

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Визначення енергоефективності будівлі КУ ССШ №1 СМР та розробка енергоефективних заходів»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи _____ Саєнко А.С.
(прізвище та ініціали)

(підпис студента)

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

Керівник роботи _____
(підпис)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Сотник М.І.
(прізвище і ініціали)

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

“ ____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 61 сторінку, 12 рисунків, 15 таблиць, 1 додаток, 25 літературних джерела.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема об'єкту обстеження, аналіз обсягів енергоспоживання, результати розрахункового аналізу, розробка енергозберіжних заходів – чотири плакати формату А3.

Метою роботи: розробка енергозберігаючих заходів для покращання систем енергозабезпечення будівлі КУ ССШ №1 СМР 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 енергозабезпечення будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергозабезпечення будівлі КУ ССШ №1 СМР.

Об'єкт дослідження: будівля КУ ССШ №1 СМР та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, СТРУМ.

Тема роботи: **«Визначення енергоефективності будівлі КУ ССШ №1 СМР та розробка енергоефективних заходів».**

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

Завідувач
гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
кафедри
прикладної

_____ Сотник М.І.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Саєнко Аліни Сергіївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Визначення енергоефективності будівлі КУ ССШ №1 СМР та розробка енергоефективних заходів».

затверджена наказом по університету №_0337-VI від “04”квітня 2023 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 12 червня 2023 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 енергозберіжних заходів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково- пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	до 30.04.2023	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	до 10.05.2023	
3	Інструментальне обстеження	до 14.05.2022	
4	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	до 25.05.2023	
5	Розробка можливих енергозберіжних заходів	до 04.06.2023	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	до 07.06.2023	
7	Оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 11.06.2023	
8	Здача роботи на перевірку	до 12.06.2023	
9	Доопрацювання зауважень	до 18.06.2023	
10	Захист роботи	з 19.06.23 до 25.06.23	

Дата видачі завдання “ 17 “ квітня 2023 р.

Студент _____
(підпис)

Саєнко А.С.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сотник М.І.
(Прізвище та ініціали)

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	Опис дійсного стану будівлі..... 9
1.3	Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта... 9
1.3.1	Система опалення 9
1.3.2	Система електропостачання 10
1.3.3	Система водопостачання та водовідведення 11
1.3.4	Система вентиляції 11
1.3.5	Система обліку енергоресурсів 11
1.3.6	Існуючі тарифи на енергоносії та воду..... 14
1.4	Аналіз обсягів споживання енергоносіїв..... 15
1.4.1	Аналіз споживання теплової енергії..... 15
1.4.2	Аналіз споживання електричної енергії..... 16
1.4.3	Аналіз споживання холодної води..... 18
1.5	Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв..... 19
1.5.1	Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії..... 19
1.5.2	Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії..... 21
1.5.3	Техніко-економічний аналіз споживання води..... 22
1.6	Прилади для проведення вимірювань 23
1.7	Результати вимірювань на об'єкті 26
1.8	Висновки за розділом..... 26
2	КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ 27
2.1	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання..... 27

					6.144.05 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Визначення енергоефективності будівлі КУ ССШ №1 СМР та розробка енергоефективних заходів»	Лист.	Лист	Листів
Розробив	Саєнко						4	61
Перевірив	Сотник							
Реценз.								
Н. Контр.	Сотник							
Затверд.						СумДУ ЕМ-91-1		

2.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій...	27
2.1.2 Розрахунок тепловтрат.....	28
2.1.3 Розрахунок теплонадходжень.....	34
2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	35
2.2 Висновки до розділу.....	37
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	38
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	38
3.1.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	39
3.1.2 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення	44
3.1.3 Утеплення даху будівлі.....	45
3.1.4 Встановлення рекуператора теплоти.....	48
3.2 Висновки до розділу.....	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК А.....	56

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

ВСТУП

Енергія надає людині важливі «послуги» у вигляді тепла для обігрівання приміщення, готування їжі, забезпечує роботу промисловості й транспорту тощо [1]. У зв'язку з підвищенням науково-технічного рівня промисловості й транспорту збільшується споживання енергії, але запаси мінерального палива і води обмежені, їх видобування потребує великих затрат [1]. Крім того, масштаби виробництва та споживання енергії такі, що сьогодні спостерігається їх шкідливий вплив на стан навколишнього середовища [1]. Прагнучи поліпшити життєві умови й знизити вплив на навколишнє середовище, люди постійно шукають нові методи і технології, що дозволяють ефективно використовувати енергію [1]. Таким чином, сьогодні постійно вимагає економно використовувати енергію. Вагомим внеском щодо вирішення питань збереження енергії є усвідомлення людством необхідності дбайливого ставлення до неї [1].

Згідно з [2] енергоефективність – це раціональне споживання усіх енергетичних ресурсів шляхом меншого їх використання для забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві тією ж кількістю енергії.

Енергоефективність, інакше кажучи, – це досягнення економічно оправданої ефективності використання таких матеріальних запасів, як природний газ, річкова та морська вода, вітер, нафта, вугілля, вітер тощо, при існуючому рівні розвитку техніки і технологій і при дотриманні вимог, що стосуються охорони навколишнього середовища [2].

