

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

будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Діденко Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис студента)

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

Керівник роботи

(підпис)

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Сотник М.І.

(прізвище і ініціали)

д.т.н., доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ ___ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2022

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 64 сторінки, 13 рисунків, 15 таблиць, 1 додаток, 26 літературних джерела.

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

Метою роботи: розробка енергозберігаючих заходів для покращання систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг» 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 ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг».

Об'єкт дослідження: будівля ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг» та її системи енергозабезпечення.

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

Тема роботи: «Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»».

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

Завідувач
гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
кафедри прикладної

_____ Сотник М.І.
“___” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Діденко Дарина Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг».

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання “ 02 “ травня 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Діденко Д.О.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сотник М.І.
(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	8
1.1	Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2	Опис дійсного стану будівлі.....	9
1.3	Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта...	9
1.3.1	Система опалення	9
1.3.2	Система електропостачання	10
1.3.3	Система водопостачання та водовідведення	11
1.3.4	Система вентиляції	11
1.3.5	Система обліку енергоресурсів	11
1.3.6	Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	14
1.4	Аналіз обсягів споживання енергоносіїв.....	15
1.4.1	Аналіз споживання теплової енергії.....	15
1.4.2	Аналіз споживання електричної енергії.....	16
1.4.3	Аналіз споживання холодної води.....	18
1.5	Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	19
1.5.1	Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	19
1.5.2	Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	21
1.5.3	Техніко-економічний аналіз споживання води.....	22
1.6	Прилади для проведення вимірювань	23
1.7	Результати вимірювань на об'єкті	26
1.8	Висновки за розділом.....	26
2	КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	27
2.1	Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	27

					6.144.05 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Аналіз енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»»	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив	Діденко							
Перевірив	Сотник						4	64
Реценз.						СумДУ ЕМ-81		
Н. Контр.	Сотник							
Затверд.								

2.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій...	27
2.1.2 Розрахунок тепловтрат.....	28
2.1.3 Розрахунок теплонадходжень.....	34
2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	35
2.2 Висновки до розділу.....	38
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	39
3.1 Характеристика заходів з енергозбереження та умов їх запровадження.....	39
3.1.1 Заміна елеваторного вузла на індивідуальний тепловий пункт з погодозалежною автоматикою з можливістю зниження подачі тепла в неробочий час.....	39
3.1.2 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення.....	45
3.1.3 Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	46
3.1.4 Встановлення рекуператора теплоти.....	49
3.2 Висновки до розділу.....	52
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТОК А.....	58

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

ВСТУП

Сьогодні в Україні впроваджуються нові методи та програми впливу на виробництво та споживання енергії, виходячи з її дійсної вартості. Україна має пройти свій шлях розвитку ринкових відносин і ставлення до енергії як до товару, вартість якого відповідає світовим цінам; шлях розвитку культури споживання енергії, закріплення в масовій свідомості кожного, особливо молодого покоління, навичок раціонального використання енергії. Разом із законодавчими, податковими, адміністративними та економічними механізмами розвинене суспільство досягає своїх цілей в питаннях енергозбереження методами виховання, освіти, інформування і, завдяки цьому, свідомими мотивованими діями своїх громадян [1].

Перший етап реалізації державної політики енергозбереження в Україні орієнтується на заходи, що забезпечують найбільший ефект при мінімальних витратах завдяки підвищенню рівня дисципліни та культури споживання енергії. Тому питання освіти та виховання в галузі енергозбереження набуває великого значення [1].

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України розробляє Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності будівель, завдяки якому власники будинків зможуть дізнатися про фактичний стан свого житла та підвищити рівень його енергоефективності, економлячи на ресурсах близько 10% щороку [2].

Сертифікація енергоефективності є обов'язковою для всіх об'єктів нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту, окрім невеликих об'єктів із незначним класом наслідків (СС1). Вона здійснюється незалежним енергоаудитором, за результатами якої складається енергетичний сертифікат. Він є складовою частиною будівельного паспорта об'єкта будівництва і діє протягом 10 років.

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

Крім цього, наразі Мінрегіон розробляє методики визначення енергоефективності будівель та її доцільного рівня, що дозволить запровадити єдині підходи до визначення класу енергоефективності та встановити мінімальні вимоги щодо неї. Також планується затвердити єдиний Порядок обстеження інженерних систем будівель для оцінки стану енергоефективності цих систем з метою її підвищення [2].

