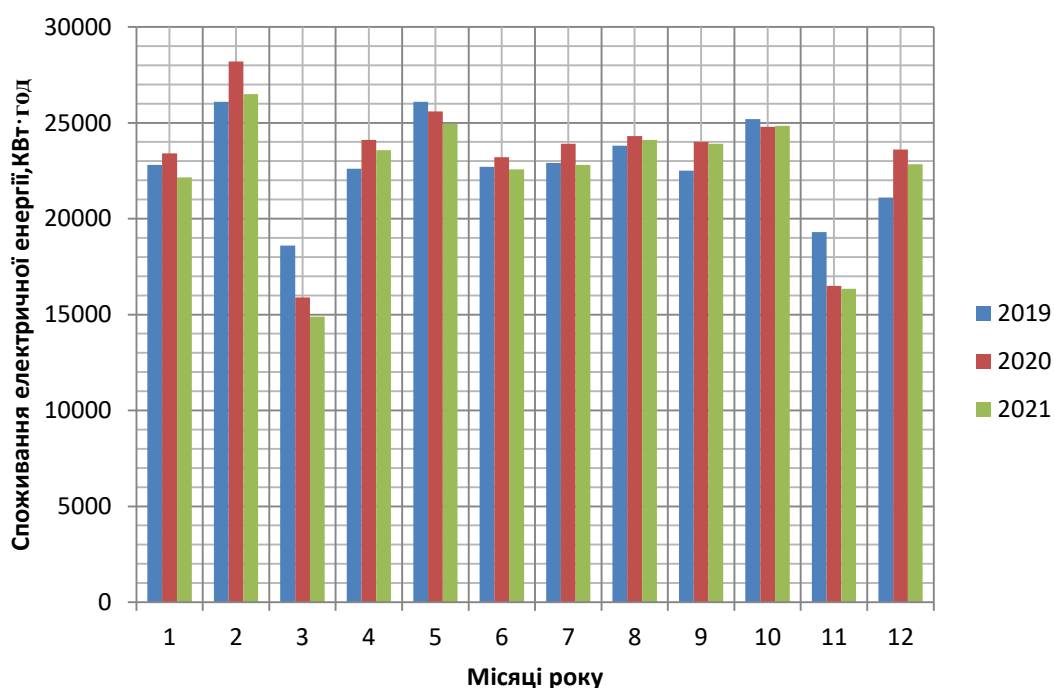


Рисунок 2.2 – Діаграма споживання електричної енергії за 2019-2021 роки

З діаграми видно, що на споживання електричної енергії впливає сезонний фактор. Збільшення рівня споживання електричної енергії збільшується в осінньо-зимовий період.

В літні місяці рівень споживання електричної енергії зменшується. Це можна пояснити тим, що в теплу пору року збільшується світловий день, а, отже, зменшується рівень споживання електроенергії на освітлення робочих кабінетів.

2.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Кількість спожитої холодної води по місяцям за 2019, 2020 та 2021 роки в одиницях виміру за даними журналу обліку електричної енергії на об'єкті наведено в таблиці 2.3, та рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Споживання холодної води за 2019-2021 роки, м³

Місяці	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	58	63	62
Лютий	62	74	69
Березень	74	71	68
Квітень	76	72	65
Травень	68	65	64
Червень	71	76	74
Липень	69	66	62
Серпень	64	62	60
Вересень	68	60	59
Жовтень	63	69	65
Листопад	71	73	69
Грудень	71	66	66
Всього	815	817	783

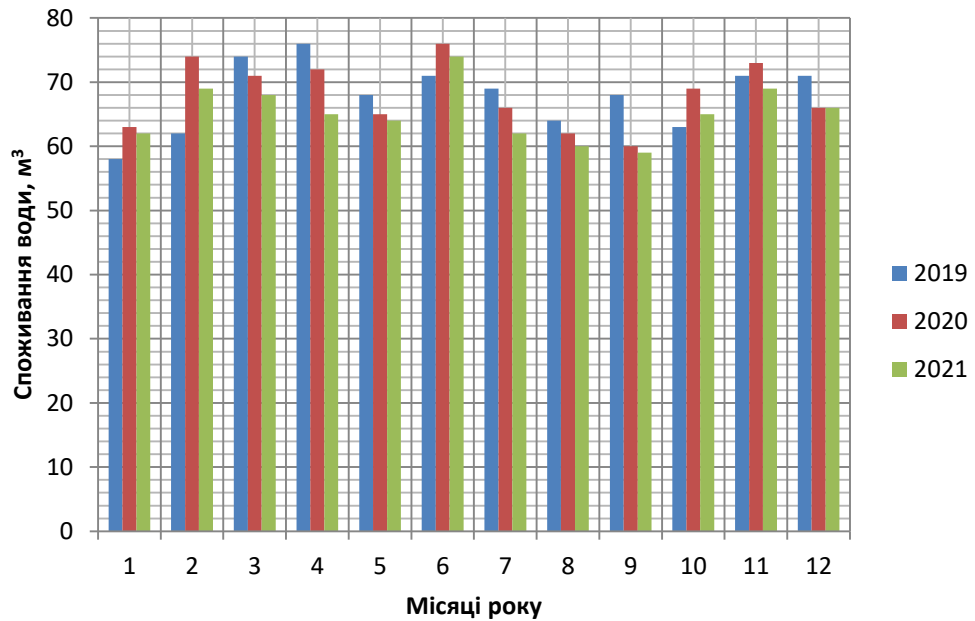


Рисунок 2.3 – Діаграма споживання води за 2019-2021 роки

Як видно з діаграми, рівень споживання холодної води протягом останніх трьох років майже не змінюється. Це обумовлюється контролем за рівнем водоспоживання.

