

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Аналіз енергоефективності функціонування систем
енергозабезпечення виробничої будівлі ТОВ «Технохім» та розробка
заходів з енергозбереження»

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

Виконавець роботи

Євп'ятьєв М.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

Сапожніков С.В.
(прізвище і ініціали)

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

“ ____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2024

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 56 сторінок, 11 рисунків, 10 таблиць, 1 додаток, 23 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 ТОВ «Технохім» 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 ТОВ «Технохім».

Об'єкт дослідження: будівля ТОВ «Технохім» та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ЕНЕРГОНОСІЙ, ЛІЧИЛЬНИК, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИЙ МАТЕРІАЛ, ТЕПЛОВА ЗАВІСА, ТЕПЛОВИЙ НАСОС.

Тема роботи: **«Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення виробничої будівлі ТОВ «Технохім» та розробка заходів з енергозбереження»**

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

Євп'ятьєв Микола Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення виробничої будівлі ТОВ «Технохім» та розробка заходів з енергозбереження».

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)

ЄВП'ятьєв М.С.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сапожніков С.В.
(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 10
1.3.4	Система вентиляції 11
1.3.5	Система обліку енергоресурсів..... 11
1.3.6	Існуючі тарифи на енергоносії та воду..... 13
1.4	Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води..... 13
1.4.1	Аналіз споживання електричної енергії..... 13
1.4.2	Аналіз споживання холодної води..... 15
1.5	Прилади для проведення вимірювань 16
1.6	Результати вимірювань на об'єкті 19
1.7	Висновки за розділом..... 19
2	КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ 21
2.1	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання..... 21
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

					6.144.01 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення виробничої будівлі ТОВ «Технохім» та розробка заходів з енергозбереження»	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив	Свп'ятьєв					4	65	
Перевірив	Сапожніков					СумДУ ЕМ-01		
Реценз.								
Н. Контр.	Сапожніков							
Затверд.								

2.2 Висновки за розділом.....	32
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	33
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	33
3.1.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	33
3.1.2 Встановлення повітряної завіси на вхідних воротах.....	36
3.1.3 Встановлення теплового насосу для системи опалення.....	40
3.1.4 Встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води для побутових потреб	43
3.2 Висновки до розділу.....	45
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТОК А.....	51

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

ВСТУП

У всьому світі, на даний час, питання енергозбереження постає дедалі актуальнішим. Це не лише економічна вигода для споживачів та зменшення навантаження на електричні мережі, а також, що надзвичайно важливо, збереження довкілля для наших нащадків [1].

Енергозбереження передбачає не відмову від благ цивілізації чи обмеження власних потреб, а шлях раціонального використання енергоресурсів, отримання більшого обсягу корисної роботи електроприладів за рахунок тієї ж кількості електроенергії. Розумне користування електроенергією дозволяє зменшити платежі за «світло» у 2-3 рази [1], або ж без додаткових витрат отримувати у 2-3 рази більше користі від власних електроприладів [1].

У 2024 році інтеграція відновлюваної енергії в існуючі електромережі стане ключовим напрямком уваги. Зусилля будуть зосереджені на модернізації мережевої інфраструктури для ефективного управління мінливістю відновлюваних джерел. Це включатиме впровадження передових технологій, таких як інтелектуальні мережі та розподілені енергетичні системи, які можуть покращити розподіл енергії та надійність. Ці ініціативи мають важливе значення для забезпечення стабільної та ефективної енергетичної системи, здатної обробляти збільшену частку відновлюваної енергії, сприяючи таким чином більш плавному переходу до більш сталого енергетичного майбутнього [2].

Метою дослідження в роботі є підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі ТОВ «Технохім», 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, розрахунок економічної доцільності їх впровадження для підвищення рівня енергоефективності.

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

Об'єктом дослідження в роботі є будівля ТОВ «Технохім» та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення будівлі ТОВ «Технохім».

						Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля ТОВ «Технохім», що знаходиться за адресою м. Суми, вул. Миргородська буд. 2 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Головний фасад будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- призначення будівлі – виробничий цех;
- кількість поверхів – 2 поверхи;
- площа забудови – 1910 м²;
- опалювальна площа будівлі – 2760 м²;
- площа зовнішніх огорожуючих конструкцій – 1786,4 м²
- опалювальний об'єм будівлі – 10080 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами – 11620 м³;

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

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно. Встановлений електричний водопідігрівач.

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

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Фундамент корпусу залізобетонний.

Стіни цегляні з декоративною штукатуркою.

Плити перекриттів – залізобетонні. Перегородки – цегляні, оштукатурені цементним розчином.

Підлога складається з цементної стяжки та шару плитки.

Стеля – залізобетон, керамзит та руберойд.

Вікна – пластикові, подвійний склопакет.

Вхідні та запасні двері – металеві.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Система опалення цеху – автономна. Дане приміщення опалюється за допомогою твердопаливного котла типу Wichlacz GK-1 (рис 1.2). Даний котел встановлений в окремому приміщенні.

Паливо – дерев'яні брикети.

В якості теплоносія використовується підготовлена вода. В будівлі встановлені чугунні радіатори, по 10 секцій кожний.

Система опалення з верхнім розподілом теплового носія. Трубопроводи системи опалення металеві Ø 50 мм. В місцях де не передбачено опалення трубопроводи вкриті теплоізоляційним матеріалом.

Рух теплоносія по трубах та опалювальним приладам відбувається завдяки використанню циркуляційного насосу.

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



Рисунок 1.2 – Твердопаливний котел типу EK3G [3]

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 569.

Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-614.

