

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів»

Здобувача групи

ЕМ-01-2  
(шифр групи)

Чорного Віталія Володимировича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій ЧОРНИЙ  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

викладач, к.т.н. Сергій ХОВАНСЬКИЙ  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 56 сторінок, 13 рисунків, 12 таблиць, 1 додаток, 24 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 підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської загальноосвітньої школи I-III ступенів та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- провести дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків для 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 Хотинської спеціалізованої школи.

*Об'єкт дослідження:* будівля Хотинської спеціалізованої школи.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИЙ МАТЕРІАЛ; НОРМУВАННЯ.

*Тема роботи:* «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи I-III ступенів».

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.  
08” квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра**

Чорного Віталія Володимировича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи I-III ступенів» затверджена наказом по університету №\_0494-VI від “09” травня 2024 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 28 травня 2024 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 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 14.04.2024	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	до 20.04.2024	
3	Інструментальне обстеження	до 27.04.2024	
4	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання	до 10.05.2024	
5	Розробка можливих енергозбережних заходів	до 20.05.2024	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	до 24.05.2024	
7	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 26.05.2024	
8	Здача роботи на перевірку	До 28.05.2024	
9	Доопрацювання зауважень, перевірка на плагіат, рецензування	до 02.06.2024	
10	Захист роботи (період)	з 03.06.24 до 09.06.24	

Дата видачі завдання “08” квітня 2024 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чорний В.В.  
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Хованський С.О.  
(Прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

### РЕФЕРАТ

### ВСТУП

1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	6
1.1	Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	8
1.2	Опис дійсного стану будівлі.....	9
1.3	Обстеження енергетичних систем будівлі.....	9
1.3.1	Система теплопостачання .....	9
1.3.2	Система водопостачання та водовідведення .....	10
1.3.3	Система вентиляції .....	10
1.3.4	Система електропостачання .....	11
1.3.5	Система обліку енергоресурсів і води .....	11
1.4	Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	13
1.5	Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	13
1.5.1	Аналіз споживання електричної енергії.....	13
1.5.2	Аналіз споживання холодної води.....	14
1.6	Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	16
1.6.1	Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	16
1.6.2	Техніко-економічний аналіз споживання холодної води.....	16
1.7	Прилади для проведення вимірювань.....	17
1.8	Результати вимірювань на об'єкті.....	19
1.9	Висновки за розділом.....	19
2	КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	21
2.1	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	21

					<b>6.144.14 ВР 00 ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів»	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив	Чорний					4	65	
Перевірив	Хованський							
Реценз.								
Н. Контр.	Хованський					<b>СумДУ ЕМ-01-2</b>		
Затверд.								

2.1.1	Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	21
2.1.2	Розрахунок тепловтрат.....	22
2.1.3	Розрахунок теплонадходжень.....	28
2.1.4	Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	29
2.2	Висновки за розділом.....	33
3	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	34
3.1	Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	34
3.1.1	Утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стіни).....	34
3.1.2	Утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стеля).....	37
3.1.3	Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води.....	40
3.1.4	Встановлення сучасних світильників з двома LED лампами .....	41
3.1.5	Встановлення лічильника обліку теплової енергії.....	43
3.2	Висновки до розділу.....	44
	ВИСНОВКИ.....	45
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
	ДОДАТОК А.....	50

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

## ВСТУП

В нинішній час енергоефективністю намагаються займатись усі - громадяни, об'єднання громадян, ОСББ, органи влади. Уряд створює систему Державної підтримки населення та ОСББ за програмами енергозбереження. В рамках цільових Програм енергоефективності та енергозбереження органи влади, як на місцевому, так і на районному й обласному рівнях, щороку витрачають чималі кошти на заходи з енергоефективності в бюджетній сфері [1].

Енергоефективність є ключовим аспектом розвитку сучасного суспільства. Вона дозволяє знизити витрати на енергоресурси, зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити комфорт і якість життя громадян.

Як показує світова практика, будь-яким заходам з енергозбереження, які потребують значних коштів, передує проста і зрозуміла організаційна та мотиваційна робота, яка не потребує великих затрат. Наприклад, впровадження системи муніципального енергоменеджменту, початковою ланкою якого є енергомоніторинг. Однак механізми мотивації працівників бюджетної сфери економити енергоносії у нас сьогодні відсутні [1].

Енергоефективність – невід'ємний компонент енергетичної безпеки держави, а також її сталого інноваційного розвитку. На тлі сьогоднішніх подій на глобальній енергетичній арені, коли росія чинить енергетичний шантаж цивілізованого світу, питання зменшення залежності від імпорту традиційних енергоресурсів стали актуальними як ніколи як для України, так і для ЄС [2].

**Метою дослідження в роботі** є підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі Хотинської загальноосвітньої школи I-III ступенів, аналіз фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енерго-споживаючих 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 Хотинської спеціалізованої школи I-III ступенів.

**Предметом дослідження в роботі** є системи енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи I-III ступенів.

						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 Хотинська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів (рис 1.1).

Будівля розташована за адресою: вул. Шкільна, буд. 10, с. Хотинь Сумського району Сумської області.



Рисунок 1.1 – Головний фасад будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- призначення будівлі навчальний заклад;
- рік побудови 1965 р.;
- кількість поверхів 2 поверхи;
- площа забудови 1430 м<sup>2</sup>;
- опалювальна площа 2450 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм 10563,5 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 11451,7 м<sup>3</sup>.

У закладі працює 29 працівники та навчається 200 дітей .

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від автономної системи опалення.

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

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою відбувається автономно – встановлені електричні водопідігрівачі.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Стіни будинку виконані з цегляної кладки та шару штукатурки. Зовнішніх дефектів стін при візуальному обстеженні виявлено не було.