Метою дослідження в роботі є підвищення ефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі КУ ССШ №1 СМР, аналіз фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії,

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

розрахунок економічної доцільності їх впровадження для підвищення рівня енергоефективності.

Об'єктом дослідження в роботі є будівля КУ ССШ №1 СМР та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення будівлі КУ ССШ №1 СМР.

						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 будівля комунальної установи Сумська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів №1 ім. В. Стрельченка, що знаходиться за адресою м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 136 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Головний фасад будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- рік побудови 1974 р.;
- кількість поверхів 3 поверхи;
- опалювальна площа 7874,9 м²;
- площа забудови 1780 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 19687,3 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 21567,2 м³.

У закладі за даною адресою працює 90 працівників та навчається 1145 дітей.

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-пт, вихідні – сб-нд.

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17³⁰.

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

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи тепlopостачання.

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Гаряче водопостачання в будівлі централізоване, встановлений пластинчастий водопідігрівач.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Фундамент в будівлі залізобетонний, цоколь облицьований плиткою. Стіни – кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині, з середини та ззовні оштукатурені. Плити перекриттів – залізобетонні. Перегородки – цегляні.

Підлога – залізобетонна плита, цементна стяжка, шар плитки. Стеля – залізобетонна плита, утеплювач - керамзит та рубероїд.

Вікна по будівлі встановлені металопластикові. Двері кабінетів – дерев'яні, вхідні двері – пластикові зі склінням та двері для запасного виходу – металеві.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежуваний об'єкт має централізовану систему тепlopостачання. Договір на тепlopостачання укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Номер договору – 2547-Т.

Теплоносій – вода. Система двохтрубна вертикальна з нижнім розведенням.

У тепловому пункті в встановлений індивідуальний тепловий пункт з погодозалежним регулюванням (рис 1.2).

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



Рисунок 1.2 – Індивідуальний тепловий пункт з погодозалежним регулюванням [3]

Індивідуальний тепловий пункт - це зв'язуюча ланка між джерелом тепла і споживачем. Складається він з комплексів автоматичних пристроїв, що розташовується зазвичай у підвальному приміщенні [3].

В залежності від системи теплових пунктів, вони складаються з теплообмінників, насосів, автоматичних приладів відпуску теплової енергії, автоматичних приладів по регулюванню температури, тиску, витрати і також контрольно вимірювальних пристроїв [3].

Опалювальні прилади встановлені під вікнами. Радіатори комплектуються кранами для випуску повітря типу «Маєвського» та прямоточними запірними вентилями на вході в опалювальний прилад.

При проведенні обстеження були виявлені деякі порушення: у більшості класних кімнат опалювальні прилади закриті декоративним обрамленням, що в свою чергу перешкоджає циркуляції теплого повітря.

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

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 712. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-654, що знаходиться на території навчального закладу. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 256.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони вул. Герасима Кондратьєва. Тиск води на вході в будівлю $P_{хв}=0,4$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Основними споживачами води є учні, викладачі та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції

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

Система вентиляції у будівлі природня, крім кабінету хімії.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – EX», (рис 1.3), термін повірки - 17 липня 2022 р.

Встановлений в тепловому пункті, на ввіді до будівлі.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник теплової енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

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 лічильником активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.4), термін повірки - 15 травня 2021 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

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

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



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.5), термін повірки – 16 червня 2022 р. Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.5 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год
Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 24.04.2023 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 2630,57 грн/Гкал;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрична енергія – 6,16 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2020-2022 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	133,5	131,9	130,4
Лютий	129,9	124,9	122,2
Березень	105,1	104,2	101,1
Квітень	89,4	78,6	77,4
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	124,7	120,2	123,4
Листопад	115,3	114,5	115,9
Грудень	132,4	130,5	130,8
Всього	805,2	770,4	771,6

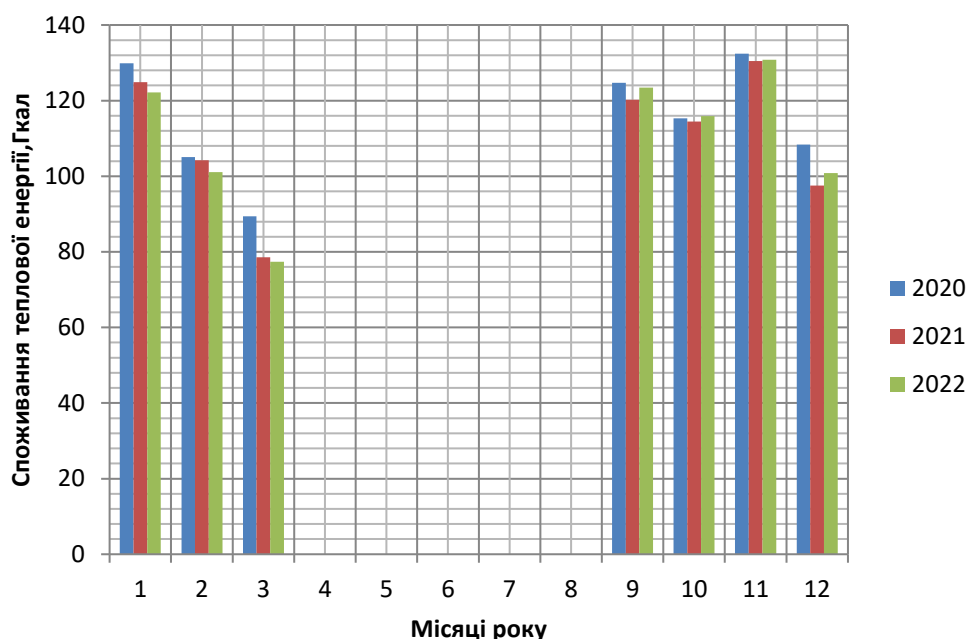


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2022 роки

Як видно з діаграм, споживання теплової енергії будівлею зростає під час опалювального періоду. В інший час теплове навантаження знижується за рахунок зменшення теплопостачання, а в літній період відсутнє зовсім.