Метою дослідження в роботі є підвищення ефективності функціонування систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг», 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.

Об'єктом дослідження в роботі є будівля ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг» та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг».

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг», що знаходиться за адресою м. Суми, пр. Курський, 139 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Головний фасад будівлі

Будівля закладу чотирьохповерхова, призначена для проведення навчального процесу.

Технічні характеристики будівлі такі:

- рік побудови 1970 р.;
- кількість поверхів 4 поверхи;
- опалювальна площа 4515 м²;
- площа забудови 1166 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 16367 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 17490 м³.

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

Кількість працівників (відвідувачів) об'єкту – змінна та знаходиться у межах близько 230 осіб залежно від навчального навантаження аудиторій.

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

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17³⁰.

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

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

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Гаряче водопостачання в будівлі відсутнє.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

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

Підлога складається з утеплювача-керамзит, цементної стяжки та шару плитки, а місцями лінолеум. Стеля – залізобетон, керамзит та руберойд.

Світлопрозорі конструкції (вікна) виконані з пластикових профілів із заповненням однокамерними склопакетами.

Двері кабінетів – дерев'яні, вхідні та запасні двері – металопластикові.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежуваний об'єкт має централізовану систему теплопостачання. Договір на теплопостачання укладений з ТОВ «Котельня північного промислового вузла». Номер договору – 1234-Т.

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

Теплоносій – вода. Система двохтрубна вертикальна з верхнім розведенням.

У тепловому пункті встановлений елеваторний вузол (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Елеваторний вузол системи опалення [3]

Елеваторний вузол забезпечує тільки «якісне» регулювання теплоносія, коли температура в системі опалення змінюється в залежності від температури теплоносія, що приходить від централізованої теплової мережі. Принцип роботи елеватора полягає в тому, щоб змішувати теплоносій з централізованої теплової мережі і воду із зворотного трубопроводу системи опалення до температури, відповідної нормативній для даної системи [3].

Опалювальні прилади встановлюються під вікнами для того, щоб компенсувати потоки холодного повітря.

При проведенні обстеження були виявлені деякі порушення: у більшості приміщень опалювальні прилади закриті декоративним обрамленням, жалюзіями та заставлені столами, що перешкоджає циркуляції повітря.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 521. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-105, що знаходиться на території навчального

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

закладу. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 785.

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

Основними споживачами води є студенти, викладачі та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції

У будівлі наявна природна вентиляція системою стоякових трубопроводів, які з'єднують усі приміщення. Повітря і вуглекислий газ, піднімаючись до стелі, втягуються у вентиляційні шахти і далі через них виходить у навколишнє середовище.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – EX», (рис 1.3), термін перевірки - 20 липня 2021 р.

Встановлений в тепловому пункті, на ввіді до будівлі перед елеваторним вузлом.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник теплової енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

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

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридіан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.4), термін повірки - 14 серпня 2020 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

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

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



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

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

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

Облік холодної води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.5), термін перевірки – 16 липня 2020 р. Встановлений в підвальному приміщенні на ввіді до будівлі.



Рисунок 1.5 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

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

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

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 18.05.2022 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 4210,26 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

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

електрична енергія – 4,02 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії будівлею по місяцях за 2019, 2020 і 2021 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2019-2021 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	93,5	91,9	92,4
Лютий	89,9	90,9	89,2
Березень	85,1	84,2	81,1
Квітень	62,4	61,6	60,4
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	68,7	67,2	66,4
Листопад	79,3	74,5	73,9
Грудень	88,4	87,5	86,8
Всього	567,3	557,8	550,2