2.4 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

2.4.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [10]:

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (2.1)$$

де $Q_{оп}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

$V_{буд}^{оп}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [10]:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (2.2)$$

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [10].

Нормативна питома енергопотреба для адміністративних будівель першої температурної зони становлять [10]:

$$EP_{max} = 38 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,033 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень за рік становлять:

- за 2019 рік – $Q_{оп} = 644,6$ Гкал;
- за 2020 рік – $Q_{оп} = 650,24$ Гкал;
- за 2021 рік – $Q_{оп} = 638,38$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2019 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м³;
- за 2020 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м³;
- за 2021 рік – $EP = 0,04$ Гкал/м³.

					Арк.
					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,04 \text{ Гкал/м}^3$.

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2).

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати незадовільними.

2.4.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням. Згідно з [11] норма споживання електричної енергії для приміщень адміністративно-управлінських установ складає $115 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2$ корисної площі. Для приміщення ПАТ «Сумихімпром» фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2019 рік: } \frac{273700 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{4332 \text{ м}^2} = 63,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2;$$

$$\text{- 2020 рік: } \frac{277500 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{4332 \text{ м}^2} = 64,1 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{269480 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{43 \text{ м}^2} = 62,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2.$$

Фактичне значення не перевищує нормоване що є задовільним показником.

2.4.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [12]. Норма

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витрат води для адміністративної будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

- 2019 рік ($\frac{815000}{450}$)/365 = 5л/добу;

- 2020 рік ($\frac{817000}{450}$)/365 = 5 л/добу;

- 2021 рік ($\frac{783000}{450}$)/365 = 4,7 л/добу.

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення не перевищують нормовані. Це є задовільним показником.

2.5 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

2.5.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [13].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min} \quad (2.1)$$

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

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

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.2)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К) [13];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, м²·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.2) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де α_g , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, Вт/(м · К);

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м² · К/Вт.

2.5.2 Розрахунок тепловтрат

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень згідно [13]

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_e, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

де $\sum Q_0$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\sum Q_d$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\sum Q_{\text{інф}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\sum Q_e$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{\text{озр}}}{R_{\Sigma\text{пр}}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

де $F_{\text{озр}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [13];

$t_6, t_{3,p}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C [13];

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\sum Q_0 = \sum Q_{cm} + \sum Q_{стл} + \sum Q_{вкн} + \sum Q_{з.д} + \sum Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

де $\sum Q_{cm}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

$\sum Q_{стл}$ – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

$\sum Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, Вт;

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

$\sum Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні 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

$$\sum Q_{op}^0 = \sum Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де $\sum Q_{cm}$ – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [13].

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\Sigma Q_{ndл}^o = 0,13 \cdot Q_{ndл}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_s^o + \Sigma Q_{ndл}^o, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

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

ΣQ_s^o – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_s - t_{з.р}) \cdot n_s, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С[13];

$t_s, t_{з.р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м²·год);

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м².

					Арк.
					31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

n_g – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням:

$$G_{ep} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

де B і H – ширина та висота дверей відповідно, м;

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [13];

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с² [13];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с; II-а кліматична зона – 2,1 м/с) [13];

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м³;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м³ (при нормальних умовах $\rho = 1,3$ кг/м³):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{cp.on})]} \quad (2.12)$$

де $t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де G_{ep} - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ [12];

$t_{в}$ і $t_{з,п}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$k_{в}$ – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{з,д}^{inf} = 0,28 \cdot G_{з,д} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з}), \quad (2.14)$$

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

$t_{в}$, $t_{з,п}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{з,д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{з,д} = b_{н,д} \cdot L_{н,д} \cdot v_{ср,н,д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де $b_{н,д}$ – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (приймається 5 мм), м;

$L_{н,д}$ – довжина нещільності (береться загальний периметр дверей), м;

$v_{ср,н,д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається $0,8 \text{ м/с}$), м/с [13];

m_n – маса 1 м^3 повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3 \text{ кг}$)[12].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{inf} = Q_{вкн}^{inf} + Q_{вр}^{inf} + Q_{з,д}^{inf}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_6 = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_6 - t_{3,p}) \cdot n_k \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ [13];

t_6 і $t_{3,p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$ [13];

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} (за умовою завдання);

k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_V=0,85$) [13].

2.5.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

де N_{el} – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

					Арк.
					34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

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

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;

$k_{з}$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

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

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{о.п}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

де q_c, q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{о.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{о.п}=0,6$) [13].