Найбільшу кількість теплової енергії будівля споживає взимку, оскільки це найхолодніший період року.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	5128	5136	4998

Продовження таблиці 1.5

Лютий	4995	4896	4562
Березень	4625	4577	856
Квітень	3214	3198	954
Травень	1569	1512	654
Червень	1574	1496	852
Липень	1115	1063	569
Серпень	2365	1984	985
Вересень	3245	3145	2452
Жовтень	3985	3854	3154
Листопад	4652	4597	4256
Грудень	4985	5031	4993
Всього	41452	40489	29285

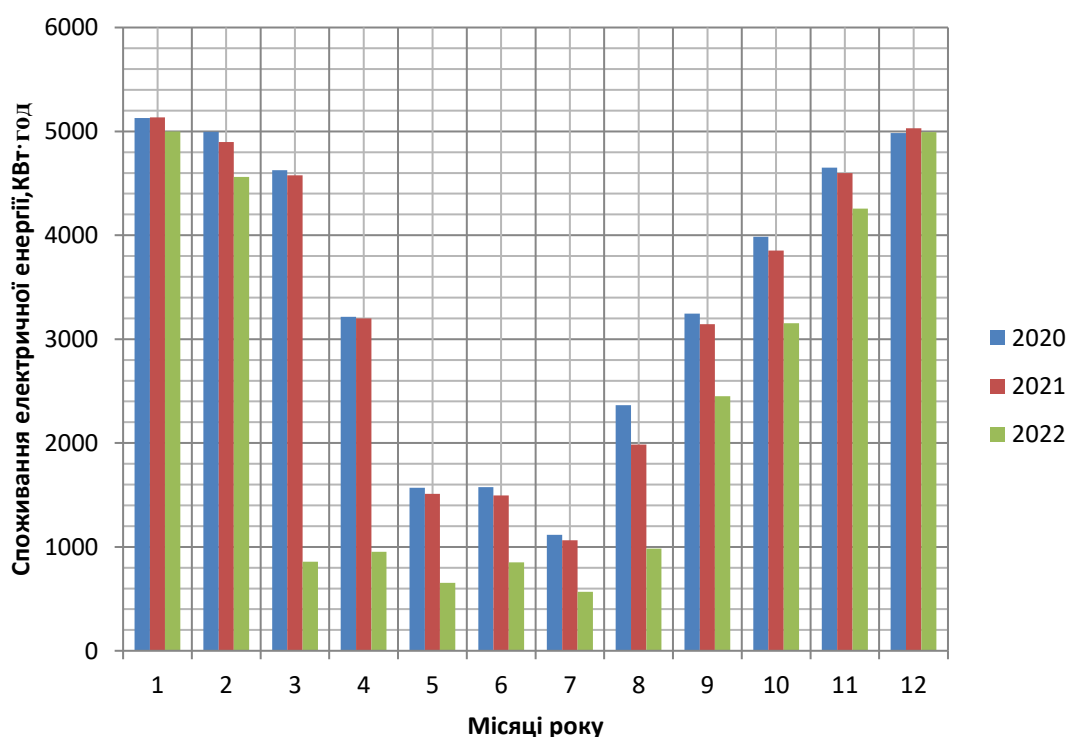


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми видно, що найбільше електричної енергії споживається в зимовий період. В даний час електрична енергія витрачається на освітлення та обігрів учбових кабінетів. У літній період кількість студентів зменшується, у серпні більшість працівників йде у відпустку. В 2022 році споживання найменше, це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	147	145	136
Лютий	139	138	121
Березень	122	121	12
Квітень	111	110	26
Травень	68	67	56
Червень	54	52	54
Липень	51	50	48
Серпень	48	47	42
Вересень	112	110	107
Жовтень	126	113	110
Листопад	136	126	119
Грудень	141	138	121
Всього	1255	1217	952