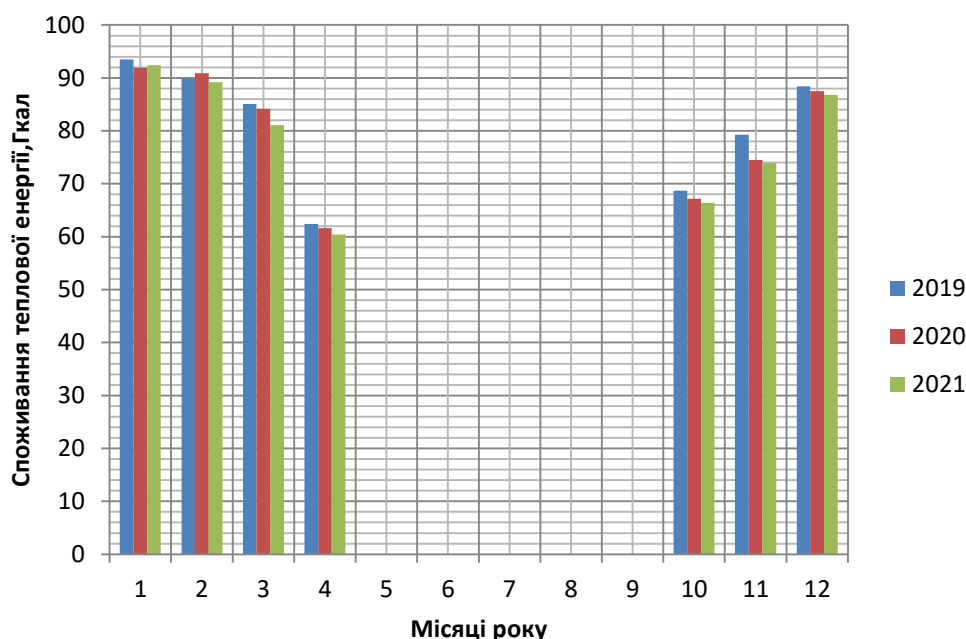


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання теплової енергії за 2019-2021 роки

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

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

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2019, 2020 і 2021 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2019 – 2021 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	4592	4587	4573

Продовження таблиці 1.5

Лютий	4512	4500	4493
Березень	4665	4594	4590
Квітень	4569	4493	4441
Травень	3428	3413	3399
Червень	2412	2420	2407
Липень	2028	2015	2049
Серпень	2016	2059	2144
Вересень	2927	2897	2754
Жовтень	3345	3376	3370
Листопад	4473	4981	4847
Грудень	5779	5682	5687
Всього	44746	45017	44754