Сумарні теплонадходження

$$Q_{ти} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

					Арк.
					35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.5.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

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

$\Sigma Q_{\text{тн}}$ - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Матеріал	Товщина, δ , мм	Тепло-провідність	$R_{\Sigma пр}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{ min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$
Зовнішні стіни	Цементно-піщаний розчин	10	0,81	0,77	3,3
	Цегла	500	0,81		
	Штукатурка (розчин цементно-піщаний)	10	0,81		
Дах	Руберойд	6	0,17	1,45	4,95
	Керамзит	20	0,35		
	Залізобетон	300	2,04		

Продовження таблиці 2.4

Двері	Металопластикові з термопанелями зі склопакетом	60	0,41	0,52	0,5
Вікна	Металопластикові зі склопакетом	–	–	0,52	0,75
Підлога	Залізобетон	300	2,04	0,28	3,75
	Цементно-піщана стяжка	10	0,81		
	Лінолеум	2	0,33		
	Керамічна плитка	6	1,1		

Отримані результати ($R_{\Sigma_{\text{пр}}} \ll R_{q_{\text{мін}}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [13, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [14].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, °С	20
Температура в підвальному приміщенні, °С	8
Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	2321,6
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	1122
Загальна площа вікон, м ²	378,4

Продовження таблиці 2.5

Загальна площа дверей, м ²	26,5
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м ²	1122
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м ³	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, , кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м ³	15710
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/м ³	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення, год ⁻¹	0,8
Кількість людей в приміщенні	450
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, Вт	25000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення, Вт	100
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	1200
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем, Вт	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні, Вт	100
Площа заповнення світлових прорізів, м ²	189,2
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	189,2
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт	0,77
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,45
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,52
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт	0,52
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,28

Продовження таблиці 2.6

Втрати теплоти через стіни,Вт	135677,9221
Втрати теплоти через стелю,Вт	34820,7
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна,Вт	32746,15385
Втрати теплоти через підлогу, Вт	48085,71429
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	38333,4336
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	175859,1853
	466307
Сумарні тепловтрати,Вт	
Теплонадходження від людей, Вт	46350
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	6926,25
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	28800
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	39732
Сумарні теплонадходження,Вт	121808,25
Теплова потужність будівлі,Вт	344443
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	735050,6

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [10]:

$$\left(\frac{EP - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right) \cdot 100\% , \quad (2.24)$$

$$EP = \frac{735050,6}{15710} = 46,7 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}.$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left(\frac{46,7 - 38}{38} \right) \cdot 100\% = 23\%$$

Згідно з [10] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій не відповідає сучасним нормам.

Теплова потужність будівлі складає 344443 Вт.

Виконано розрахунок класу енергетичної ефективності будівлі, який склав «D».

З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження

3.1.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни)

Для того щоб в будинку було тепло, слід подбати про теплоізоляції всієї будови від фундаменту до даху. Сучасні тенденції в будівництві спрямовані на пошук технічних рішень і технологій утеплення будинку, що дозволяють підвищити рівень теплового захисту будівель і зменшити витрати на їх опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання і освітлення, підвищити комфорт і мікроклімат в будинку, збільшити термін експлуатації конструкцій будівлі [15].

Обов'язковий компонент будь-якої технології утеплення – утеплювач. Саме він відповідає за виконання теплозберігаючих функцій, і від його здатності тривалий час зберігати свої властивості в значній мірі залежить стабільність експлуатаційних і естетичних характеристик системи і, як наслідок, – енергоефективність, якість і довговічність всієї споруди [15]. Технологія утеплення адміністративної будівлі зображено на рисунку 3.1.

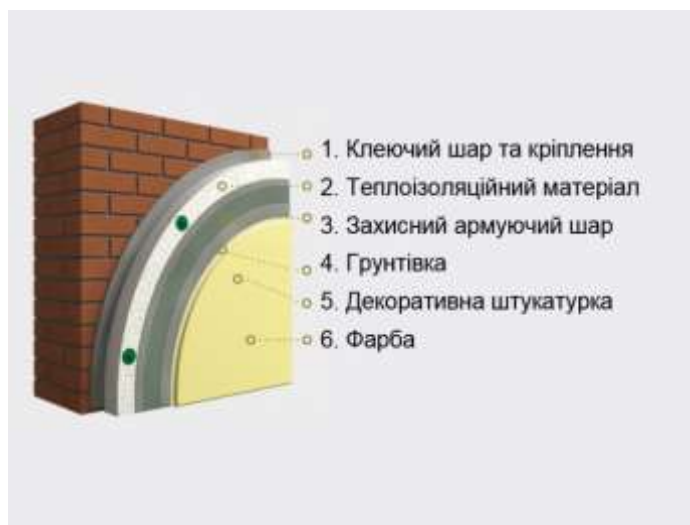


Рисунок 3.1 – Технологія утеплення стін адміністративної будівлі [15]

					Арк.
					41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Тому, додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Для утеплення стін будівлі пропонується використати мінераловатні плити [16].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ум.оз.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\Sigma\text{ППсм}}) \cdot \lambda_{\text{ум}} \quad (3.1)$$

де $\lambda_{\text{ум}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [16].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [13].

$$\delta_{\text{ум.см}} = (3,3 - 0,76) \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{оз.к}}^{i3} = \frac{F_{\text{оз.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{см}}^{i3} = \frac{2321,6}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 31658,2 \text{ Вт.}$$