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 № 896.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони вул. Миргородська. Тиск води на вході в будівлю на момент обстеження склав $P_{xв}=0,3$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі цеху.

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

1.3.4 Система вентиляції

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

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

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

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридіан СО Е-1.02/2 електронний (рис. 1.3), термін повірки - 15 травня 2019р. Лічильник знаходяться в електрощитовій.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЕ-1.02/2Т [4]

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 типу NOVATOR (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Лічильник обліку холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника [5]

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

Продовження таблиці 1.2

Номінальна витрата	1,5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,03 м ³ /год
Тип встановлення	горизонтальний/вертикальний

Термін повірки – 24 квітня 2021 року.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 03.05.2024 року тарифи на дерев'яні брикети, електричну енергію та воду складають з ПДВ:

дерев'яні брикети – 5100 грн/т;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;

електрична енергія – 6,2 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води

1.4.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2021, 2022 і 2023 роки наведено в таблиці 1.3, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Обсяги споживання електричної енергії за 2021 – 2023 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	15850	15550	14650

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.3

Лютий	12850	12698	11547
Березень	11950	4569	10569
Квітень	10550	3564	9786
Травень	9569	7589	9420
Червень	9574	8563	10560
Липень	8115	9560	11365
Серпень	9365	10870	1089
Вересень	12245	11982	11204
Жовтень	14985	14632	14203
Листопад	15652	15697	14893
Грудень	16985	15976	15630
Всього	147690	131250	134916

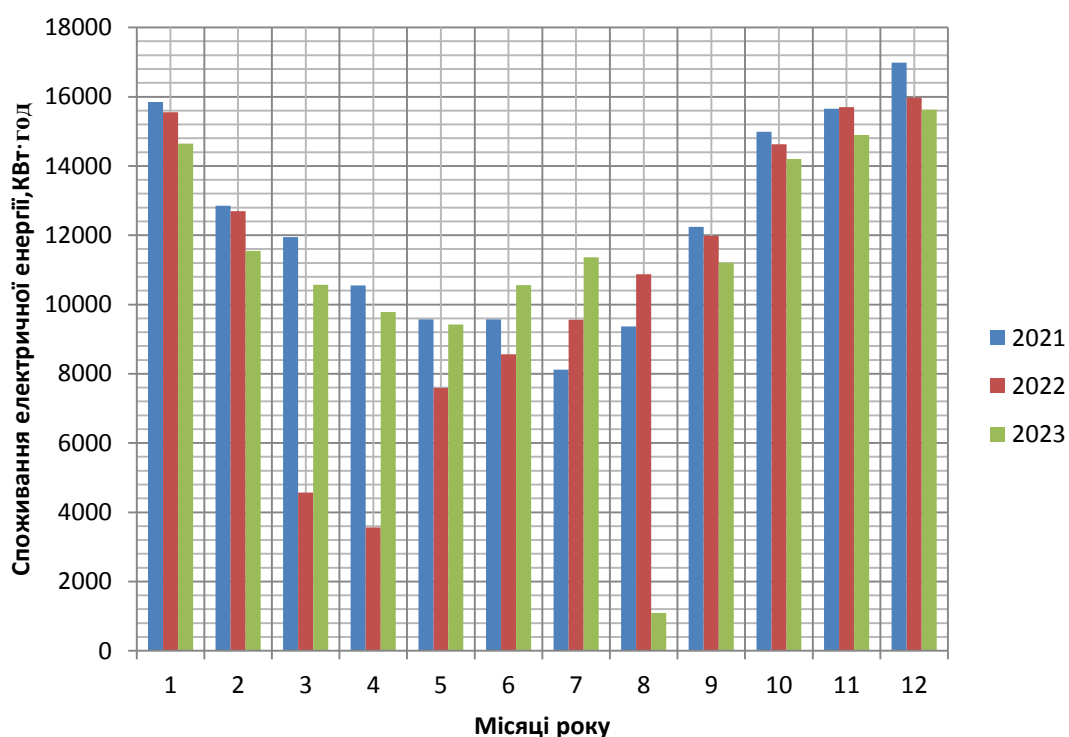


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

Згідно графіка ми бачимо, що споживання електроенергії за роками майже не змінюється, оскільки основне енергоспоживаюче обладнання працює в сталому режимі.

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

В 2022 році споживання найменше, це пов'язано з повномасштабним вторгненням росії в Україну.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2021, 2022 і 2023 роки наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання холодної води за 2021 – 2023 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	105	110	119
Лютий	101	95	105
Березень	100	35	75
Квітень	99	45	70
Травень	92	50	60
Червень	89	72	66
Липень	86	89	75
Серпень	96	90	85
Вересень	105	95	86
Жовтень	106	96	90