Будівля має вікна з подвійних склопакетів у металопластикових рамах. Зовнішніх дефектів вікон при візуальному обстеженні виявлено не було.

Підлога будівлі виконана з залізобетонних конструкцій: шару бетону на зольному гравії, та шару сосни уздовж волокон. Дефекти не виявлені

Перекриття будівлі виконане з шару залізобетону та шару руберойду. Дефекти не виявлені.

Зовнішні двері будівлі металопластикові. Теплова або повітряна завіса відсутні.

## 1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

### 1.3.1 Система теплопостачання

Система теплопостачання закладу – автономна. Встановлені два твердопаливні котли типу «Alter-Max 250» ( рис.1.2) [3]. Дані котли встановлені в приміщенні шкільної котельні.

Конструкція котла на твердому паливі дозволяє ефективно застосовувати тепло, що виділяється при переробці низькокалорійного палива.

Робота твердопаливного промислового котла «Alter-Max» можлива виключно при ручній подачі твердого палива.

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



Рисунок 1.2 – Твердопаливний котел типу «Alter-Max 250» [3]

Трубопроводи системи теплопостачання прокладені під землею, попередньо теплоізовані. Діаметри трубопроводів 2Ø89 мм.

Будинок обладнано двотрубною системою опалення з верхнім розподілом теплового носія. Тепловий носій – хімічно очищена вода.

Опалювальні прилади – чугунні та біметалеві радіатори.

### 1.3.2 Система водопостачання та водовідведення

Будівля має централізовану систему водопостачання та водовідведення. Здійснюється ТОВ «Господар» Хотинської селищної ради на підставі Договору № 15-В. Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм. Тиск води на вході в будівлю  $P_{\text{хв}}=0,2$  МПа. Основними споживачами води є працівники, учні та відвідувачі будівлі.

Водовідведення відбувається по металевій трубі Ø80 мм.

### 1.3.3 Системи вентиляції

Дана будівля оснащена природною вентиляцією, що створена за допомогою вбудованих систем стоякових трубопроводів, які працюють в результаті вітрового та теплового тиску.

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

Через вентиляційні канали, які знаходяться в конструкціях будівлі, відбувається видалення вентиляованого повітря в навколишнє середовище. Ізоляція каналів відсутня.

Для кабінету хімії та харчоблоку, згідно проекту будівництва, передбачена місцева витяжна вентиляція та створено природний приплив повітря.

#### 1.3.4 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» згідно договору №436 від 23.07.2021 року. Постачання відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться за територією закладу. Живлення здійснюється кабелем ААБ 3х70.

#### 1.3.5 Система обліку енергоресурсів і води

Облік споживання електроенергії на потреби внутрішнього освітлення та технологічні потреби здійснюється за допомогою лічильника активної енергії типу НІК 2301 АП1В (рис 1.3), який встановлений в електрощитовій в будівлі.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника електричної енергії [4]

Параметр	Характеристика
Номінальна напруга	220 В
Клас точності	1.0
Номінальна сила струму	6А
Діапазон робочих напруг	147 В-251 В
Ступінь захисту	IP54

Облік споживання холодної води здійснюється за допомогою лічильника холодної води типу GROSS MTK -UA32 (рис 1.4), який встановлений на вводі в будівлю в підвальному приміщенні.



Рисунок 1.4 – Лічильник обліку холодної води [4]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника холодної води [4]:

Параметр	Характеристика
Номінальна витрата	1.2 м <sup>3</sup> /час
Максимальна витрата	4.0 м <sup>3</sup> /час
Перехідна витрата	0,12 / 0,15 м <sup>3</sup> /час

Мінімальна витрата

0,03 / 0,06 м<sup>3</sup>/час

#### 1.4 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 15.05.2024 р. тарифи на енергоносії та воду становлять:

деревина – 1280 грн/м<sup>3</sup>;

електрична енергія: 6,2 грн/ кВт·год;

водопостачання та водовідведення – 20,12 грн/м<sup>3</sup>.

#### 1.5 Аналіз споживання енергоносіїв та води

##### 1.5.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії за 2021 – 2023 роки наведено у таблиці 1.3. та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Споживання електричної енергії за 2021–2023 роки

Місяці	Фактичне споживання електроенергії, кВт·год/міс		
	2021	2022	2023
Січень	3760	3652	4214
Лютий	3640	2547	3217
Березень	2296	452	3547
Квітень	2744	563	3105
Травень	2340	1458	2489
Червень	1540	1413	1368
Липень	1448	1163	1871
Серпень	645	987	1521
Вересень	2126	2697	2697
Жовтень	4523	4126	4236

Арк.

13

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.3

Листопад	4862	4147	4128
Грудень	5123	5023	5147
<b>Всього</b>	<b>35047</b>	<b>28228</b>	<b>37540</b>