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{\text{оз.к}} = Q_{\text{оз.к}} - Q_{\text{оз.к}}^{i3} \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{см}} = 135677,9 - 31658,2 = 104019,7 \text{ Вт.}$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [17]:

$$Q_{ог.к}^{рік} = \Delta Q_{ог.к} \cdot \frac{(t_6 - t_{cp.on})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} , \quad (3.4)$$

$$Q_{ст}^{рік} = 104 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 221966,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 191 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 191 \cdot 2303,26 = 439923 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 150 грн [18]. Вартість робіт по встановленню плит складає 300 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (3.5)$$

де $C_{тов}$ – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{робіт}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$K = 2321,6 \cdot (150 + 300) = 1044720 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (3.6)$$

					Арк.
					43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$T_{ок} = \frac{1044720}{439923} = 2,4 \text{ роки.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Цей проект спрямований на зменшення витрат теплової енергії, шляхом утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стін.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення стін будинку.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 1044720$ грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 439923 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [19].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (3.7)$$

де P_t – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році t ;

I_0 – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

r – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

t_n – момент отримання першого доходу;

T – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальшого аналізу складемо таблицю 3.1. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 3.1 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-1044720	-1044720		1		
1	0	439923	-604797,3	0,909	399930	-644790
2	0	439923	-164874,6	0,826	363572	-281218
3	0	439923	275048,1	0,751	330520	49303
4	0	439923	714970,8	0,683	300473	349776
5	0	439923	1154893,5	0,621	273157	622933
6	0	439923	1594816,2	0,564	248325	871258
7	0	439923	2034738,9	0,513	225750	1097008
8	0	439923	2474661,6	0,467	205227	1302235
9	0	439923	2914584,3	0,424	186570	1488805
10	0	439923	3354507	0,386	169609	1658415
11	0	439923	3794429,7	0,350	154190	1812605
12	0	439923	4234352,4	0,319	140173	1952778
13	0	439923	4674275,1	0,290	127430	2080208
14	0	439923	5114197,8	0,263	115845	2196053
15	0	439923	5554120,5	0,239	105314	2301367
16	0	439923	5994043,2	0,218	95740	2397107
17	0	439923	6433965,9	0,198	87036	2484143
18	0	439923	6873888,6	0,180	79124	2563267
19	0	439923	7313811,3	0,164	71931	2635198
20	0	439923	7753734	0,149	65392	2700590
21	0	439923	8193656,7	0,135	59447	2760037
22	0	439923	8633579,4	0,123	54043	2814080
23	0	439923	9073502,1	0,112	49130	2863209
24	0	439923	9513424,8	0,102	44663	2907873
25	0	439923	9953347,5	0,092	40603	2948476
	IRR	42%			3993196	

$$NPV = 3993196 - 1044720 = 2948476 \text{ грн}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 3.1 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 2 роки, а з урахуванням дисконтної ставки – за 2 роки. Чистий дохід проекту становить 3993196 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 2948476 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{3993196}{2948476} = 1,4$$

Оскільки $PI > 1$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). Із великою вірогідністю проект може бути реалізовано.

Розрахунок IRR у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 3.2) [19].

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A425 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу = $IRR(Q8 : Q48)$.
4. Отримуємо результат – 42 %.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	Q
1	2
2	– 1044720
3	439922,7
4	439922,7
...	...
24	439922,7
25	439922,7
Формула	= IRR(Q8 : Q25)
Результат	42 %

$IRR > r$, тобто *IRR* перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 2 + \frac{1044720 - 763502}{330520} = 2,9 \text{ року.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	1044720
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–

Продовження таблиці 3.3

3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	4399223
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	2948476
3.3	Індекс дохідності	1,4
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	42
3.5	Дисконтований термін окупності, років	2,9

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки $NPV > 0$. Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований із великою вірогідністю.

3.1.2 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку

Сонячний колектор – це пристрій, який поглинає енергію сонця і виробляє нагрів матеріалу - теплоносія або води, тобто перетворює в тепло. Це тепло виводиться з сонячного колектора за допомогою тонких мідних трубок, ці мідні трубки заповнені спеціальною легко закипаючої рідиною. Далі це тепло передається накопичувальному бойлеру з теплообмінником. Таким чином, нагрівається вода для гарячого водопостачання будівлі .

Пропонується встановити сонячний комплект « ATMOSFERA» [20].

Середнє споживання гарячої води складає в середньому 0,3 м³/добу.

Температура вихідної води для нагрівання – +15⁰С.

Температура гарячої води – 50⁰С.

Для нагрівання 1 л води необхідно затратити 4,19 кДж.

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб адміністративної будівлі:

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 450 \cdot (50 - 15) \cdot 4,19 = 65992,5 \text{кДж} = 18,3 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 6696,3 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} . ,$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 6696,3 \cdot 3,53 = 23638 \text{грн} / \text{рік}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають $K = 56000$ грн [20].