Продовження таблиці 1.4

Листопад	110	96	95
Грудень	115	98	115
Всього	1204	971	1041

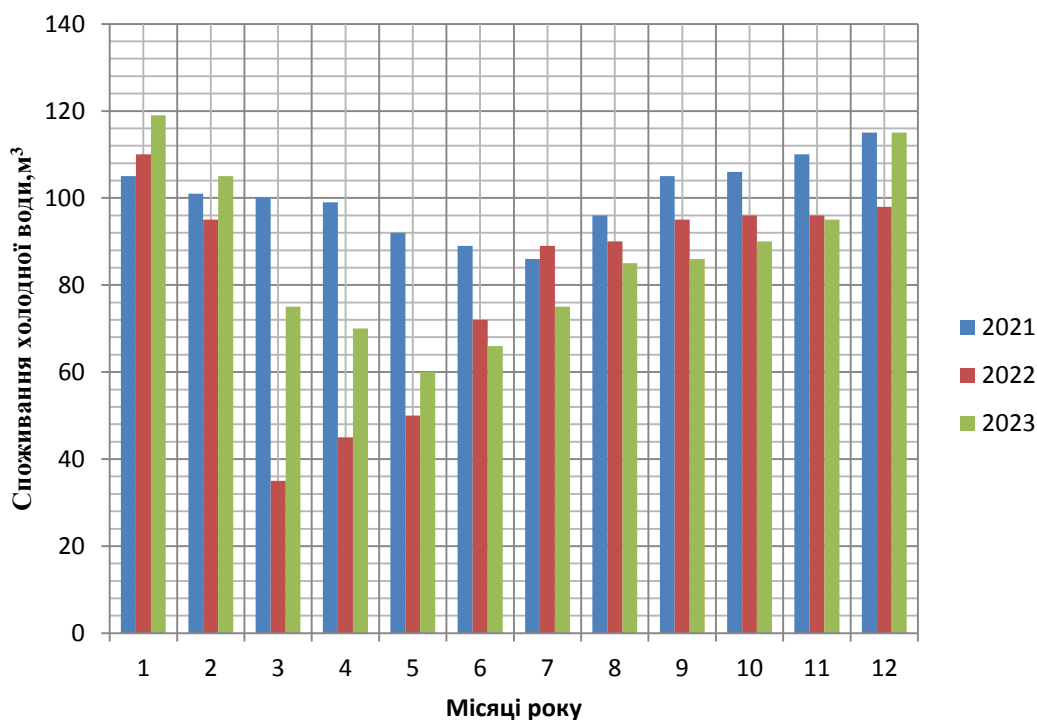


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання холодної води за 2021-2023 роки

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

З початком настання осені рівень споживання води збільшується.

В зимові місяці рівень споживання найбільший. Це пов'язано з тим, що в даний момент підприємство працює в дві зміни.

1.5 Прилади для проведення вимірювань

Для виконання теплотехнічних розрахунків в рамках цього дослідження були проведені вимірювання параметрів повітря всередині приміщень

досліджуваного об'єкта. Зокрема, було виміряно температуру повітря за допомогою побутового термометра.

Побутовий термометр є простим у використанні пристроєм, що дозволяє отримати достатньо точні показники температури для загальних теплотехнічних розрахунків. Проте, при використанні побутового термометра варто враховувати його потенційні похибки та обмеження (рис 1.7) [6].

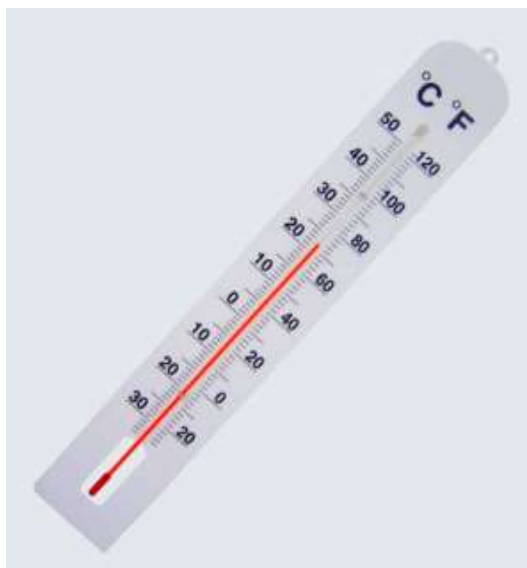


Рисунок 1.7 – Термометр рідинний побутовий [6]

Технічні характеристики згідно [6]:

Матеріал: сталь; не містить ртуті

Діапазон температури, °C: від -20 до +50

Ціна поділки шкали, °C: 1

Для знаходження значення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-N1 (рис.1.8) [10].

Технічні характеристики представлені в таблиці 1.4.

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



Рисунок 1.8 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1 [10]

Таблиця 1.4–Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1 [10]

Основні характеристики вимірювача Testo 605-N1	
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 не боїться води, захищений поворотною кришкою і забезпечує точність і стабільність вимірюваних значень завдяки унікальному датчику вологості, який відкривається тільки в процесі вимірювання. Дисплей знаходиться на поворотній голівці і завжди видно. Функція автоматичного відключення передбачена після 10 хвилин роботи [7].

Лазерний далекомір служив для визначення геометричних розмірів приміщень (рис. 1.9). Границя виміру приладу складає 50 м [8].



Рисунок 1.9 – Лазерний далекомір [8]

1.6 Результати вимірювань на об'єкті

Вимірювання проводилось 09.04.2024 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -3°C .

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням будівлі склала $T_{\text{в}} = 21^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [9].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 59^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 44^{\circ}\text{C}$.
- 3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил [9].

1.7 Висновки за розділом

Візуальний огляд показав, що конструкції, що оточують будівлю зовні, не мають видимих дефектів.

Теплопостачання в будівлі автономне. Встановлений твердопаливний котел.

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

Системи водопостачання та каналізації - централізовані.

На об'єкті ведеться облік електричної енергії та холодної води. Наведено опис приладу обліку електричної енергії та води. Визначено їх технічні характеристики.

За допомогою приладів (далекомір, універсальний вимірювач, термометр) були виміряні температура і вологість приміщень, а також геометричні розміри будівлі.

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

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Методика розрахунку теплової потужності будівлі наведена в [10].

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 [10].

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.
						21
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) [13];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

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

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

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

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

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

2.1.2 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]

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

						Арк.
						22
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)

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

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

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [10];

$t_в, t_{з,р}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C [10];

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

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

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

					Арк.
					23
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 [13].