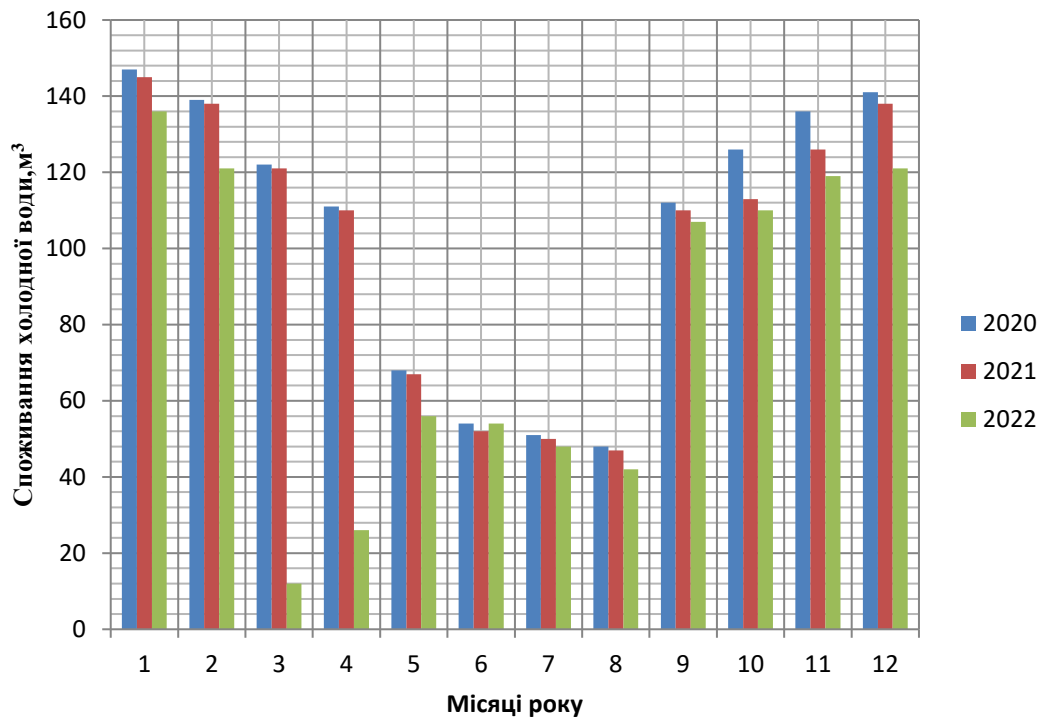


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання холодної води за 2020-2022 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з тим, що у літній період значна кількість працівників йде у відпустку і у будівлі відсутній навчальний процес.

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, 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 [7]:

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

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 [7]:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (1.2)$$

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

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [7].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [7]:

$$EP_{max} = 30 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

- за 2020 рік – $Q_{оп} = 639,3$ Гкал;
- за 2021 рік – $Q_{оп} = 613,8$ Гкал;
- за 2022 рік – $Q_{оп} = 601,2$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за 2020 рік – $EP = 0,032 \text{ Гкал/м}^3$;
- за 2021 рік – $EP = 0,032 \text{ Гкал/м}^3$;
- за 2022 рік – $EP = 0,031 \text{ Гкал/м}^3$.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,032 \text{ Гкал/м}^3$.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою згідно [7]:

$$\left(\frac{EP - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right) \cdot 100\% , \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі згідно [7]:

$$\left(\frac{0,032 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 23\%$$

Згідно з [7] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

Отриманий результат не відповідає нормативній умові (1.2). Тому потрібно впроваджувати заходи з енергозбереження для підвищення рівня енергоефективності будівлі.

1.5.2 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 [8] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає $37 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2$ корисної площі.

$$\text{- 2020 рік: } \frac{41452 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2;$$

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2021 рік: $\frac{40489 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,0 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;

- 2022 рік: $\frac{29285 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 6,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Для будівлі фактичне споживання не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

1.5.3 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 [9]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

- 2020 рік ($\frac{1255000\text{л}}{1145\text{людей}}$)/280днів = 3,9 л/добу;

- 2021 рік ($\frac{1217000\text{л}}{1145\text{людей}}$)/280днів = 3,8 л/добу;

- 2022 рік ($\frac{952000\text{л}}{1145\text{людей}}$)/280днів = 3 л/добу.

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

1.6 Прилади для проведення вимірювань

Для виконання теплотехнічних розрахунків було проведено вимірювання параметрів повітря всередині приміщень досліджуваного об'єкта. Приладом для вимірювання необхідних параметрів є термометр.

Температуру повітря усередині приміщень було виміряно кімнатним термометром (рис 1.9) [10].

					Арк.
					22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

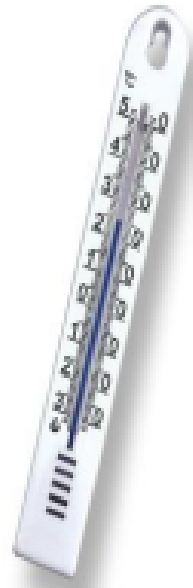


Рисунок 1.9 – Кімнатний термометр [10]

Функція кімнатного термометра – вимірювання температури повітря у приміщеннях. Діапазон вимірювання температур: $-30 +50$ °С. Розмір термометра: 170x27 мм.

Для визначення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-N1 (рис. 1.10) [11]. Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.6.



Рисунок 1.10 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1 [11]

					Арк.
					23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1 [11]

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.

Вимірювальна рулетка служила для визначення геометричних розмірів приміщень. Границя виміру приладу складає 10 м, похибка ±0,5 мм [12].



Рисунок 1.11 – Вимірювальна рулетка [12]

1.7 Результати вимірювань на об'єкті

Вимірювання проводилось 04.03.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -4°C .

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням будівлі складала $T_{\text{в}} - 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [12].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 68^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 45^{\circ}\text{C}$.
- 3) відносна вологість повітря – 54%, що відповідає вимогам норм і правил [13].