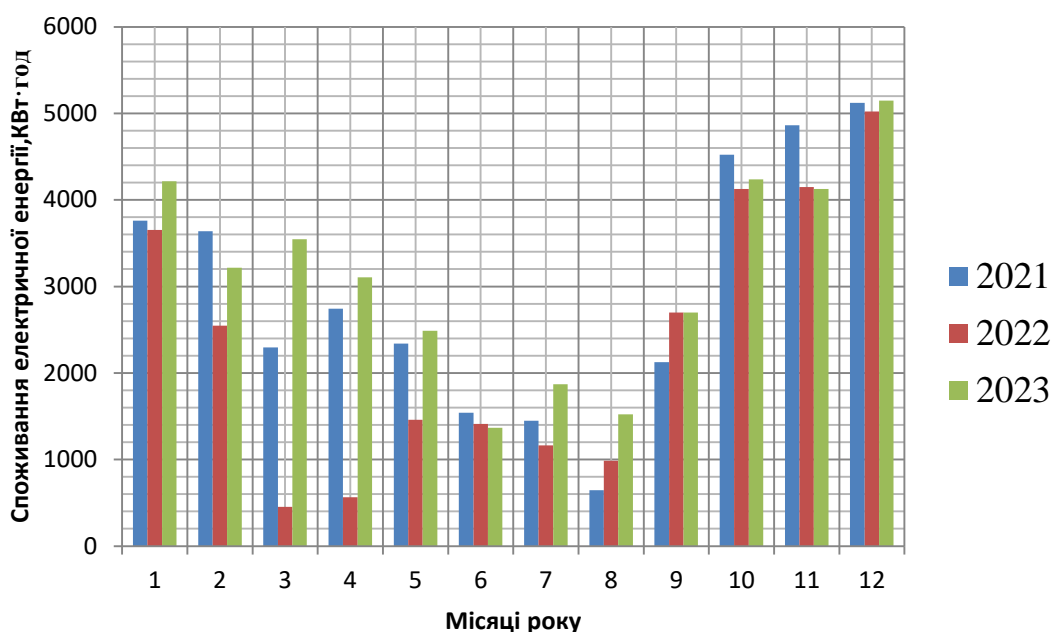


Рисунок 1.5 – Графік споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

Як видно з діаграми, кількість споживання електричної енергії у 2022 році менша ніж в інші роки. Це можна пояснити тим, що в цьому році відбулося повномасштабне вторгнення росії в Україну. Будівля весною не працювала, відвідування було мінімальним.

Також бачимо з графіка, що в літні місяці рівень споживання електричної енергії зменшується. Це пояснюється тим, що в даний час у будівлі відсутній навчальний процес, а значна кількість працівників знаходяться у відпустках.

### 1.5.2 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання холодної води по місяцям за 2019, 2020 і 2021 роки наведені в таблиці 1.5. та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Споживання холодної води, м<sup>3</sup>

Місяць	2021 рік	2022 рік	2023 рік
	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Січень	99	102	105
Лютий	97	95	91
Березень	95	10	86
Квітень	94	9	83
Травень	85	16	81
Червень	79	26	73
Липень	46	42	45
Серпень	44	41	39
Вересень	75	63	53
Жовтень	84	79	75
Листопад	92	86	84
Грудень	101	96	97
<b>Всього</b>	<b>991</b>	<b>665</b>	<b>1071</b>

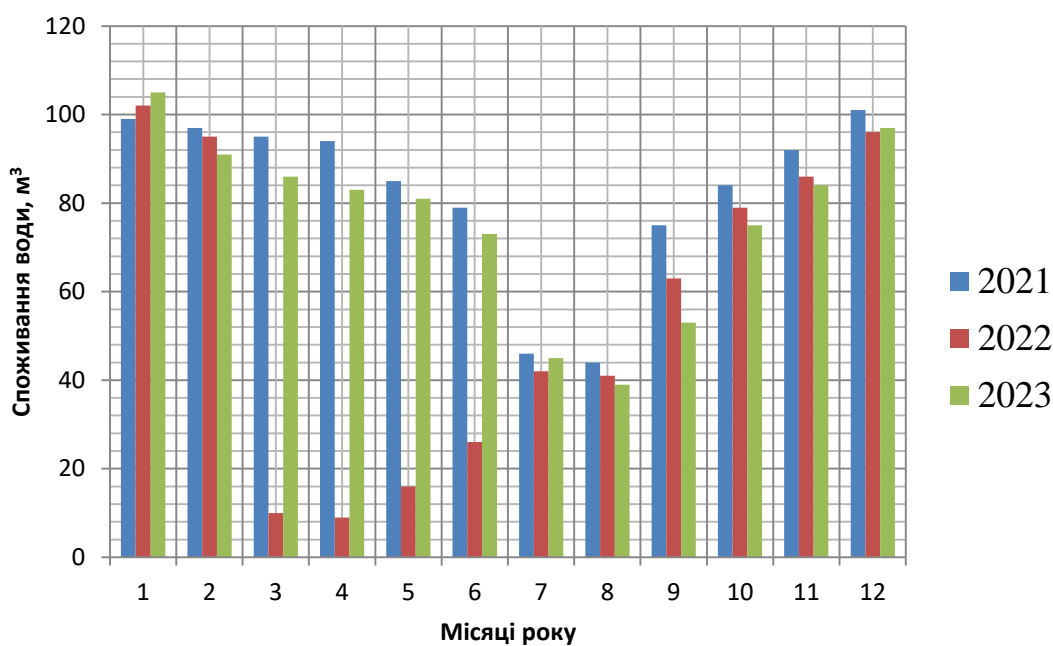


Рисунок 1.6 – Графік споживання води за 2021-2023 роки



Як видно з діаграми, кількість споживання холодної води у 2022 році менша ніж в інші роки. Це можна пояснити тим, що в цьому році відбулося повномасштабне вторгнення росії в Україну. Будівля весною не працювала, відвідування було мінімальним.

Зміну споживання води протягом року можна пояснити тим, що в літні місяці навчання в закладі відсутнє, учні знаходяться вдома, а деяка кількість викладачів знаходиться у відпустці.

## 1.6 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

### 1.6.1 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 [6] норма споживання електричної енергії для бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2021 рік: } \frac{35047 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{200 \text{ учнів}} = 175,2 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{28228 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{200 \text{ учнів}} = 141,1 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{37540 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{200 \text{ учнів}} = 172,7 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

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

### 1.6.2 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

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

величинами [7]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$- 2021 \text{ рік } \left( \frac{991000 \text{ л}}{229 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 15,4 \text{ л/добу};$$

$$- 2022 \text{ рік } \left( \frac{665000 \text{ л}}{229 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 10,3 \text{ л/добу};$$

$$- 2023 \text{ рік } \left( \frac{1071000 \text{ л}}{229 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 16,7 \text{ л/добу}.$$

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

### 1.7 Прилади для проведення вимірювань

На об'єкті енергетичного обстеження було проведено вимірювання параметрів повітря всередині класних кімнат та приміщень школи. Для вимірювання необхідних параметрів був використаний побутовий термометр (рис 1.7) [8].