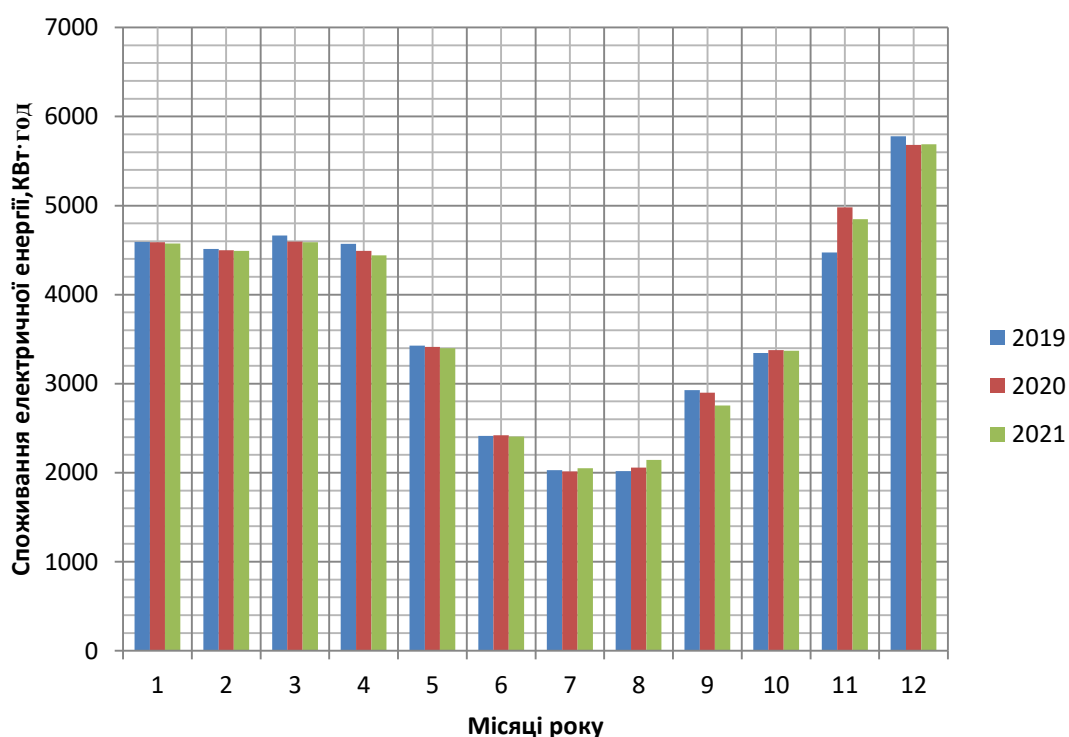


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2019-2021 роки

З діаграми видно, що найбільше електричної енергії споживається в зимовий період. В даний час електрична енергія витрачається на освітлення та обігрів учбових кабінетів. У літній період кількість студентів зменшується, у серпні більшість працівників йде у відпустку, комп'ютерні класи не використовуються, природного освітлення вистачає для забезпечення нормального освітлення будівлі. Тому в цей період споживання зменшується.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2019, 2020 і 2021 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2019 – 2021 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	63	62	61
Лютий	64	61	60
Березень	62	62	59
Квітень	60	60	60
Травень	61	59	58
Червень	59	60	58
Липень	38	37	36
Серпень	36	36	35
Вересень	36	35	34
Жовтень	68	64	63
Листопад	69	65	64
Грудень	67	66	65
Всього	683	667	653

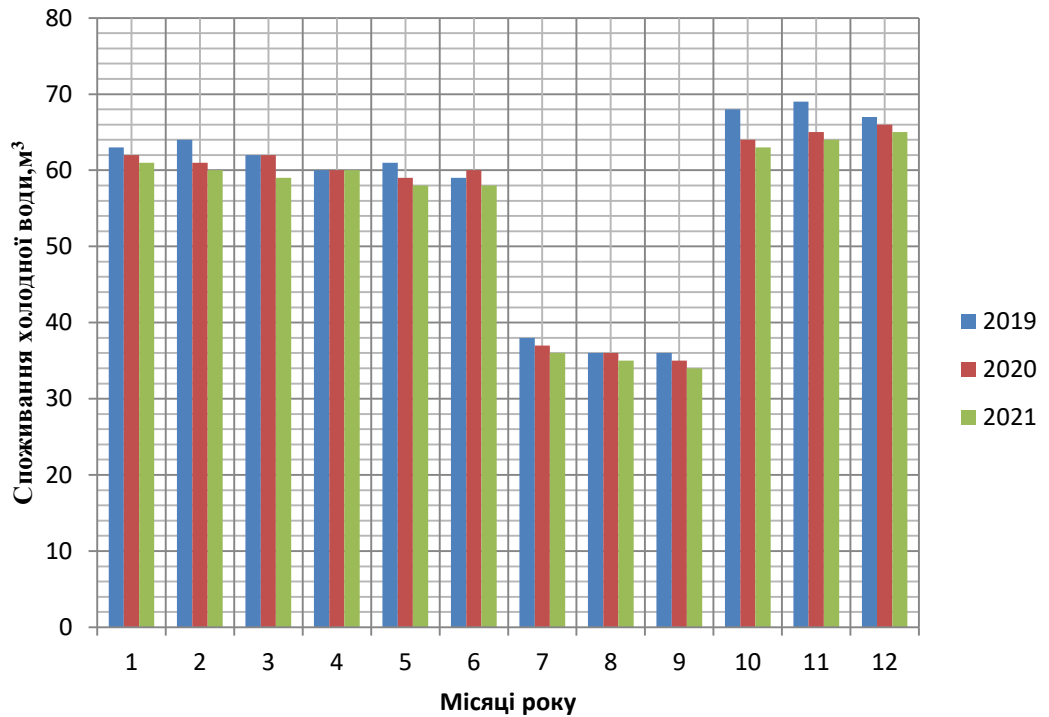


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання холодної води за 2019-2021 роки

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

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для

забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [7]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [7]:

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

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

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

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

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

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні витрати теплової енергії на опалення за рік становлять:

- за 2019 рік – $Q_{оп} = 567,3$ Гкал;
- за 2020 рік – $Q_{оп} = 557,8$ Гкал;
- за 2021 рік – $Q_{оп} = 550,2$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

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

- за 2019 рік – $EP = 0,034$ Гкал/м³;
- за 2020 рік – $EP = 0,034$ Гкал/м³;
- за 2021 рік – $EP = 0,033$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,034$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою:

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

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left(\frac{0,034 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 31\%$$

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

Отриманий результат не відповідає нормативній умові (1.2). Крім того, за відсутності пристроїв автоматичного погодозалежного регулювання теплового потоку, що надходить до системи опалення будівлі, застосовується «ручне» регулювання засувками без чіткого визначення його необхідної миттєвої величини. Це інколи призводить до порушень циркуляції теплоносія в системі опалення будівлі.