1.8 Висновки за розділом

Зовнішні огорожувальні конструкції будівлі знаходяться в задовільному стані, без видимих дефектів.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення та гарячого водопостачання здійснюється централізовано від ТОВ «Сумитеплоенерго». В тепловому пункті будівлі встановлений сучасний ІТП з пластинчастим водопідігрівачем.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР.

В будівлі ведеться облік всіх спожитих енергоресурсів. Наведено опис приладів обліку та їх основні технічні характеристики.

Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками. Згідно нормативних документів дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

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

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [14].

2.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

2.1.1 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 [14].

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, $m^2 \cdot K/Вт$.

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:

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

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

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К) [14];

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:

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

де α_e , α_z – 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.

2.1.2 Розрахунок тепловтрат

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень згідно [14]

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

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

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

ΣQ_{δ} – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

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

ΣQ_v – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

де $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [14];

$t_в, t_{з,р}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C [13];

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкл} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

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

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

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

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

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

$\Sigma Q_{ндл}$ – 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

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

де ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [14].

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

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

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

$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{op}^{\partial} + \sum Q_{\partial}^{\partial} + \sum Q_{ndл}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

де: $\sum Q_{op}^{\partial}$ – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_{\partial}^{\partial}$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ [14];

$t_{в}$, $t_{з.р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м^2 .

$n_{в}$ – 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 [14]:

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

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [14];

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$ [14];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [14];

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м^3 ;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (при нормальних умовах $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$):

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

де $t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

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

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

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

t_e і $t_{z.p}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k_e – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

$$Q_{3,d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,d} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (2.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$;

$t_в$, $t_{3,p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, ^0C ;

$G_{3,d}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год :

$$G_{3,d} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

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 [14];

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{inf} = Q_{вкн}^{inf} + Q_{вр}^{inf} + Q_{3,d}^{inf}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$ [14];

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

t_8 і $t_{3,p}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м³;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [14];

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 $k_v=0,85$) [14].

2.1.3 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;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

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

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

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 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м^2 ($q_c=250 \text{ Вт/м}^2$; $q_T=100 \text{ Вт/м}^2$);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м^2 ;

$k_{о.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{о.п}=0,6$) [14].

Сумарні теплонадходження

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

2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,5	0,81	0,82	3,3
		Декоративна штукатурка	0,05	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,200	2,04	1,53	4,95
		Керамзит	0,15	0,12		
		Рубероїд	0,004	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–	0,6	0,75
4	Двері	Металопластикові	-	-	0,55	0,6
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,42	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [15, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [16].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, $^{\circ}C$	20
Температура в підвальному приміщенні, $^{\circ}C$	8

Продовження таблиці 2.2

Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	6127,4
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	1780
Загальна площа вікон, м ²	960
Загальна площа дверей, м ²	36
Загальна площа перекриття над підвалом, м ²	1780
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	19687,3
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	1235
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, Вт	26400
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	60
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	1050
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	480
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	480
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт	0,82
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,53

Продовження таблиці 2.3

Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,55
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт	0,6
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,42
Втрати теплоти через стіни,Вт	344666,25
Втрати теплоти через стелю,Вт	52352,94118
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна,Вт	72000
Втрати теплоти через підлогу, Вт	53400
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	97251,84
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	220381,4474
Сумарні тепловтрати, Вт	840836,4786
Теплонадходження від людей, Вт	127205
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	6760,02
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	15120
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	100800
Сумарні теплонадходження,Вт	249885,02
Теплова потужність будівлі,Вт	590951,5
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	1261367,4

2.2 Висновки до розділу

1) Виконано розрахунок опорів теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій, основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

2) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 590951,5 Вт (0,509 Гкал/год).

3) Для підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозбережних заходів.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження

Методика розрахунку заходів з енергозбереження та умов їх запровадження наведена в [14].

3.1.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі

При обстеженні було встановлено, що стіни будівлі в задовільному стані. Так як будівля збудована в 1974 коли раціональне використання енергоресурсів не було на порядку денному, теплозахисні властивості стін на даний момент дуже низькі: в середньому, коефіцієнт теплопередачі 0,8 Вт/м²К. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою [17].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ог.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\sum\text{ПРсм}}) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.1)$$

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,04$ Вт/(м · К) – теплопровідність ізолюючого матеріалу [17].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить 3,3 м²·К/Вт [7].

$$\delta_{\text{ут.см}} = (3,3 - 0,8) \cdot 0,04 = 0,1\text{м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

					Арк.
					38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$Q_{cm}^{iz} = \frac{6127,4}{3,3} \cdot (20 + 25) = 83555,5 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{ог.к} = Q_{ог.к} - Q_{ог.к}^{iz} \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{cm} = 344666 - 83555,5 = 261110,5 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [14]:

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

$$Q_{cm}^{рик} = 261,1 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 557263,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 479,2 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 479,2 \cdot 2630,57 = 1260569,1 \text{ грн}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «ДахЦентр» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 140 грн [17]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 600 грн/м² [18]. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

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

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

де $C_{\text{ТОВ}}$ – вартість одиниці продукції, грн.,

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

$$K = 6127,4 \cdot (140 + 400) = 3308796 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{3308796}{1260569,1} = 2,6 \text{ років.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Цей проект спрямований на зменшення споживання будівлею теплової енергії, шляхом теплоізоляції зовнішніх стін.