Рисунок 1.7 – Кімнатний термометр [8]

Діапазон вимірювання температур: -30 +50 °С. Розмір термометра: 120x20 мм.

					Арк.
					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Для знаходження значення вологості в приміщеннях був використаний вимірювач Testo 605-H1 (рис. 1.8) [9]. Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.6.



Рисунок 1.8 – Універсальний вимірювач Testo 605-H1 [9]

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1 [9]

Основні характеристики вимірювача Testo 605-H1	
Діапазон вимірювань	Від 0 до 100
Похибка вимірювань	±0,5
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	130 мм

Прилад володіє точністю і стабільністю показань завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води. Дисплей розташований на поворотній голівці і завжди видний. Передбачена функція автоматичного відключення через 10 хвилин роботи [9].

Лазерний далекомір служив для визначення геометричних розмірів будвлі навчального закладу ( рис. 1.9). Границя виміру приладу складає 50 м [10].



Рисунок 1.9 – Лазерний далекомір [11]

### 1.8 Результати вимірювань на об'єкті

Вимірювання проводилось 10.04.2024 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила:  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням будівлі склала  $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$ , що відповідає санітарним вимогам [12].
- 2) температура теплоносія в системі опалення  $T_1 = 58^{\circ}\text{C}$ ;  $T_2 = 43^{\circ}\text{C}$ .
- 3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил [12].

### 1.9 Висновки за розділом

При візуальному обстеженні було встановлено, що зовнішні огорожувальні конструкції будівлі знаходяться в задовільному стані. Видимі дефекти відсутні.

Теплопостачання в будівлі - автономне. Встановлені два твердопаливні котли в приміщенні котельні. Паливом для котлів слугує дерево або вугілля.

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

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

На об'єкті ведеться облік електричної енергії та холодної води. Наведено опис приладів обліку енергетичних ресурсів та води. Визначені їхні технічні характеристики.

Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками. Потрібно звернути увагу на систему холодного водопостачання об'єкту.

За допомогою приладів (далекоміра, універсального вимірювача та термометра) було виміряно температуру та вологість всередині приміщень та геометричні розміри зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі.

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

## 2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Методика розрахунку теплової потужності будівлі наведена в [13].

### 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 [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,  $m^2 \cdot K/Вт$  [13].

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.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – 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,  $R_{\Sigma np}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.2) розраховується за формулою:

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

де  $\alpha_в$ ,  $\alpha_з$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$\lambda_{ip}$  – 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), м<sup>2</sup> · 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 [13]:

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

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

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

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

$\Sigma Q_{inf}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\Sigma Q_v$  – 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, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma пр}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м<sup>2</sup>·°C/Вт [13];

$t_в, t_{з,р}$  – 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

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

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

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



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

$\Sigma Q_{вкн}$  – 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 не утеплені 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

$$\Sigma Q_{ор}^0 = \Sigma Q_{ст} \cdot \beta_{ор}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де  $\Sigma Q_{ст}$  – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{ор}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [13].

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

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

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

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

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

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\partial\partial l}^{inf} = 0,28 \cdot G_{\partial\partial l} \cdot F_{\partial\partial l} \cdot c \cdot (t_{\partial} - t_{\partial\partial l}) \cdot n_{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

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

$t_{\partial}$ ,  $t_{\partial\partial l}$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

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

$F_{\partial\partial l}$  – площа віконного прорізу,  $\text{м}^2$ .

$n_{\partial}$  – 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:

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

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

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/с<sup>2</sup> [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/м<sup>3</sup>;

$\rho_c$  – середня густина повітряних мас, кг/м<sup>3</sup> (при нормальних умовах  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>):

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

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:

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

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

$c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [12];

$t_g$  і  $t_{z.p}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$k_g$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

$$Q_g = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_{z,p}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$  [13];  
 $t_g$  і  $t_{z,p}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

$V_{II}$  – внутрішній об’єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

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

$n_k$  – кратність повітрообміну приміщення,  $\text{год}^{-1}$  (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].

### 2.1.3 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;

$\eta$  – ККД електроустаткування;

$k_T$  – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

$k_c$  – коефіцієнт попиту на електроенергію;

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

### 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  $1 \text{ м}^2$  скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні,  $\text{Вт/м}^2$  ( $q_c=250 \text{ Вт/м}^2$ ;  $q_T=100 \text{ Вт/м}^2$ );

$F_c$ ,  $F_T$  – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених,  $\text{м}^2$ ;

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

### Сумарні теплонадходження

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

### 2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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

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

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

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

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q\ min}$ , $m^2 \cdot K/W$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$ , $m^2 \cdot K/W$
Стеля	7,0	2,76
Зовнішня стіна	4,0	1,86
Двері	0,7	0,6
Вікна	0,9	0,7
Підлога	5,0	0,86

Отримані результати ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{q\ min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [14, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозбережних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [15].