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.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

t_{∂} , $t_{\partial.p}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

$F_{\partial\partial l}$ – площа віконного прорізу, м².

n_{∂} – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

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

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

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [10];

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с² [10];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с; II-а кліматична зона – 2,1 м/с) [10];

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

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

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

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

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

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

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

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [10];

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

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

					Арк.
					26
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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}$;

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

$G_{3,d}$ – 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 [10];

m_n – маса 1 м^3 повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3 \text{ кг}$)[11].

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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}$ [10];

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

$t_{в}$ і $t_{з,р}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [10];

$n_{к}$ – 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 $k_{V}=0,85$) [10].

2.1.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_{л} = q_{л} \cdot n_{л}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де $q_{л}$ – явні теплонадходження від людей, Вт;

$n_{л}$ – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot (1 - k_{П} \cdot \eta + k_{Т} \cdot k_{П} \cdot \eta) \cdot k_{с}, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

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

$k_{П}$ – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

$k_{Т}$ – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

$k_{с}$ – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

					Арк.
					28
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

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

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м^2 ($q_c=250 \text{ Вт/м}^2$; $q_T=100 \text{ Вт/м}^2$) [10];

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

$k_{ол}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{ол}=0,6$) [10].

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.
						29
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 $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,55	0,81	0,95	4,0
		Декоративна штукатурка	0,054	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,250	2,04	1,64	7,0
		Керамзит	0,18	0,12		
		Рубероїд	0,003	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–	0,7	0,9
4	Двері	Металопластикові	-	-	0,6	0,7
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,51	5,0
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		
		Лінолеум	0,005	0,35		

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [11]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

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, $^{\circ}C$		18
Температура в підвальному приміщенні, $^{\circ}C$		9

Продовження таблиці 2.2

Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	1786,4
Загальна площа перекриття даху, м ²	1910
Загальна площа вікон, м ²	610
Загальна площа дверей, м ²	34
Загальна площа перекриття над тех. підпіллям, м ²	1910
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	10080
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	85
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, Вт	45000
Коефіцієнт завантаження	0,8
ККД електроустаткування	0,7
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення, Вт	150
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	260
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	305
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	305
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	0,95
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,64

Продовження таблиці 2.3

Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,6
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт	0,7
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,52
Втрати теплоти через стіни,Вт	84618,94737
Втрати теплоти через стелю,Вт	52408,53659
Втрати теплоти через двері,Вт	2550
Втрати теплоти через вікна,Вт	39214,28571
Втрати теплоти через підлогу, Вт	36730,76923
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	61795,44
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	112836,4474
Сумарні тепловтрати, Вт	390154,4263
Теплонадходження від людей, Вт	8755
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	12744
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	9360
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	64050
Сумарні теплонадходження,Вт	94909
Теплова потужність будівлі,Вт	295245,4263
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	630043,392

2.2 Висновки до розділу

Значення опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій не відповідають сучасним вимогам з енергоефективності.

Виконано розрахунок тепловтрат та теплонадходжень до будівлі. Розраховано значення теплової потужності будівлі, яка склала 295245,4263 Вт.

Виконано розрахунок річних витрат теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ.

З метою підвищення рівня енергоефективності виробничої будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів.

						Арк.
						32
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 стін будівлі

Для утеплення зовнішніх стін будівлі пропоную використати мінераловатні плити. Мінеральна вата є популярним теплоізоляційним матеріалом, який часто використовується для утеплення зовнішніх стін адміністративних будівель. Вона має ряд переваг, що роблять її привабливим вибором для даного застосування [13]:

1) Високі теплоізоляційні властивості. Мінеральна вата ефективно знижує тепловтрати, що дозволяє зберігати стабільну температуру всередині будівлі і зменшувати витрати на опалення і кондиціонування.

2) Вогнестійкість. Мінеральна вата є негорючим матеріалом, що забезпечує додатковий рівень безпеки в разі пожежі. Вона витримує високі температури і не сприяє поширенню вогню.

3) Звукоізоляційні властивості. Цей матеріал добре поглинає звуки, що важливо для адміністративних будівель, розташованих в шумних міських районах або поблизу доріг.

4) Довговічність. Мінеральна вата має високу стійкість до впливу вологи, грибків, мікроорганізмів і різних шкідників, що забезпечує її тривалий термін служби без втрати теплоізоляційних властивостей.

5) Екологічність. Вона виготовляється з природних матеріалів, таких як базальт чи скло, що робить її безпечною для здоров'я людини і навколишнього середовища.

6) Паропроникність. Мінеральна вата дозволяє пару проникати через стіни, що сприяє зменшенню ризику утворення конденсату і цвілі всередині будівлі.

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

7. Простота монтажу. Вата легко ріжеться і монтується, що знижує витрати на установку і дозволяє виконувати роботи в короткі терміни.

Враховуючи ці переваги, мінеральна вата є ефективним і надійним вибором для теплоізоляції зовнішніх стін адміністративних будівель, забезпечуючи комфортний мікроклімат та економію енергії.

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою [10]:

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

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [13].

$R_{q\text{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [11].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (4.0 - 0,95) \cdot 0,04 = 0,12 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 120 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

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

$$Q_{\text{ст}}^{\text{із}} = \frac{1786,4}{4,0} \cdot (20 + 25) = 20097 \text{ Вт.}$$

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

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

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

$$\Delta Q_{cm} = 84618,9 - 20097 = 64521,9 \text{Вт.}$$

Запропонований захід дасть близько 40% економії коштів, які витрачаються на придбання брикетів для опалення приміщення. За 2023-2024 опалювальний сезон було використано близько 150 тон брикетів, що в грошовому еквіваленті складає 765000 грн.