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

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

Згідно з [8] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м² корисної площі.

$$\text{- 2019 рік: } \frac{44746 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2020 рік: } \frac{45017 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{44754 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [9]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2019 рік (} \frac{683000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \text{)}/280 \text{ днів} = 10,6 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2020 рік (} \frac{667000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \text{)}/280 \text{ днів} = 10,4 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2021 рік (} \frac{653000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \text{)}/280 \text{ днів} = 10,1 \text{ л/добу}.$$

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

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

1.6 Прилади для проведення вимірювань

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

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



Рисунок 1.9 – Кімнатний термометр [10]

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

Для визначення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-N1 (рис. 1.10) [8]. Його технічні характеристики представлені в таблиці 1.6.

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



Рисунок 1.10 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1 [8]

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

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

Вимірювальна рулетка служила для визначення геометричних розмірів приміщень. Границя виміру приладу складає 10 м, похибка ±0,5 мм [11].



Рисунок 1.10 – Вимірювальна рулетка [11]

1.7 Результати вимірювань на об'єкті

Вимірювання проводилось 16.02.2022 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: - 14⁰С.

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по приміщенням будівлі склала $T_{в} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [12].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 69^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 44^{\circ}\text{C}$.
- 3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил [12].

1.8 Висновки за розділом

Огороджувальні конструкції будівлі знаходяться в задовільному стані.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється централізовано.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється від електричних водопідігрівачів.

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

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

Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

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

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

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, $m^2 \cdot K/Вт$.

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

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

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

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

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:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де α_6, 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]

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

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

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

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

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

ΣQ_{ϵ} – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_{\epsilon} - t_{з.п}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

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

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

t_{ϵ} , $t_{з.п}$ – 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

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

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

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

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

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

$\Sigma Q_{з.д}$ – 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.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

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

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

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

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

n_{ϵ} – 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 [12];

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.
					32
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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$;

$t_в$, $t_{3,p}$ – 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 [13];

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$ [13];

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

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

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

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [13];

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ (за умовою завдання);

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

2.1.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

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

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

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

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

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

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

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

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

$k_{з}$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

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

Теплонадходження від сонячної радіації

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

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

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

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

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.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,4	0,81	0,8	3,3
		Декоративна штукатурка	0,05	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,200	2,04	1,52	5,35
		Керамзит	0,15	0,12		
		Рубероїд	0,004	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–	0,6	0,75
4	Двері	Металопластикові	-	-	0,55	0,6
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,42	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		
		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 [15, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

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

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

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

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

Продовження таблиці 2.2

Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	1699,5
Загальна площа поверхні даху, м ²	1166
Загальна площа вікон, м ²	520
Загальна площа дверей, м ²	30,5
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м ²	1166
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	16367
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	280
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номинальна потужність електроустаткування, Вт	22000
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	950
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	260
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	260
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	0,8
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,52

Продовження таблиці 2.3

Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,5
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт	0,6
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,42
Втрати теплоти через стіни,Вт	95596,875
Втрати теплоти через стелю,Вт	34519,73684
Втрати теплоти через двері,Вт	2639,423077
Втрати теплоти через вікна,Вт	39000
Втрати теплоти через підлогу, Вт	33314,28571
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	52678,08
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	183213,7038
Сумарні тепловтрати, Вт	440962
Теплонадходження від людей, Вт	28840
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	6095,1
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	22800
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	54600
Сумарні теплонадходження,Вт	112335
Теплова потужність будівлі,Вт	328627
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	702182,5

2.2 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій не відповідає сучасним нормам.

Теплова потужність будівлі складає 328637 Вт.

З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів.

						Арк.
						38
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 Заміна елеваторного вузла на індивідуальний тепловий пункт з погодозалежною автоматикою з можливістю зниження подачі тепла в неробочий час

На даний час в тепловому пункті встановлений елеваторний вузол. Регулювання подачі теплового носія до будівлі відбувається в «ручному режимі».

Пропонується виконати заміну елеваторного вузла на сучасний індивідуальний тепловий пункт з погодо залежним регулюванням.