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
Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$	-25

Загальна площа зовнішніх стін, м <sup>2</sup>	1193
Загальна площа площі перекриття даху, м <sup>2</sup>	1430
Загальна площа вікон, м <sup>2</sup>	425

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



Продовження таблиці 2.2

Загальна площа дверей, м <sup>2</sup>	26
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м <sup>2</sup>	1193
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м <sup>3</sup>	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, , кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	10563,5
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/м <sup>3</sup>	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення, год <sup>-1</sup>	0,8
Кількість людей в приміщенні	230
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, Вт	14000
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	850
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління освітленого сонцем, Вт	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління перебуваючого в тіні, Вт	100
Площа заповнення світлових прорізів, м <sup>2</sup>	212,5
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м <sup>2</sup>	212,5
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 <sup>2</sup> ·К)/Вт	1,86
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	2,76
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,7
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,7
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	0,86

Продовження таблиці 2.3

Втрати теплоти через стіни,Вт	28862,90323
Втрати теплоти через стелю,Вт	23315,21739
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна,Вт	27321,42857
Втрати теплоти через підлогу, Вт	16646,51163
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	43054,2
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	118248,7908
Сумарні тепловтрати,Вт	258233,0517
Теплонадходження від людей, Вт	23690
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	3878,7
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	20400
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	44625
Сумарні теплонадходження,Вт	92593,7
<b>Теплова потужність будівлі,Вт</b>	<b>165639,3517</b>
<b>Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт</b>	<b>353522,2</b>

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [14]:

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

$$EP = \frac{353522,2}{10563,5} = 33,5 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left( \frac{33,5 - 30}{30} \right) \cdot 100\% = 12\%$$

Згідно з [14] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

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

## 2.2 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій не відповідає сучасним нормам.

Теплова потужність будівлі складає 165639,3517 Вт.

Клас енергетичної ефективності будівлі – «D».

З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів.

						Арк.
						34
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)

Зовнішнє утеплення – це процес додавання теплоізоляційного матеріалу до зовнішніх стін, даху, підвалу та інших конструктивних елементів будівлі. Воно забезпечує зменшення втрат тепла через конструкції будівлі, що значно підвищує її енергоефективність.

Зовнішнє утеплення є ефективним способом підвищення енергоефективності будівель. Воно забезпечує зменшення тепловтрат, підвищення комфорту проживання, економію енергії та захист конструкцій від впливу зовнішніх факторів. Завдяки правильному підходу до утеплення можна досягти значних покращень у теплових характеристиках будівлі, що позитивно вплине на якість життя мешканців та економіку експлуатації будинку.

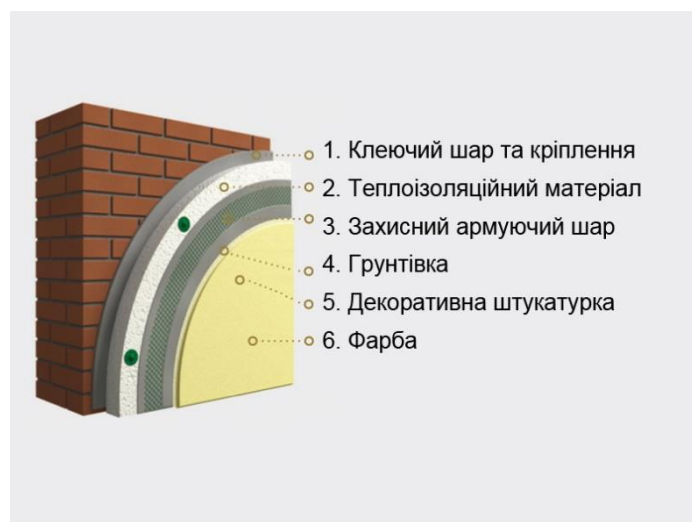


Рисунок 3.1 – Технологія утеплення стін будівлі [16]

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

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

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

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

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

$R_{q\text{min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить  $4,0$  м<sup>2</sup>·К/Вт [13].

$$\delta_{\text{ут.см}} = (4,0 - 1,86) \cdot 0,04 = 0,1\text{м.}$$

Товщина ізоляції згідно розрахунків має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

$$Q_{\text{см}}^{i3} = \frac{1193}{4,0} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 13421,3\text{Вт.}$$

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

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

$$\Delta Q_{\text{см}} = 28862,9 - 13421,3 = 15441,7\text{Вт.}$$

Даний енергозберігаючий захід дасть приблизно 40% [16] економії коштів, які витрачаються на оплату придбання дров для обігріву будівлі . Згідно наданої

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформації в 2023 році були використано 600 м<sup>3</sup> дров, що в грошовому еквіваленті складає 1280·600 = 768000 грн.

Тоді річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 768000 \cdot 0,4 = 307200 \text{ грн / рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Епіцентр» вартість 1 м<sup>2</sup> плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 440 грн [17]. Вартість робіт по встановленню плит складає 350 грн/м<sup>2</sup>. 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.

$$K = 1193 \cdot (350 + 440) = 942470 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

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

$$T_{ок} = \frac{942470}{307200} = 3,1 \text{ років.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [18].

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

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	Вигоди $D$ (дохід), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV, грн</b>
0	-942470	-942470		1		
1	0	307200	-635270	0,909	279273	-663197
2	0	307200	-328070	0,826	253884	-409313
3	0	307200	-20870	0,751	230804	-178509
4	0	307200	286330	0,683	209822	31313
5	0	307200	593530	0,621	190747	222060
6	0	307200	900730	0,564	173406	395466
7	0	307200	1207930	0,513	157642	553108
8	0	307200	1515130	0,467	143311	696419
9	0	307200	1822330	0,424	130283	826702
10	0	307200	2129530	0,386	118439	945141

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 3 + \frac{942470 - 763961}{209822} = 3,9 \text{ років}$$

### 3.1.2 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стеля)

З метою підвищення термічного опору стелі пропонується утеплення виконувати мінеральною ватою.

Теплопровідність матеріалу  $\lambda_{\text{ут}} = 0,047 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  [19].

Площа стелі, що підлягає утепленню становить  $F_{\text{стл}} = 1430 \text{ м}^2$ .