Знайдемо економію коштів від впровадження даного заходу:

$$\Delta E = 765000 \cdot 0,4 = 306000 \text{грн.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «ДахЦентр» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 120 мм складає 170 грн [14]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 650 грн/м² [15]. 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.

$$K = 1786,4 \cdot (170 + 650) = 1464848 \text{грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

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

$$T_{ок} = \frac{1464848}{306000} = 4,8 \text{років.}$$

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

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [16].

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції <i>I</i> (капітальні витрати), грн	Вигоди <i>D</i> (дохід), грн	чистий грошовий потік, <i>Pt</i> , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-1464848	-1464848		1		
1	0	306000	-1158848	0,909	278182	-1186666
2	0	306000	-852848	0,826	252893	-933774
3	0	306000	-546848	0,751	229902	-703871
4	0	306000	-240848	0,683	209002	-494869
5	0	306000	65152	0,621	190002	-304867
6	0	306000	371152	0,564	172729	-132138
7	0	306000	677152	0,513	157026	24888
8	0	306000	983152	0,467	142751	167639
9	0	306000	1289152	0,424	129774	297413
10	0	306000	1595152	0,386	117976	415390
11	0	306000	1901152	0,350	107251	522641

Дисконтований термін окупності згідно [16]:

$$PP = 6 + \frac{1464848 - 1332710}{157026} = 6,8 \text{ років}$$

3.1.2 Встановлення повітряної завіси на входних воротах

Встановлення повітряної завіси горизонтального типу SILVER W від польської компанії Juwent може бути ефективним рішенням для підприємства, де

за технологією потребується часте відкривання дверей. Ось кілька ключових переваг та технічних характеристик, які можуть бути корисними:

Переваги повітряної завіси SILVER W [17]:

- **Енергозбереження.** Повітряна завіса створює бар'єр між внутрішнім і зовнішнім середовищем, що дозволяє зменшити втрати тепла взимку та охолодження влітку.

- **Комфорт.** Забезпечує комфортні умови для працівників та клієнтів, зменшуючи потоки холодного або гарячого повітря при відкритих дверях.

- **Захист від пилу та комах.** Повітряна завіса також допомагає запобігати проникненню пилу, комах та інших забруднень у приміщення.

- **Покращення гігієни.** Важливо для підприємств харчової промисловості, медичних закладів та інших, де гігієнічні норми є критичними.



Рисунок 3.1 - Повітряні теплові завіси SILVER W [17]

Ціна з урахуванням доставки, встановлення і налаштування складає $K_{\text{тов}} = 70000$ грн.

Розрахунок економії від встановлення повітряної завіси.

Середня густина повітряних мас, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_v - t_{\text{ср.оп}})]} = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (18 - (-1,4))]} = 1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$$

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

Середня густина повітряних мас: $\Delta\rho = 1,3 - \rho_c = 1,3 - 1,25 = 0,05 \text{ кг/м}^3$

Масова витрата повітря, що уривається через відкриті ворота без повітряної завіси:

$$G_{\text{вр}} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (3.2)$$

$$G_{\text{вр}} = 3 \cdot 3,5 \cdot [0,33 \cdot 0,8 \cdot (9,81 \cdot 4,2 \cdot 0,05 / 1,25) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot 1,4] \cdot 1,25 = 6,5 \text{ кг/с}$$

Теплова потужність, необхідна для нагрівання повітря, що вривається у ворота без повітряної завіси, кВт

$$Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} = G_{\text{вр}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot k_{\text{в}} = 6,5 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-25)) \cdot 0,16 = 44,9 \text{ кВт}$$

Масова витрата повітря, що вривається у приміщення при діючій завісі, кг/с:

$$G_{\text{вр}}^3 = k_q^3 \cdot G_{\text{вр}} = 0,4 \cdot 6,5 = 2,6 \text{ кг/с}$$

Масова витрата повітря, що створюється завісою, кг/с:

$$G_3 = q \cdot G_{\text{вр}} = 0,35 \cdot 6,5 = 2,28 \text{ кг/с}$$

Середня температура повітря, що проникає у приміщення при встановленій повітряній завісі

$$t_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{вр}}^3 \cdot t_{\text{ср.оп}} + G_3 \cdot t_{\text{звс}}}{G_{\text{вр}}^3 + G_3} = \frac{2,6 \cdot (-1,4) + 2,28 \cdot 18}{2,6 + 2,28} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

Теплова потужність, що необхідна для нагрівання повітря, яке вривається у ворота з працюючою повітряною завісою, кВт:

$$Q_{\text{вр}}^3 = G_{\text{вр}}^3 \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср}}) \cdot k_{\text{в}} = 2,6 \cdot 1,005 \cdot (18 - 14) \cdot 0,16 = 1,6 \text{ кВт}$$

Економія витрат теплоти на нагрівання повітря, що вривається усередину приміщення під час застосування повітряної завіси, становитиме, кВт:

$$\Delta Q_{\text{вр}}^3 = Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} - Q_{\text{вр}}^3 = 44,9 - 1,6 = 43,3 \text{ кВт}$$

Економія теплової енергії за опалювальний період складе:

$$Q_{\text{е.е}}^{\text{рік}} = 43,3 \cdot \frac{(18 - (-1,4))}{(18 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 87674,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Запропонований захід дасть близько 10% економії коштів, які витрачаються на придбання брикетів для опалення приміщення. За 2023-2024 опалювальний сезон було використано близько 150 тон брикетів, що в грошовому еквіваленті складає 765000 грн.