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{56000}{23638} = 2,4 \text{роки}.$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [19].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 3.1.1. Результати занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	56000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	23638
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	158562

Продовження таблиці 3.4

3.3	Індекс дохідності	1,6
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	36
3.5	Дисконтований термін окупності, років	4,4

3.1.3 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стеля)

Застосування ефективної теплоізоляції в будівлях допомагає знизити витрати на опалення до 70% [21]. При відсутності утеплення через покрівлю йде приблизно чверть тепла. Крім тепловтрат, через неутеплені конструкцію в приміщення легко проникає і холодне повітря [21].

У жаркому кліматі, де в будівлі потрібно підтримувати прохолоду, відбувається зворотне [21].

Теплоізоляція плоского або скатного даху допомагає [21]:

- запобігти втратам тепла;
- підвищити енергоефективність будівлі;
- заощадити на рахунках за опалення;
- поліпшити температурний комфорт взимку і влітку [21].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою 3.1:

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (4,95 - 1,45) \cdot 0,04 = 0,15 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 150 мм.

Розрахуємо втрати через стелю після ізоляції по формулі 3.2:

$$Q_{\text{стел}}^{\text{із}} = \frac{1122}{4,95} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 10200 \text{ Вт.}$$

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі 3.3:

$$\Delta Q_{стел} = 34820,7 - 10200 = 24260,7 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стелю за опалювальний період знайдемо за формулою 3.4:

$$Q_{ст}^{рік} = 24,3 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 51869,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 45 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 45 \cdot 2303,26 = 103647 \text{ грн} / \text{рік.}$$

В якості утеплюючого матеріалу вибираємо плити фірми MONROCK E [21].

Плити з кам'яної вати для термоізоляції. Негорюче утеплення: невентильованих плоских покрівель, використовуються як нижній шар утеплення, рекомендовано для дахів, експлуатованих в типовий спосіб.

Вартість 1 м² плити товщиною 150 мм складає 110 грн [21]. Вартість робіт по встановленню плит складає 250 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (3.8)$$

де $C_{тов}$ – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{робіт}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$K = 1122 \cdot (110 + 250) = 403920 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

					Арк.
					51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$T_{ок} = \frac{403920}{103647} = 3,9 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 3.1.1. Результати занесемо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	403920
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	103647
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	536885
3.3	Індекс дохідності	1,4
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	26
3.5	Дисконтований термін окупності, років	4,8

3.1.4 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води

З метою зменшення споживання води під час миття рук, брудного посуду та інших побутових потреб пропонується встановити допоміжні насадки-аератора на крани.

В будівлі встановлено сучасні крани в кількості 32 штук без насадок.

Ціна однієї насадки складає 90 грн [22].

					Арк.
					52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Капітальні затрати на придбання складуть:

$$K = 32 \cdot 90 = 2880 \text{ грн.}$$

Економія споживання води після встановлення насадки складає близько 50% [22]. Тоді економія в споживанні води складе (за 2021 рік було спожито 786 м³):

$$E = 783 \cdot 0,5 = 392 \text{ м}^3.$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 392 \cdot (6,52 + 5,38) = 4665 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{2880}{4665} = 0,6 \text{ року.}$$

3.1.5 Встановлення рекуператора теплоти

Будівлю обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

Для зменшення втрат тепла через вентиляцію пропонується встановити механічну припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла. Цей захід не тільки зекономить кошти на оплату теплової енергії, але й за використану електричну енергію, так як зменшеться використання кондиціонерів.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонується встановити рекуператор Venst — це приточно-витяжна прямоточна система вентиляція (приток і витяжка відбуваються одночасно без змішування повітряних потоків). Корпус вентиляційної системи виконано з харчового АВС пластику. В якості рекуператора повітря використовується високоефективний мідний теплообмінник. Система видаляє з приміщення повітря, яке забруднено мікрочасточками пилу та диму і забезпечує приток свіжого і чистого повітря ззовні [23].



Рисунок 3.2 – Рекуператор теплоти [23]

Виробником рекомендується встановити 60 рекуператорів Venst, які будуть встановлені в кожному робочому кабінеті.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора Venst:

$$\Delta Q_{г.г} = \eta \cdot Q_{г.г} = 0,2 \cdot 175859,2 = 35171,8 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через витяжну вентиляцію за рік:

$$Q_{втр}^{рік} = 35171,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 75067 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.}$$

Тепловтрати крізь вентиляцію за опалювальний період знайдемо за формулою 3.4:

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{ст}^{рік} = 75 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 160072 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 137,7 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 137,7 \cdot 2303,26 = 317159 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 11000 грн [23], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 50% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{тов} + C_{роб}) = 60 \cdot (11000 + 0,5 \cdot 11000) = 990000 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{990000}{317159} = 3,1 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 3.1.1. Результати занесемо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	990000

Продовження таблиці 3.6

2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	317159
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1888321
3.3	Індекс дохідності	1,9
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	32
3.5	Дисконтований термін окупності, років	5,8

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «Сумихімпром» за адресою Харківська, п/в 12.

Економія енергоресурсів досягається за рахунок вдосконалення системи енергопостачання, впровадження нової техніки, зменшення витрат енергії, робота обладнання в економних режимах.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі та енергетичних систем. Виконано опис приладів обліку енергетичних ресурсів та результати інструментального обстеження.

У розділі «КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» виконано аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті. Здійснено порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними. Наведено основні положення методики розрахункового аналізу та представлення результатів розрахунку.