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

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 3308769$ грн.

Після утеплення стін економія в споживанні теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті становитиме 1260569,1 грн/рік.

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

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

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

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

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.

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	-3308796	-3308796		1		
1	0	1260569,1	-2048226,9	0,909	1145972	-2162824
2	0	1260569,1	-787657,8	0,826	1041793	-1121031
3	0	1260569,1	472911,3	0,751	947084	-173947
4	0	1260569,1	1733480,4	0,683	860986	687038
5	0	1260569,1	2994049,5	0,621	782714	1469753
6	0	1260569,1	4254618,6	0,564	711558	2181311
7	0	1260569,1	5515187,7	0,513	646871	2828182
8	0	1260569,1	6775756,8	0,467	588065	3416247
9	0	1260569,1	8036325,9	0,424	534604	3950851
10	0	1260569,1	9296895	0,386	486004	4436855
11	0	1260569,1	10557464,1	0,350	441822	4878677

Продовження таблиці 3.1

12	0	1260569,1	11818033,2	0,319	401656	5280333
13	0	1260569,1	13078602,3	0,290	365142	5645475
14	0	1260569,1	14339171,4	0,263	331947	5977423
15	0	1260569,1	15599740,5	0,239	301770	6279193
16	0	1260569,1	16860309,6	0,218	274337	6553529
17	0	1260569,1	18120878,7	0,198	249397	6802926
18	0	1260569,1	19381447,8	0,180	226724	7029651
19	0	1260569,1	20642016,9	0,164	206113	7235764
20	0	1260569,1	21902586	0,149	187376	7423139
21	0	1260569,1	23163155,1	0,135	170341	7593481
22	0	1260569,1	24423724,2	0,123	154856	7748337
23	0	1260569,1	25684293,3	0,112	140778	7889115
24	0	1260569,1	26944862,4	0,102	127980	8017095
25	0	1260569,1	28205431,5	0,092	116345	8133440
	IRR	38%			11442236	

$$NPV = 11442236 - 3308796 = 8133440 \text{ грн}$$

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. Чистий дохід проекту становить 11442236 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 8133440 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{11442236}{8133440} = 1,4$$

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

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

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 – 38 %.

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

	Q
1	2
2	– 3308796
3	1260569,1
4	1260569,1
...	...
24	1260569,1
25	1260569,1
Формула	= <i>IRR</i> (Q8 : Q25)
Результат	38 %

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

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 3 + \frac{3308796 - 3134849}{890686} = 3,2 \text{ роки.}$$

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	3308796
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	1260569,1
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1260569,1
3.3	Індекс дохідності	1,4
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	38
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,2

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 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення

Результатом роботи правильно збалансованої системи опалення є перерозподіл теплоносія по всіх ділянках системи так, щоб крізь кожен опалювальний прилад проходила необхідна розрахункова кількість теплоносія.

Для балансування системи опалення рекомендується встановити автоматичні балансувальні клапани (динамічні регулятори) [20].

Для балансування системи необхідно встановити 20 клапанів. Вартість 1 клапана з встановленням складає 4450 грн [21].

Витрати на придбання та встановлення складуть:

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

$$K = 20 \cdot 4450 = 89000 \text{ грн}$$

Енергоспоживання збалансованої системи опалення знижується на величину до 10% [21] завдяки рівномірному розподілу теплового носія по стоякам внутрішньобудинкової системи опалення.

$$C = 771,6 \cdot 0,10 \approx 77,2 \text{ Гкал}$$

При тарифі 2630,57 грн/Гкал економія коштів складе:

$$\Delta E = 77,2 \cdot 2630,57 = 203080 \text{ грн}$$

Простий термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{89000}{203080} = 0,4 \text{ року}$$

3.1.3 Утеплення даху будівлі

Для утеплення даху будівлі пропонується пінополіуретан, теплопровідність якого складає $\lambda=0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [22].

Пінополіуретан - має високий ступінь зчеплення з різними будівельними матеріалами такими як: цегла, метал, деревина, штукатурка і т.п.

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал, стійкий до кислотних і лужних середовищ, не схильний до пошкодження гниттям, цвіллю і гризунами, не впливає на фізіологію людини, що підтверджують сертифікати видані службами у сфері захисту прав споживачів і благополуччя людини [22].

Пінополіуретан - поліуретанова піна - теплоізоляційний матеріал, який дозволяє покривати поверхні будь-якої складності і форми, повторюючи в

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точності конструкцію і отримуючи покриття без єдиного стику з високим ступенем вологостійкості, перешкоджаючи утворенню корозії [22].

Пінополіуретан (ППУ) - матеріал з гарантованим терміном служби від 25 років [22].

Теплопровідність даного типу матеріалу складає $\lambda_{ym} = 0,037 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ [22].

Визначимо товщину ізоляційного шару для утеплення даху за формулою[12]:

$$\delta_{\text{ут.}} = [R_{q \min} - R_{\Sigma \text{ пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}} = [4,95 - 1,53] \cdot 0,037 = 0,12 \text{ м.}$$

де: $R_{q \min} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ – мінімальний термічний опір стін [5];

Величина площі даху, який необхідно утеплювати, складає – 1780 м² .