Знайдемо економію коштів від впровадження даного заходу:

$$E = 765000 \cdot 0,4 = 76500 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{70000}{76500} = 0,9 \text{ року}.$$

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

3.1.3 Встановлення теплового насосу для системи опалення

Для опалення виробничої будівлі вибираємо тепловий насос NIBE 1345 потужністю 80 кВт [17] (рис 2.1). Це сучасний тепловий насос який призначений для опалення житлових та нежитлових будівель, приміщень, цехів. Має сучасний дизайн, та простоту при монтажу та в процесі керування[17].

Основні характеристики теплового насосу наступні [17]:

- потужність – 68 кВт [17];
 - температура подачі теплоносія – до 65°C [17];
 - температура зворотнього теплоносія – 45°C [17];
 - циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
 - основні розміри: висота – 1700 мм; ширина – 600 мм; глибина – 600 мм; вага – 170 кг [17].
- дисплей – цвітний.
 - оновлення програми – через USB.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд теплового насосу типу [17]

Тепловий насос працює в поєднанні з системою управління погодними умовами або обігрівом приміщення. Система управління погодними умовами дозволяє системі опалення швидко реагувати на зміни погодних умов.

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

Існує також можливість регулювання опалення по днях тижня, і за часом. Наприклад: зменшення температури вночі, або у вихідний день (зменшення температури в будівлі на 1⁰С зменшує витрати опалення на 12%) .

Вартість теплового насосу та робота з установа та налагодження складає приблизно $K = 1500000$ грн [17].

Даний проект спрямований на відмову від використання котла на пілотах та встановлення сучасного обладнання для теплозабезпечення будівлі.

За 2023-2024 опалювальний сезон було використано близько 150 тон брикетів, що в грошовому еквіваленті складає 765000 грн.

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу $\Delta Q = 80000$ кВт.
- циркуляційні насоси споживають $W_{ц.н.} = 740$ кВт·год за рік.
- COP теплового насосу – 4,5.

Визначимо споживання електричної енергії тепловим насосом за формулою:

$$COP = \frac{\Delta Q}{W_{т.н.}}, \quad (2.1)$$

де ΔQ – теплова енергія яку виробив насос;

$W_{т.н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом.

Тоді:

$$W_{т.н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{80000}{4,5} = 17777,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарне споживання електричної енергії:

$$W = W_{т.н.} + W_{ц.н.}, \quad (2.2)$$

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

де $W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом;

$W_{ц.н.}$ – споживання електричної енергії циркуляційними насосами.

$$W = 17777,7 + 740 = 18517,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{\text{елект}} = 18517,8 \cdot 6,2 = 114810,2 \text{ грн.}$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 765000 - 114810,2 = 650189,8 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1500000}{650189,7} = 2,3 \text{ років.}$$

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [16].

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.	NPV, грн
0	-1500000	-1500000		1		
1	0	650189,7	-849810,3	0,909	591082	-908918
2	0	650189,7	-199620,6	0,826	537347	-371572

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

4	0	650189,7	1100758,8	0,683	444088	561014
5	0	650189,7	1750948,5	0,621	403717	964731
6	0	650189,7	2401138,2	0,564	367015	1331746
7	0	650189,7	3051327,9	0,513	333650	1665396
8	0	650189,7	3701517,6	0,467	303318	1968714
9	0	650189,7	4351707,3	0,424	275744	2244458
10	0	650189,7	5001897	0,386	250676	2495134
11	0	650189,7	5652086,7	0,350	227888	2723022
4	0	650189,7	1100758,8	0,683	444088	561014

Дисконтований термін окупності згідно [16]:

$$PP = 2 + \frac{1500000 - 1128428}{444088} \approx 2,9 \text{ років}$$

3.1.4 Встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води для побутових потреб

Методика розрахунку наведена в [19]

Сонячна система може значно зменшити залежність від традиційних джерел енергії та допомагає зменшити викиди парникових газів.

Пропонується встановити сонячний комплект «SANLARIX» [19].

Середнє споживання гарячої води для побутових потреб складає в середньому 1 м³/добу.

Температура вихідної води для нагрівання – +10⁰С.

Температура гарячої води – 50⁰С.

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

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб у гарячій воді для будівлі:

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

$$Q = 1000 \cdot (50 - 10) \cdot 4,19 = 41900 \text{кДж} = 92,8 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 33872 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 33872 \cdot 6,2 = 210006,4 \text{грн} / \text{рік}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають $K = 750000$ грн [19].

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{750000}{210006,4} = 3,6 \text{років}.$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [16].

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – 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.	NPV, грн
0	-750000	-750000		1		
1	0	210006,4	-539993,6	0,909	190915	-559085
2	0	210006,4	-329987,2	0,826	173559	-385526
3	0	210006,4	-119980,8	0,751	157781	-227745
4	0	210006,4	90025,6	0,683	143437	-84308
5	0	210006,4	300032	0,621	130397	46089
6	0	210006,4	510038,4	0,564	118543	164633
7	0	210006,4	720044,8	0,513	107766	272399

Продовження таблиці 3.3

8	0	210006,4	930051,2	0,467	97970	370369
9	0	210006,4	1140057,6	0,424	89063	459432
10	0	210006,4	1350064	0,386	80967	540398
11	0	210006,4	1560070,4	0,350	73606	614004

Дисконтований термін окупності згідно [16]:

$$PP = 4 + \frac{750000 - 665592}{130397} = 4,6 \text{ років}$$

3.2 Висновки за розділом

У даному розділі представлено опис основних енергозберігаючих заходів та виконано їх розрахунковий аналіз. Незважаючи на значну суму капітальних вкладень, поступове впровадження цих заходів дозволить забезпечити альтернативне енергопостачання будівлі.