У розділі «ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис запропонованих енергозберігаючих заходів:

1) утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни) (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1044720 грн; економія в грошовому еквіваленті – 439923 грн; термін окупності заходу – 2,4 роки, дисконтований термін окупності – 2,9 року);

2) встановлення сонячних колекторів на даху будинку (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 56000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 23638 грн; термін окупності заходу – 2,4 роки, дисконтований термін окупності – 3,4 року);

					Арк.
					57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3) утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стеля) (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 403920 грн; економія в грошовому еквіваленті – 103647 грн; термін окупності заходу – 3,9 років, дисконтований термін окупності – 4,8 року);

4) встановлення насадки-аератора на крани для води (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2880 грн; економія в грошовому еквіваленті – 4665грн; термін окупності заходу – 0,6 роки);

5) встановлення рекуператора теплоти (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 990000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 317159 грн; термін окупності заходу – 3,1 року, дисконтований термін окупності – 5,8 роки).

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Фізичні та фізіологічні параметри шуму».

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ [електронний ресурс] Режим посилання: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/15.pdf
2. «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»» [електронний ресурс] Режим посилання: zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80 (Accessed 31 may 2018).
3. Енергоефективність в Україні: [електронний ресурс] Режим посилання: http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350
4. Газовий котел [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mmzavod.com.ua/index.php/kotly-vodogrejnye/kotel-ptvm-30>
5. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
6. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
7. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>
8. Техпаспорт пірометра MiniTemp MT2 фірми Raytek.
9. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-N1.
10. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
11. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>

					Арк.
					59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

12. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>

13. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

14. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>

15. Утеплення [електронний ресурс] Режим посилання: <https://goodalp.com.ua/tehnologiya-uteplennya/>

16. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>

17. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.

18. Магазин Рона [електронний ресурс] Режим посилання: <https://rona.ua/shop/>

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.

20. Атмосфера [електронний ресурс] Режим посилання: https://www.atmosfera.ua/uk/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=478693929963&utm_campaign=poisk_Atmosfera_frazovoe&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwA-hX5J3XYTQHpwDy_nhE5SsWuZBsqJcIFlWjEWIDrwkUQDI4Iz-y8FtulKRoCdoQQAyD_BwE

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Теплова ізоляція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.rockwool.com/ua/products-and-applications/roof/>

22. Насадка-аератор [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eco-water.com.ua/product/nasadka-aerator-na-kran-3-litry-za-hvylynu/>

23. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання:

24. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://spo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>

25. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: <https://uz.dsp.gov.ua/index.php/diialnist/hihiiena-pratsi/749-shum-ta-ioho-shkidlyvi-naslidky>

26. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Фізичні та фізіологічні параметри шуму

Під терміном «шум» розуміють будь-який неприємний або небажаний звук або їх поєднання, які заважають сприйняттю корисних сигналів, порушують тишу, негативно впливають на організм людини, знижують його працездатність [26].

Звук як фізичне явище - це механічні коливання пружного середовища в діапазоні чутних частот [26]. Звук як фізіологічне явище – це відчуття, сприймається органом слуху при впливі на нього звукових хвиль [26].

Звукові хвилі виникають завжди, якщо в пружному середовищі є нестійке тіло або коли частинки пружного середовища (газоподібної, рідкої або твердої) коливаються внаслідок впливу на них будь збудливою сили. Однак не всі коливальні рухи сприймаються органом слуху як фізіологічне відчуття звуку. Вухом людини може чути лише коливання, частота яких становить від 16 до 20 000 в 1 с. Її вимірюють у герцах (Гц). Коливання з частотою до 16 Гц називаються інфразвуком, більш 20 000 Гц - ультразвуком, і вухо їх не сприймає.

Для оцінки та аналізу шумів весь слуховий діапазон частот розбивають на смуги – *октавні* і *1/3 октавні*. Смуга частот, у якій відношення верхньої частоти до нижньої дорівнює двом називається *октавною* ($f_2/f_1 = 2$), якщо $f_2/f_1 = 1,26 - 1/3$ *октави* [26].

Характеристикою кожної смуги є середньгеометрична частота f_{ce} , яка для октави вираховується за виразом (1), а для 1/3 октавної за виразом (2):

$$f_{cr} = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (1)$$

$$f_{cr} = \sqrt[6]{2f_1} \quad (2)$$

Значення f_{ce} для восьми стандартизованих октавних смуг дорівнюють 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц [26].

					Арк.
					62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Під час звукових коливань в повітрі утворюються зони зниженого та підвищеного тиску.

Звуковий тиск P , Па – це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі за наявності звуку та середнім тиском у цьому середовищі за відсутності звуку [26].

При розповсюдженні звукової хвилі в просторі відбувається перенесення енергії, кількість якої визначається інтенсивністю звуку [26].

Інтенсивність звуку I , Вт/м² – це середній потік звукової енергії за одиницю часу віднесений до одиниці площі поверхні перпендикулярної до напрямку розповсюдження звукової хвилі. У вільному звуковому полі інтенсивність звуку і звуковий тиск зв'язані між собою таким співвідношенням:

$$I = P^2/(\rho \cdot c) \quad (3)$$

де P – звуковий тиск, Па;

ρ – густина повітря, кг/м³;

c – швидкість звуку, м/с.