Визначимо товщину ізоляційного шару для утеплення даху за формулою [13]:

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

$$\delta_{\text{ут.}} = [R_{q \text{ min}} - R_{\Sigma \text{ пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}} = [7,0 - 2,76] \cdot 0,047 = 0,2\text{м.}$$

Знаходимо тепловтрати через стелю після впровадження заходу при нормованому опорі теплопередачі:

$$Q_{\text{стл}}^2 = \frac{1430}{7,0} \cdot (20 - (-25)) = 9192,9 \text{ Вт.}$$

Економію витрат теплоти складе:

$$\Delta Q = 23315,2 - 9192,9 = 14122,3 \text{ Вт.}$$

Даний енергозберігаючий захід дасть приблизно 25% [19] економії коштів, які витрачаються на оплату дров для обігріву будівлі . . Згідно наданої інформації в 2023 році були використано 600 м<sup>3</sup> дров, що в грошовому еквіваленті складає 1280·600 = 768000 грн.

Тоді річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 768000 \cdot 0,25 = 192000 \text{ грн / рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Епіцентр» вартість 1 м<sup>2</sup> плити мінераловатної товщиною 200 мм складає 680 грн [17]. Вартість робіт з додатковими елементами для кріплення по встановленню плит складає 350 грн/ м<sup>2</sup>. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

Вартість матеріалу для утеплення:

$$K = 1193 \cdot (680 + 350) = 1228790 \text{ грн.}$$

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



Простий термін окупності:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{1228790}{192000} = 6,4 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [18].

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	Вигоди $D$ (дохід), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV,</b> <b>грн</b>
0	-1228790	-1228790		1		
1	0	192000	-1036790	0,909	174545	-1054245
2	0	192000	-844790	0,826	158678	-895567
3	0	192000	-652790	0,751	144252	-751314
4	0	192000	-460790	0,683	131139	-620176
5	0	192000	-268790	0,621	119217	-500959
6	0	192000	-76790	0,564	108379	-392580
7	0	192000	115210	0,513	98526	-294054
8	0	192000	307210	0,467	89569	-204484
9	0	192000	499210	0,424	81427	-123057
10	0	192000	691210	0,386	74024	-49033
11	0	192000	883210	0,350	67295	18262

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 10 + \frac{1228790 - 1179757}{67295} = 10,7 \text{ років}$$

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

### 3.1.3 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води

Для економії споживання холодної води під час миття рук, або посуду пропонується використання спеціальної насадки-аератора на крани для холодної води.

Крім економії води аератор насичує рідину повітрям, що робить потік більш м'яким і приємним, а також сприяє вивітрюванню з води хлору [20].



Рисунок 3.2 – Насадка-аератор [20]

В будівлі школи встановлено сучасні крани в кількості 25 штук без насадок.

Ціна однієї насадки складає 70 грн [22].

Роботи по встановленню виконає сантехнік школи.

Капітальні затрати на придбання складуть:

$$K = 25 \cdot 70 = 1750 \text{ грн.}$$

Економія споживання води після встановлення насадки складає близько 30% [20]. Тоді економія в споживанні води складе(за 2023 рік було спожито 1071 м<sup>3</sup> холодної води)

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

$$E_{x.6} = 1071 \cdot 0,3 = 321,3 \text{ м}^3$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 321,3 \cdot 20,12 = 6464,6 \text{ грн}$$

Термін окупності складе

$$T_{ок} = \frac{1750}{6464,6} = 0,3 \text{ року.}$$

### 3.1.4 Встановлення сучасних світильників з двома LED лампами

Світильник під LED лампи 120 см – є відмінною заміною старих люмінесцентних світильників ЛПО. Джерело освітлення в даному світильнику - лампи T8 з цоколем G13 [21].



Рисунок 3.3 - Світильник під LED лампи [21]

Кількість світильників які необхідно замінити складає 50 штук. Ціна одного світильника складає 368 грн [21].

Капітальні затрати на встановлення ламп складуть:

$$K = 50 \cdot 368 = 18400 \text{ грн.}$$

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

Для початку обчислимо споживання електроенергії за рік для обох типів світильників, якщо лампи горять 8 годин на добу:

Старі світильники, 50 Вт:

$$C_1 = 0,05 \text{ кВт}\cdot\text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 50 \text{ штук} = 5000 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік};$$

Нові світильники, 36 Вт (з низьким світловим потоком):

$$C_2 = 0,036 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 50 \text{ штук} = 3600 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік}.$$

Економія в споживанні електричної енергії після встановлення світлодіодних ламп складає

$$C = C_1 - C_2 = 5000 - 3600 = 1400 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік}.$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 1400 = 8680 \text{ грн}.$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{18400}{8680} = 2,2 \text{ року}.$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [18].

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.3.

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

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції <i>I</i> (капітальні витрати), грн	Вигоди <i>D</i> (дохід), грн	чистий грошовий потік, <i>P<sub>t</sub></i> , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV,</b> <b>грн</b>
0	-18400	-18400		1		
1	0	8680	-9720	0,909	7891	-10509
2	0	8680	-1040	0,826	7174	-3336
3	0	8680	7640	0,751	6521	3186
4	0	8680	16320	0,683	5929	9114
5	0	8680	25000	0,621	5390	14504
6	0	8680	33680	0,564	4900	19404
7	0	8680	42360	0,513	4454	23858
8	0	8680	51040	0,467	4049	27907
9	0	8680	59720	0,424	3681	31588
10	0	8680	68400	0,386	3347	34935
11	0	8680	77080	0,350	3042	37977

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 2 + \frac{18400 - 15064}{7174} = 2,5 \text{ років}$$

### 3.1.5 Встановлення лічильника обліку теплової енергії

Відсутність лічильника тепла суттєво обмежує можливості ефективного управління енерговитратами, проведення своєчасного ремонту та модернізації котельного обладнання. Натомість, встановлення приладу обліку тепла сприяє прозору, справедливому та раціональному споживанню енергоресурсів.

Важливий аспект використання лічильників тепла це забезпечення додаткових переваг в управлінні тепловою енергією. Наявність лічильника дозволяє не лише контролювати споживання тепла, але й оптимізувати процеси виробництва та розподілу теплової енергії.