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

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження виробничої будівлі ТОВ «Технохім», що знаходиться за адресою м. Суми, вул. Миргородська буд. 2 та її систем енергозабезпечення.

Економія в споживанні енергоресурсів досягається за рахунок вдосконалення систем енергозабезпечення, впровадження нової техніки, зменшення витрат енергії, робота обладнання в економних режимах.

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 тепловтрат та теплонадходжень до будівлі. Розраховано значення теплової потужності будівлі, яка склала 295245,4263 Вт.

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 – 1464848 грн; економія в грошовому еквіваленті – 306000 грн; термін окупності заходу – 4,8 років, дисконтований термін окупності – 6,8 роки);

2) встановлення повітряної завіси на входних воротах (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 70000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 76500 грн; термін окупності заходу – 0,9 роки);

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

3) встановлення теплового насосу для системи опалення (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1500000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 650189,7 грн; термін окупності заходу – 2,3 року, дисконтований термін окупності – 2,9 роки);

4) встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води для побутових потреб (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 750000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 210006,4 грн; термін окупності заходу – 3,6 роки, дисконтований термін окупності – 4,6 роки);

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму».

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заходи з енергозбереження в сфері електропостачання [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.roe.vsei.ua/zahody-z-energozberezhennya-u-sferi-elektropostachannya/pressrelease/>
2. Що далі чекає на відновлювану енергетику? Прогнози трендів на 2024 рік [електронний ресурс] Режим посилання: <https://clearenergy.ua/shho-dali-chekaye-na-vidnovlyuvanu-energetyku-prognozy-trendiv-na-2024-rik/>
3. Твердопаливний котел [електронний ресурс] Режим посилання: https://teploradost.com.ua/ua/tverdoplivnyj-kotel-wichlacz-gk1-200-kvt-150720221520?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=kotli_dlya_opalennya_pmax&utm_content=&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw6PGxBhCVARIsAlumnWa5xfi8v7wfW6MXYlqav-6_2e4-VMGybY4YHw2LlviRBho4OgWdXmcaAvFJEALw_wcB
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://www.novator-tm.com/pages/lk_page.php
6. Термометр кімнатний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://don.kyivcity.gov.ua/files/2014/10/1/Toolkit-description.pdf>.
7. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1.
8. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://toolsua.com.ua/product/ruleтка-izmeritelnaya-10m/a12ddae3994411e7/>
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
10. 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

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

енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

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

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

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

14. Дах Центр [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dahshop.com.ua/uteplyuvach-i-pidpokrivelni-plivki-ua>

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

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

17. Повітряна завіса [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.wing.ua/ua/>

18. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/nibe/>

19. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecoaction.org.ua/paneli-ta-bahatopoverkhivka.html>

20. Причини виробничого травматизму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://oppb.com.ua/news/prychyny-vyrobnychogo-travmatyzmu>

21. Попередження травматизму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mp1.ck.ua/%D0%BF%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D1%83/>

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

22. Методи аналізу виробничого травматизму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://срo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/450.html>

						Арк.
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму

Під виробничою травмою розуміють ушкодження, яке виникло в працівників чи службовців при виконанні роботи на території виробничого підприємства чи установи і спричинило порушення цілісності тканини або функції органа чи організму в цілому [20].

Розрізняють такі види виробничих травм [20]:

– механічні – від рухомих частин машин, ручного інструмента, падаючих предметів тощо;

– термічні – від прямого контакту з парою, гарячою рідиною, полум'ям, розплавленим металом;

– хімічні – від концентрованих хімічних речовин (кислот, лугів);

– електричні – від контакту з електричним струмом, обриву проводів тощо.

Єдиної класифікації причин виробничого травматизму не існує. При цьому розрізняють три групи причин виробничого травматизму: *технічні*, *організаційні* та *санітарно-гігієнічні* [20].

До технічних причин відносять недосконалість конструкцій машин і устаткування, самого технологічного процесу, несправність верстатів, машин, ручного інструменту, відсутність чи недосконалість захисної техніки, устаткування.

До організаційних причин – неправильну організацію трудового процесу, застосування небезпечних методів праці, недотримання правил техніки безпеки, відсутність Індивідуальних засобів захисту.

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

Серед санітарно-гігієнічних причин виділяють порушення санітарно-гігієнічного режиму на виробництві, погане освітлення, високу температуру та вологість повітря чи надмірно низьку температуру, виробничий пил, високу концентрацію токсичних речовин у повітрі, забрудненість приміщення, сильний шум тощо.

Визначення причин нещасних випадків на виробництві є складним і відповідальним моментом. Дуже часто в цій справі допускають грубі помилки, що невірно відображає фактичний бік справи і веде до неправильних висновків, спрямовує зусилля у боротьбі з виробничим травматизмом у хибному напрямку [21].

Статистика нещасних випадків свідчить про те, що, незважаючи на різноманітність засобів безпеки праці під час роботи на машинах (особливо універсальних), виробничий травматизм поки що має місце. Одна з причин цього – мала ефективність цих засобів. У зв'язку з викладеним існує гіпотеза про хвилеподібність уваги працюючих до безпеки, коли формується деякий середній рівень уваги до безпеки. Після того, як стався нещасний випадок, рівень уваги до безпеки праці на підприємстві різко зростає, а з часом поступово спадає [21].