Характеристикою джерел шуму є *звукова потужність W , Вт*, яка визначається загальною кількістю звукової енергії, що випромінюється джерелом шуму в навколишнє середовище за одиницю часу:

$$W = I \cdot S \quad (4)$$

Сприймання людиною звуку залежить не тільки від частоти, а й від інтенсивності звуку та звукового тиску [26]. Найменша інтенсивність I_0 і звуковий тиск P_0 , що сприймається вухом людини зветься порогом чутності. Порогові значення залежать від частоти звуку [26].

За частоти 1000 Гц (така частота звуку прийнята як еталонна) поріг чутності для звукового тиску складає $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, а для інтенсивності звуку – $I_0 = 10^{-12}$

					Арк.
					63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Вт/м². За звукового тиску $P = 200$ Па та $I = 100$ Вт/м² виникають больові відчуття (больовий поріг) в слухових органах людини. Різниця між больовим порогом і порогом чутності дуже велика: інтенсивність звуку на порозі больового відчуття в 10^{14} разів перевищує поріг чутності, за звуковим тиском – 10^7 разів [26]. Користуватися шкалою, яка має такий великий розбіг неможливо. Тому було запропоновано використовувати логарифмічну шкалу, яка дає змогу визначати рівень шуму у відносних одиницях – белах (B) [26]:

$$L = \lg(I/I_0) \quad (5)$$

Для больового порогу відчуття на частоті 1000 Гц ця відносна величина буде мати значення [26]:

$$L = \lg(I/I_0) = \lg 10^2/10^{-12} = \lg 10^{14}, B \quad (6)$$

Вухо людини здатне сприймати зміну рівня інтенсивності в 10 разів меншу за бел, тобто *децибел*, тому в практиці акустичних вимірювань і розрахунків використовують *децибел* (дБ). Тоді *рівень інтенсивності звуку* L в дБ дорівнює [26]:

$$L_I = 10 \lg(I/I_0) \quad (7)$$

а рівень звукового тиску L_p в дБ [26]:

$$L_p = 10 \lg (P/P_0)^2 = 20 \lg(P/P_0) \quad (8)$$

де I і P відповідно інтенсивність і звуковий тиск в даній точці, а I_0 і P_0 – інтенсивність і звуковий тиск порогу чутності.

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівень інтенсивності звуку L , та рівень звукового тиску L_p належать до фізіологічних характеристик шуму [26]. Рівнями інтенсивності звуку зазвичай оперують при виконанні акустичних розрахунків, а рівнями звукового тиску – при вимірюванні шуму, оцінці його дії на людину, оскільки орган слуху чутливий не до інтенсивності звуку, а до звукового тиску [26].

В таблиці А1 наведені рівні інтенсивності звуку для деяких джерел шуму.

Таблиця 1 – Рівні інтенсивності звуку для деяких джерел шуму [26]

Джерело шуму	$L, \text{дБ}$
Шум зимового лісу в тиху погоду	2-4
Шепіт на відстані 1 м	40
Робота металорізального верстата	80-100
Робота пневмокомпресора на відстані 1 м	120
Шум реактивного двигуна літака на відстані 2 м	120-140

Крім таких фізіологічних характеристик шуму як рівня інтенсивності звуку, та рівня звукового тиску, важливе значення має часова характеристика впливу шуму на працюючих [26].

Шкідливий та небезпечний вплив шуму на організм людини встановлено тепер з повною достовірністю. Ступінь такого впливу, переважно, залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини [25]. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати на більшість органів та систем організму людини. Так, за даними медиків дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо [25].

На рисунку А1 зображено характеристики шуму за часом.