Для оцінки роботи котельного обладнання пропонується встановити на виході з котельні ультразвуковий лічильник обліку теплової енергії (рис 3.4).



Рисунок 3.3 – Ультразвуковий лічильник теплової енергії [23]

Капітальні витрати на впровадження даного заходу, включаючи розробку проектно-технічної документації, вартість обладнання, доставку та монтаж складають  $K = 100000$  грн [23].

### 3.2 Висновки за розділом

Запропоновано та виконано техніко-економічний розрахунок енергозберігаючих заходів.

Впровадження енергозберігаючих заходів під час повномасштабного вторгнення допоможе забезпечити стійкість енергетичної системи, знизити витрати на енергію та покращити безпеку. Це потребує комплексного підходу, включаючи модернізацію інфраструктури, оптимізацію використання ресурсів та залучення відновлюваних джерел енергії.

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

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження систем енергозабезпечення будівлі Хотинської спеціалізованої школи I-III ступенів, що знаходиться за адресою вул.Шкільна, 10, с. Хотінь Сумського району, Сумської області.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» виконано візуальне обстеження описано дійсний стан 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 основні положення методики розрахункового аналізу та представлення результатів розрахунку.

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі.

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

1) утеплення зовнішніх стін будівлі ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 942470 грн; економія в грошовому еквіваленті – 307200 грн; термін окупності заходу – 3,1 років, дисконтований термін окупності – 3,9 роки);

2) утеплення горищного перекриття будівлі ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1228790 грн; економія в грошовому еквіваленті – 192000 грн; термін окупності заходу – 6,4 роки, дисконтований термін окупності – 10,7 років);

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

3) встановлення насадки-аератора на крани для холодної води ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1750 грн; економія в грошовому еквіваленті – 6464,6 грн; термін окупності заходу – 0,3 року);

4) Встановлення сучасних світильників з двома LED лампами ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 18400 грн; економія в грошовому еквіваленті – 8680 грн; термін окупності заходу – 2,1 років, дисконтований термін окупності – 2,5 роки);

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Нормування та контроль у галузі охорони праці. Система стандартів безпеки праці».

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підвищення ефективності систем енергозабезпечення комунальних закладів [електронний ресурс] Режим посилання: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/34728/2/AZST\\_2020v2\\_Beljakova\\_I\\_V-Improving\\_the\\_energy\\_92-93.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/34728/2/AZST_2020v2_Beljakova_I_V-Improving_the_energy_92-93.pdf)
2. Енергоефективність в Україні: [електронний ресурс] Режим посилання: <https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency>
3. Твердопаливний котел [електронний ресурс] Режим посилання: <https://boilershop.ua/kotly/altep-max.html>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: [https://santehluks.com.ua/ua/p1197442962-vodomer-holodnoj-vody.html?source=merchant\\_center&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoas8JGSoLxbzqZCr6aBpxCo55YiWXRDLAbcjusUz6kgfQmtkhuAukyRoCJv0QAvD\\_BwE](https://santehluks.com.ua/ua/p1197442962-vodomer-holodnoj-vody.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoas8JGSoLxbzqZCr6aBpxCo55YiWXRDLAbcjusUz6kgfQmtkhuAukyRoCJv0QAvD_BwE)
6. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
7. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання:
8. Термометр кімнатний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://don.kyivcity.gov.ua/files/2014/10/1/Toolkit-description.pdf>.
9. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1.
10. Далекомір «BOSCH» [електронний ресурс] Режим посилання: [https://instrumentarium.com.ua/katalog/izmeritel'naya-tehnika/dalnomeru/bosch-glm-40-0601072900?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoerS2\\_1ER9DpGkvsq8LK9iIOt8nmpFSO4r\\_WEyP3FKESjzK8vhnJqBoCSCQQA\\_vD\\_BwE](https://instrumentarium.com.ua/katalog/izmeritel'naya-tehnika/dalnomeru/bosch-glm-40-0601072900?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoerS2_1ER9DpGkvsq8LK9iIOt8nmpFSO4r_WEyP3FKESjzK8vhnJqBoCSCQQA_vD_BwE)

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

11. Далекомір «BOSCH» [електронний ресурс] Режим посилання: [https://bosch-centre.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoQ6-](https://bosch-centre.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoQ6-_lqq4pf7SiGUg7kUjZGIisSI3wDnG1CAFDgTG7rkQtMRo4trqxoCtQkQAvD_BwE)

[\\_lqq4pf7SiGUg7kUjZGIisSI3wDnG1CAFDgTG7rkQtMRo4trqxoCtQkQAvD\\_BwE](https://bosch-centre.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoQ6-_lqq4pf7SiGUg7kUjZGIisSI3wDnG1CAFDgTG7rkQtMRo4trqxoCtQkQAvD_BwE)

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

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. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.

15. Microsoft\_Excel [електронний ресурс] Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Excel](https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel)

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

17. Епіцентр/мінераловатні плити [електронний ресурс] Режим посилання: <https://epicentrk.ua/ua/shop/bazaltovaya-vata-baugut-fasad-135-100-mm-1-44-kv-m.html>

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

19. Утеплення стелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.ppu.cv.ua/ekonomiia-i-porivniannia.html>

20. Насадка-аератор [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bt.rozetka.com.ua> >

21. Світильник під дві led лампи Т-8 120см Преміум СПС 02-1200 MSK Electric [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mskelectric.ua/torgovo->

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

[ofisne-ta-promislove-osvitlennya/svetilnik-pod-dve-led-lampy-t-8-120sm-premium-sps-02-1200-msk-electric?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoRjQiY1yVHOLT-wZAMt1W03\\_8AoCU1\\_e7lg6-R13i\\_h0byzEO0uXGxoC6d4QAvD\\_BwE](https://www.ofisne-ta-promislove-osvitlennya/svetilnik-pod-dve-led-lampy-t-8-120sm-premium-sps-02-1200-msk-electric?gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoRjQiY1yVHOLT-wZAMt1W03_8AoCU1_e7lg6-R13i_h0byzEO0uXGxoC6d4QAvD_BwE)

22. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://ectc.com.ua/ua/schetchiki-tepla/ultrazvukovyj-lichylnyk-tepla-ta-holodu-sharky-775-flancevyj-korpus>

23. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder2.pdf>

24. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:  
[https://vinodelie.at.ua/охорона/лекції/тема\\_1.2.pdf](https://vinodelie.at.ua/охорона/лекції/тема_1.2.pdf)

.