Професійне захворювання – патологічний стан, зумовлений тривалою роботою за шкідливих умов праці і пов'язаний з надмірним напруженням організму або несприятливою дією виробничих факторів [21].

Професійні захворювання і отруєння (надалі – профзахворювання) -це захворювання, котрі викликані впливом виробничих факторів і трудового процесу, а також захворювання, щодо яких встановлено причинний зв'язок з впливом певного виробничого фактора чи процесу та непрофесійні фактори, що викликають аналогічні зміни в організмі (бронхіт, алергійні захворювання, катаракта, втрата зору і слуху, силікоз та інші). Віднесення захворювання до професійного проводиться відповідно до списку професійних захворювань, затвердженого МОЗ [21].

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

Крім професійних, на виробництві виділяють групу, яку називають умовно виробничими захворюваннями. До них відносять хвороби, які не відрізняються від звичайних хвороб. Наприклад, у працівників, котрі виконують фізичну роботу в незадовільних умовах, часто виникають захворювання, такі як радикуліт, варикозне розширення судин, виразка шлунку та інші. Якщо праця вимагає великого нервово-психічного напруження, то частіше виникають різні неврози і хвороби серцево-судинної системи [21].

Згідно з “Положенням про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах і організаціях”, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 11 серпня 1993р. №623, травми поділяють на легкі, важкі та зі смертельним наслідком. Крім того, травми можуть бути груповими (якщо травмується два і більше робітників) [21].

Аналіз виробничого травматизму дозволяє виявити причини та визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розроблюються заходи з профілактики виробничого травматизму.

Найбільш поширеними взаємодоповнюючими методами дослідження виробничого травматизму є статистичний і монографічний. Але сьогодні все більше уваги приділяють економічному, ергономічному та психофізіологічному методам [22].

Статистичний метод базується на аналізі статистичного матеріалу по травматизму, який накопичений на підприємстві або в галузі за декілька років. Статистичний метод дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати по статі, віку, професії, стажу роботи потерпілих, часу, місцю, типу нещасних випадків, характеру отриманих травм, виду обладнання. Цей метод дозволяє встановити найбільш поширені види травм по окремим підприємствам, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно технічні заходи [22].

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

При проведенні **статистичного аналізу** для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні відносні показники, засновані на вивченні первинних документів про травматизм. Коефіцієнт частоти травматизму $K^ч$ розраховується на 1000 працюючих [22]:

$$K^ч = H * 1000 / C \quad (1.1),$$

де H – число нещасних випадків та професійних захворювань, що сталися на підприємстві за звітній період і призвели до втрати працездатності на 1 добу і більше;

C – середньоспискова чисельність працюючих на підприємстві за той самий звітній період часу.

Тобто, коефіцієнт частоти травматизму K – це кількість нещасних випадків, які сталися у відповідний період часу (півріччя, рік) на 1000 працюючих.

Якісний показник травматизму K^m або коефіцієнт тяжкості травматизму (нещасних випадків), характеризує середню втрату працездатності в днях, що припадають на одного потерпілого за звітній період [22]:

$$K^m = D / H \quad (1.2),$$

де D – сумарне число днів непрацездатності всіх потерпілих, які втратили працездатність на добу і більше під час звітнього періоду.

До цього показника не включаються випадки стійкої втрати працездатності, що не закінчилися за звітній період, і тому він повністю характеризує тяжкості травматизму. Тобто, коефіцієнт тяжкості нещасних випадків – це середня довготривалість непрацездатності одного потерпілого, яка виражена в робочих днях за відповідний період (півріччя, рік).

Крім цих показників, застосовується показники, за яким визначається кількість втрачених через травми робочих днів, що припадають 1000 працюючих.

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

Його називають коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків або коефіцієнтом трудових втрат. Він підраховується як добуток двох вищенаведених показників [22]:

$$K_{ms} = K_c * K_m = 1000Д/С \quad (1.3)$$

Різновидами статистичного методу є **груповий** і **топографічний** методи. При **груповому методі** травми групуються за окремими однорідними ознаками: часу травмування, кваліфікації; спеціальності і віку потерпілого; видам робіт; причинам нещасних випадків та інші. Це дозволяє визначити найбільш несприятливі ділянки в організації робіт та фактичний стан умов праці в цеху, на підприємстві [8].

При **топографічному методі** всі нещасні випадки систематично наносять умовними знаками на плані розташування обладнання у цеху або на ділянці. Накопичення таких знаків на позначці робочого місця або обладнання характеризує його підвищену небезпечність і потребує відповідних профілактичних заходів [22].

Монографічний метод являє собою аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які властиві технологічному процесу, обладнанню, ділянці виробництва. За цим методом поглиблено аналізуються всі обставини нещасних випадків і, за необхідністю, виконуються відповідні дослідження та випробування. Цей метод дозволяє не тільки проаналізувати нещасні випадки, що сталися, а й виявити потенційні небезпечні фактори, які існують на ділянці технологічного процесу або обладнання, що вивчається, а також використати отримані результати при проектуванні виробництва та для розробки заходів з охорони праці [22].

Економічний метод полягає у визначенні економічної шкоди від заподіяного травматизму, визначенні економічної ефективності від затрат на розробку та впровадження заходів з охорони праці. Цей метод не дозволяє

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявити причини травматизму і тому застосовується як доповнення до інших методів [8].

Ергономічний метод ґрунтується на комплексному вивченні системи «людина – машина – виробниче середовище». Відомо, що кожному виду трудової діяльності відповідають визначені фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також її антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини до конкретної трудової діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Порушення відповідності може призвести до нещасного випадку [22].

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		