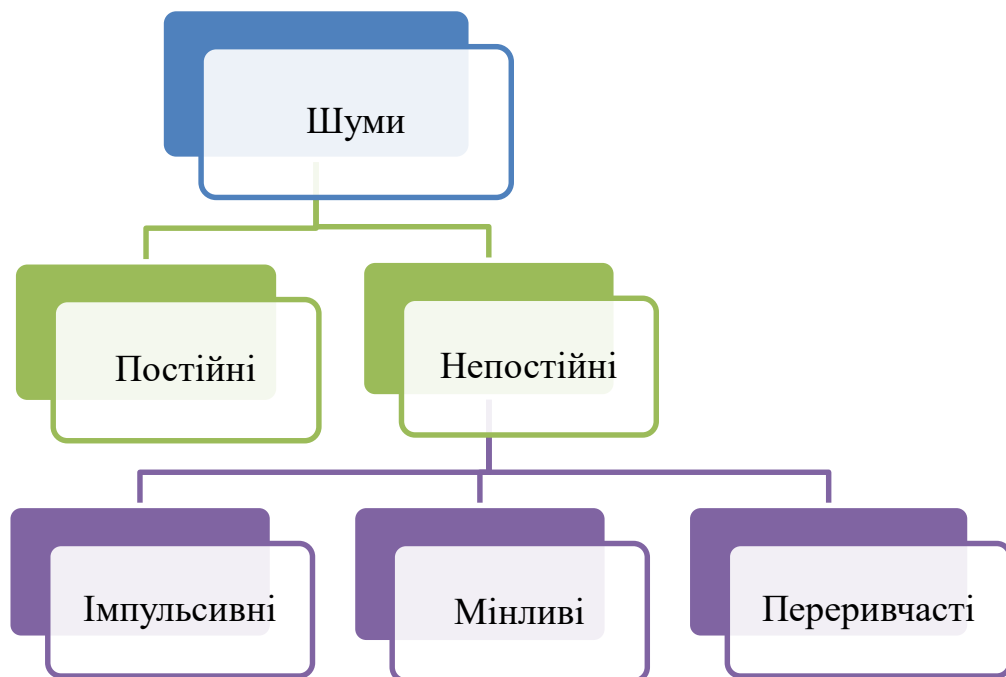


Рисунок А1 – Часові характеристики шуму

Постійні шуми – це шуми рівень яких за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюються не більше ніж на 5 дБА при вимірюваннях на часовій характеристиці “повільно” шумоміра за шкалою «А»,

Непостійні – рівень шуму яких за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється більш ніж на 5 дБА [26].

Непостійні шуми поділяються на [26]:

- а) мінливі, рівень яких безперервно змінюється у часі;
- б) переривчасті, рівень шуму яких змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше при вимірюваннях на часовій характеристиці “повільно” шумоміра за шкалою «А», при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить 1 сек. і більше;
- в) імпульсні, які складаються із одного або декількох звукових сигналів, кожен із яких триває менше 1 сек., при цьому рівні шуму у дБА, виміряні на часових характеристиках «імпульс» та «повільно» шумоміра за шкалою «А», відрізняються не менше ніж на 7 дБА [26].

До засобів індивідуального захисту від шуму належать [26]:

- протишумні навушники, які закривають вушну раковину;

					Арк.
					66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- протишумні вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід;
- протишумні шоломи – закривають усю голову. Їх застосовують у сполученні з навушниками;
- протишумні костюми .
- застосування малошумного обладнання, заміна металевих частин на пластмасу, установка глушительів і т. д.;– установка обладнання на демпфіруючих прокладках;– розміщення джерел шуму в шкірі, приміщеннях і т. д. зі звукоізоляцією або звукопоглинанням;– установка “антизвуку”, тобто джерела, рівного за величиною і протилежного за фазою звуку – архітектурно-планувальні методи (розміщення будівель, обладнання, захисні зелені смуги, екрани і т. д.);– звукоізолюючі кабіни, акустичні екрани місць роботи;– оснащення шумних машин і технологій засобами дистанційного телеавтоматичного управління [26].

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Схема теплового пункту будинку

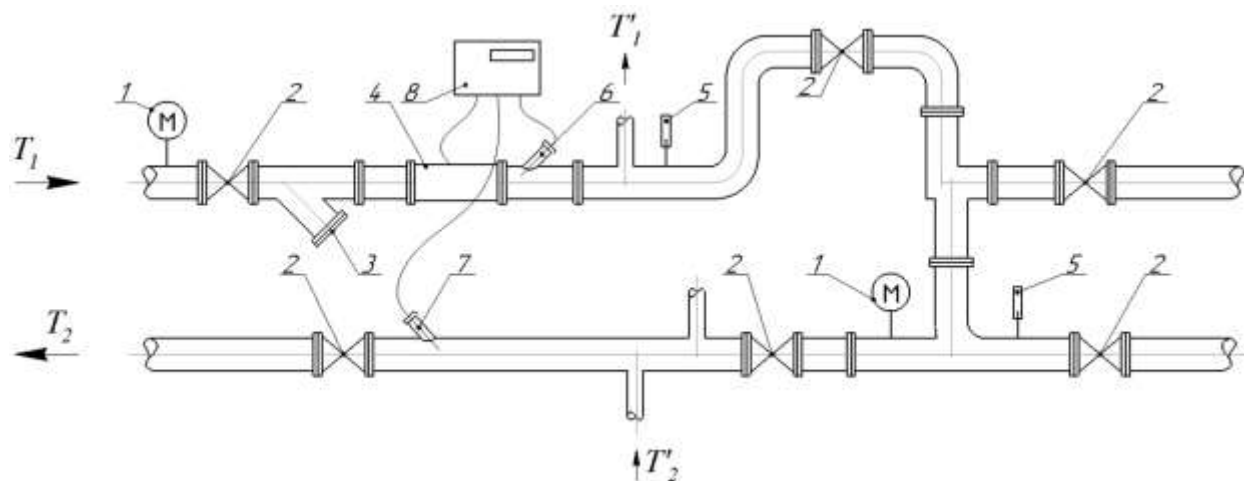


Рисунок Б1 - Принципова схема теплового пункту будівлі

1 – манометр; 2 – засувки; 3 – фільтр; 4 – водомір; 5 – термометр; 6 – датчик температури на вході у систему тепlopостачання; 7 – датчик температури на виході з системи тепlopостачання; 8 – лічильник теплоти; лінії T'_1 та T'_2 – відповідно падаючий та зворотній трубопроводи на бойлер (відключено з видимим розривом)

* Зовнішній діаметр трубопроводу, на якому встановлений лічильник теплоти $d=89\text{мм}$.

					Арк.
					68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	