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

## ДОДАТОК А

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Умови та безпека праці, їх стан та покращення – самостійна і важлива задача соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвинутої держави, яку вирішує така невід’ємна складова БЖД, як охорона праці [22].

Рівень безпеки будь-яких робіт у суспільному виробництві значною мірою залежить від рівня правового забезпечення цих питань, тобто від якості та повноти викладення відповідних вимог в законах та інших нормативно-правових актах. Для вирішення існуючих проблем в сфері охорони праці необхідна ефективна взаємодія всіх органів державної влади та громадськості, а також реалізація як на державному, так і на місцевих рівнях відповідних програм, спрямованих на корінне покращення умов і охорони праці [22].

Охорона праці водночас вирішує два основних завдання.

Одне з них – інженерно-технічне – передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом: - заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними, - переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання, - проектування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці, - розробки засобів індивідуального та колективного захисту.

Друге – соціальне – пов’язане з відшкодуванням матеріальної, моральної чи соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасного випадку або професійного захворювання, тобто це захист працівника та його прав. Виходячи з поставлених перед нею завдань, охорона праці, ґрунтуючись на правових та організаційних основах, вирішує питання виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки.

Структурно охорона праці включає у себе [22]:

- правові та організаційні основи охорони праці;

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

- фізіологію, гігієну праці та виробничу санітарію;
- виробничу безпеку;
- пожежну безпеку та профілактику на виробництві.

Нормування та контроль у галузі охорони праці є критично важливими для забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров'я працівників. Система стандартів безпеки праці регулює ці процеси та встановлює вимоги до організації роботи, умов праці, засобів індивідуального захисту та інших аспектів.

Нормування – це встановлення певних стандартів, правил та норм, які забезпечують безпечні умови праці [23].

Основні види нормування включають:

### **Санітарно-гігієнічні норми.**

Встановлюють гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Визначають допустимі рівні шуму, вібрації, температури, освітлення та інших факторів, що впливають на здоров'я працівників.

### **Технічні норми.**

Визначають вимоги до безпечного проектування, монтажу, експлуатації та утилізації обладнання та виробничих систем.

Включають стандарти на конструкцію машин, механізмів, інструментів та засобів індивідуального захисту.

### **Організаційні норми.**

Регулюють порядок організації роботи, зокрема розпорядок робочого дня, тривалість робочого часу, перерви для відпочинку та харчування.

Встановлюють вимоги до організації робочих місць, евакуаційних шляхів, забезпечення першої медичної допомоги.

### **Правові норми**

Включають закони, підзаконні акти та нормативно-правові акти, що регулюють питання охорони праці.

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

Зобов'язують роботодавців забезпечувати безпечні умови праці та дотримуватися вимог охорони праці.

Контроль — це процес перевірки дотримання встановлених норм і стандартів охорони праці. Основні види контролю включають:

#### **Державний контроль.**

Здійснюється державними органами, зокрема інспекціями праці, санітарно-епідеміологічними службами та іншими органами виконавчої влади.

Передбачає перевірки дотримання законодавства про охорону праці, видачу приписів на усунення порушень, накладення штрафів та інших санкцій.

#### **Внутрішній контроль.**

Проводиться безпосередньо на підприємствах зусиллями служби охорони праці або відповідальних осіб.

Включає регулярні перевірки робочих місць, обладнання, умов праці, а також контроль за виконанням заходів з охорони праці.

#### **Громадський контроль.**

Здійснюється профспілковими організаціями, комісіями з охорони праці та іншими громадськими організаціями.

Передбачає участь працівників у контролі за дотриманням вимог охорони праці, подання пропозицій щодо поліпшення умов праці.

Система стандартів безпеки праці (ССБП) – це сукупність нормативних документів, що встановлюють вимоги до забезпечення безпеки праці. Основні елементи ССБП включають:

#### **Міжнародні стандарти.**

Стандарти, розроблені міжнародними організаціями, такими як ISO (Міжнародна організація зі стандартизації), Міжнародна організація праці (МОП) тощо.

Приклад: ISO 45001 - стандарт з управління охороною праці.

#### **Національні стандарти.**

Стандарти, розроблені національними органами стандартизації.

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

В Україні це ДСТУ (Державні стандарти України).

### **Галузеві стандарти.**

Стандарти, розроблені для конкретних галузей промисловості з урахуванням їх специфіки.

Вони можуть бути затверджені на рівні галузевих міністерств або відомств.

### **Стандарти, розроблені на рівні підприємств або компаній.**

Вони враховують особливості конкретного виробництва та можуть бути більш жорсткими, ніж національні або галузеві стандарти.

Нормування та контроль у галузі охорони праці є важливими елементами забезпечення безпеки на робочих місцях. Система стандартів безпеки праці регулює всі аспекти охорони праці, встановлюючи чіткі вимоги та правила, що сприяють збереженню здоров'я та життя працівників. Регулярний контроль за дотриманням цих норм допомагає запобігати нещасним випадкам та професійним захворюванням, підвищуючи ефективність та безпеку виробництва [23].

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