Втрати теплової енергії через дах після утеплення складуть:

$$Q_o^{ym} = \frac{1780}{4,95} \cdot (20 - (-25)) = 16181,8 \text{ Вт.}$$

Економія втрат теплоти

$$\Delta Q = 52352,9 - 16181,8 = 36171,1 \text{ Вт}$$

За формулою (3.4) знаходимо річну економію теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_o^{pik} = 36,2 \cdot \frac{(20+1,4)}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot = 77261,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 66,4 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складе:

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

$$E = 66,4 \times 2630,57 = 174669,8 \text{ грн.}$$

Ціна за 1 м² товщиною 120 мм при площі покриття більше 1000 м² включаючи роботу складає 250 грн [22]. Орієнтована загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу знайдемо за формулою:

$$K_{\text{зах}} = 1780 \cdot 250 = 445000 \text{ грн.}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{445000}{174669,8} = 2,5 \text{ років.}$$

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	445000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	174669,8
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1140485

Продовження таблиці 3.4

3.3	Індекс дохідності	1,4
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	39
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,1

3.1.4 Встановлення рекуператора теплоти

Вентиляція в будівлі – природня. З метою зменшення втрат тепла через вентиляцію пропонується встановити механічну припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла. Цей захід не тільки зекономить кошти на оплату теплової енергії.

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



Рисунок 3.1 – Рекуператор теплоти [23]

Виробником рекомендується встановити 30 рекуператорів Venst, які будуть встановлені в кожному приміщенні.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора Venst:

$$\Delta Q_{e.g} = \eta \cdot Q_{e.g} = 0,2 \cdot 220381,4 = 44076,3 \text{Вт}.$$

Тепловтрати крізь вентиляцію за опалювальний період знайдемо за формулою 3.4:

$$Q_{ст}^{рік} = 44,1 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 94122,3 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 80,9 \text{Гкал}.$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 80,9 \cdot 2630,57 = 212813,1 \text{грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 7000 грн [23], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 50% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{тов} + C_{роб}) = 30 \cdot (7000 + 0,5 \cdot 7000) = 315000 \text{грн}.$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{315000}{212813,1} = 1,5 \text{року}.$$

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [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	315000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	212813,1
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1616713
3.3	Індекс дохідності	1,7
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	35
3.5	Дисконтований термін окупності, років	2,2

3.2 Висновки за розділом

Проведено фінансовий аналіз запропонованих енергозберігаючих заходів. Виконано розрахунок простих та дисконтованих термінів окупності.

Сума капітальних вкладень значна, тому пропонується їх поступове впровадження. Дані енергозберігаючі заходи дозволять суттєво зменшити споживання теплової енергії.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження будівлі КУ ССШ №1 СМР, що знаходиться за адресою м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 136 та її систем енергозабезпечення.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було проведено візуальне обстеження та виконано опис дійсного стану будівлі та енергетичних систем. Виконано аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті. Здійснено порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними. Виконано опис приладів обліку енергетичних ресурсів та результати інструментального обстеження.

У розділі «КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» наведено положення методики розрахункового аналізу системи енергопостачання та представлення результатів розрахунку основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 590951,5 Вт (0,509 Гкал/год) .

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

1) Утеплення зовнішніх стін будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3308796 грн; економія в грошовому еквіваленті – 1260569,1грн; термін окупності заходу – 2,6 років, дисконтований термін окупності – 3,2 роки);

2) налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 89000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 203080 грн; термін окупності заходу – 0,4 року);

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

3) утеплення даху будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 445000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 174669,8 грн; термін окупності заходу – 2,5 років, дисконтований термін окупності – 3,1 року);

5) встановлення рекуператора теплоти (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 270000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 98048,9 грн; термін окупності заходу – 1,5 років, дисконтований термін окупності – 2,2 роки);

Розділ з «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» наведено в додатку А, було розглянуто питання «Фізичні та фізіологічні параметри шуму»

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи енергоефективності: навчально-методичний посібник для ПТНЗ /Задорожна І.П. – Львів – 2011 / с.78. [електронний ресурс] Режим посилання: <https://pvmpu.poltava.ua/wp-content/uploads/2020/11/%D0%9E%D0%A1%D0%9D%D0%9E%D0%92%D0%98-%D0%95%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%9E%D0%95%D0%A4%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%9D%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%86.pdf>
2. Все, що потрібно знати про енергоефективність [електронний ресурс] Режим посилання: <https://enerhozbuttrans.com.ua/news/energoefektyvnist/shcho-potribno-znaty-proenergoefektyvnist/>
3. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.liv-energo.com.ua/shho-take-%D1%96ndiv%D1%96dualnij-teplovij-punk/>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwvpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>

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

9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання:

10. Термометр кімнатний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://don.kyivcity.gov.ua/files/2014/10/1/Toolkit-description.pdf>.

11. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1.

12. Рулетка вимірювальна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://toolsua.com.ua/product/ruleтка-izmeritelnaya-10m/a12ddae3994411e7/>

13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.

14. 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.

15. ДБН В.2.5-67:2018 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Мінрегіон - Київ, 2013. – 230с.

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

17. Мінеральна вата [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ars.ua/budivelni-materiali/teplo-i-zvukoizoljacija/mineralna-vata/>

18. Роботи по утепленню в м.Суми [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termobloki.org.ua/uk/uteplennja-fasadiv-vartist-uteplennja-fasadu-vibiraiemo-najekonomnishij-sposib/>

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. Балансувальні клапани [електронний ресурс] Режим посилання: https://ukrinstal.promobud.ua/ua/avtomatichnij-balansuval_nij-klapan-asv-pv-15-danfoss-p59218.htm

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

21. Балансувальні клапани [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://eefund.org.ua/modernizaciya-sistemi-opalennya-u-bagatokvartirnikh-budinkakh-ekonomiya-ta-bezpeka>

22. Пінополіуретан [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://www.ppu-protection.com/pinopoliuretan/shho-take-pinopoliuretan/>

23. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим доступу:
<https://vencon.ua/ua/articles/chto-takoe-rekuperator-v-sisteme-ventilyatsii>

24. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс]
Режим посилання: <https://cpo.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>

						Арк.
						55
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 [24].

Звук як фізичне явище - це механічні коливання пружного середовища в діапазоні чутних частот [24]. Звук як фізіологічне явище – це відчуття, сприймається органом слуху при впливі на нього звукових хвиль [24].

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. Вухо 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 якої відношення верхньої частоти до нижньої дорівнює двом називається *октавною* ($f_2/f_1 = 2$), якщо $f_2/f_1 = 1,26 - 1/3$ *октави* [8].

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

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

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

Значення f_{ce} для восьми стандартизованих октавних смуг дорівнюють 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц [24].

					Арк.
					56
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 [25].

При розповсюдженні звукової хвилі в просторі відбувається перенесення енергії, кількість якої визначається інтенсивністю звуку [25].

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:

$$I = P^2/(\rho \cdot c) \quad (\text{A.3})$$

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:

$$W = I \cdot S \quad (\text{A.4})$$

Сприймання людиною звуку залежить не тільки від частоти, а й від інтенсивності звуку та звукового тиску [10]. Найменша інтенсивність I_0 і звуковий тиск P_0 , що сприймається вухом людини зветься порогом чутності. Порогові значення залежать від частоти звуку [10].

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.
					57
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 [10]. 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) [25]:

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

Для больового порогу відчуття на частоті 1000 Гц ця відносна величина буде мати значення [24]:

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

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]:

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

а рівень звукового тиску L_p в дБ [8]:

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

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.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівень інтенсивності звуку L , та рівень звукового тиску L_p належать до фізіологічних характеристик шуму [25]. 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 [25].

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

Таблиця А1 – Рівні інтенсивності звуку для деяких джерел шуму [24]

Джерело шуму	L,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 [25].

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 [24]. 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.

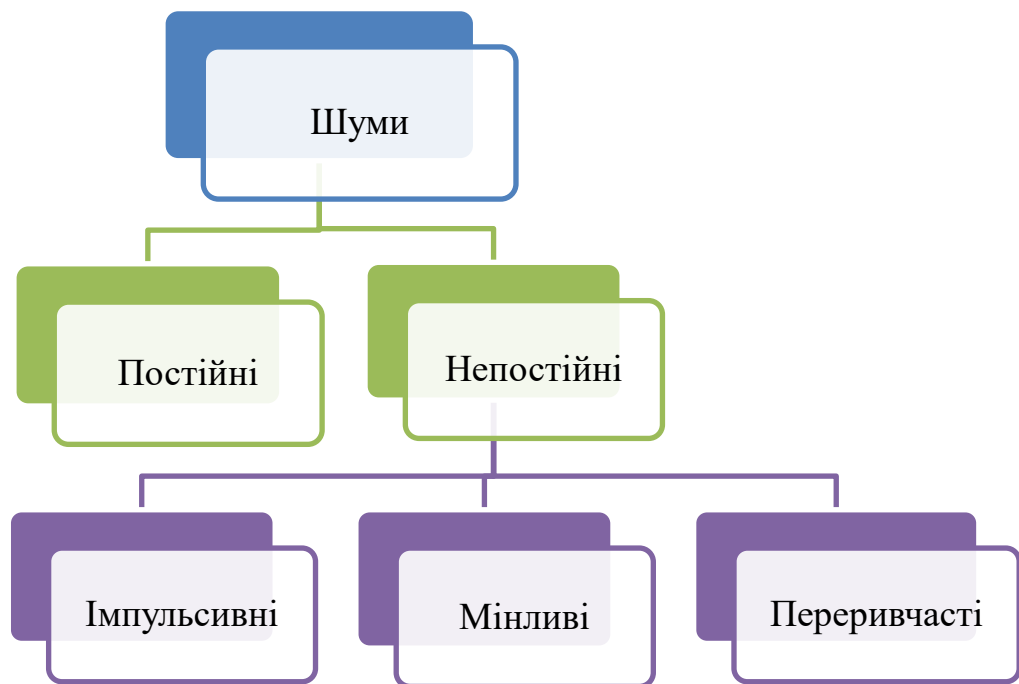


Рисунок А1 – Часові характеристики шуму [24]

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 [25].

Непостійні шуми поділяються на [24]:

- 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 [24].

До засобів індивідуального захисту від шуму належать [25]:

- протишумні навушники, які закривають вушну раковину;

					Арк.
					60
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 глушителей 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.

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