Практика застосування систем погодозалежного регулювання (зокрема встановлення автоматизованого індивідуального теплового пункту) та комерційного обліку тепла підтверджує значне скорочення енергоспоживання (до 30%), при цьому споживачі тепла отримують реальну економію та можливість підвищити рівень комфорту свого проживання [17]. Оптимізація існуючої неощадної системи теплопостачання має бути першочерговим завданням серед заходів з термомодернізації [17].

Досягти встановленої мети економії енергоресурсів при одночасному покращенні роботи системи опалення дозволяють індивідуальні теплові пункти (ІТП), які можуть бути застосовані як для нового будівництва так і при реконструкції. Такі індивідуальні теплові пункти виготовляються у відповідності до проектної документації та технічних умов теплопостачальної компанії [17].

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

ІТП може складатися з декількох модулів: модуля обліку тепла, модуля системи опалення (залежна чи незалежна схема приєднання), модуля системи гарячого водопостачання (ГВП) та модуля системи вентиляції [17].

Модульне виконання забезпечує компактні розміри та значну економію простору. Як правило, ІТП збирається на одній рамі разом з необхідними підключеннями та щитом автоматики. Завдяки коротким термінам виготовлення та простоті монтажу вдається досягти економічного ефекту в порівнянні з традиційним підходом до збирання модулів «за місцем». Автоматизовані індивідуальні теплові пункти дозволяють віддалено контролювати параметри роботи обладнання. У разі виникнення аварійних ситуацій інформація надсилається у диспетчерський центр [17].



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд ІТП [18]

Важливою умовою є те, що перед виконанням робіт по встановленню ІТП необхідно взяти в теплопостачальній організації технічні умови.

Згідно даних компаній, які займаються продажем та встановленням ІТП, вартість обладнання з доставкою та монтажем складає: $K = 800000$ грн [18].

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

Економія теплової енергії після встановлення ІТП складе 20% [17].

За 2019-2021 опалувальний рік навчальним закладом було спожито 550,2 Гкал теплової енергії.

Тоді:

$$E = 550,2 \cdot 0,2 = 110 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 110 \cdot 4210,26 = 463297 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{800000}{463297} = 1,7 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [19].

Цей проект спрямований на зменшення споживання будівлею теплової енергії, шляхом встановлення індивідуального теплового пункту.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз встановлення індивідуального теплового пункту.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 800000$ грн.

Після встановлення ІТП економія в споживанні теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті становитиме 463297 грн/рік.

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

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

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (3.1)$$

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

I_0 – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

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

t_n – момент отримання першого доходу;

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

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

Таблиця 3.1 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-800000	-800000		1		
1	0	463297	-336703	0,909	421179	-378821
2	0	463297	126594	0,826	382890	4069
3	0	463297	589891	0,751	348082	352151
4	0	463297	1053188	0,683	316438	668589
5	0	463297	1516485	0,621	287671	956260
6	0	463297	1979782	0,564	261519	1217779
7	0	463297	2443079	0,513	237745	1455524
8	0	463297	2906376	0,467	216131	1671655
9	0	463297	3369673	0,424	196483	1868138
10	0	463297	3832970	0,386	178621	2046760
11	0	463297	4296267	0,350	162383	2209142

Продовження таблиці 3.1

12	0	463297	4759564	0,319	147621	2356763
13	0	463297	5222861	0,290	134201	2490964
14	0	463297	5686158	0,263	122001	2612964
15	0	463297	6149455	0,239	110910	2723874
16	0	463297	6612752	0,218	100827	2824701
17	0	463297	7076049	0,198	91661	2916362
18	0	463297	7539346	0,180	83328	2999690
19	0	463297	8002643	0,164	75753	3075442
20	0	463297	8465940	0,149	68866	3144309
21	0	463297	8929237	0,135	62606	3206914
22	0	463297	9392534	0,123	56914	3263828
23	0	463297	9855831	0,112	51740	3315568
24	0	463297	10319128	0,102	47037	3362605
25	0	463297	10782425	0,092	42760	3405365
	IRR	38%			4205365	

$$NPV = 4205365 - 800000 = 3405365 \text{ грн}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Чистий дохід проекту становить 4205365 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 3405365 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{4205365}{3405365} = 1,2$$

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

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

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

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

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

	Q
1	2
2	– 800000
3	463297
4	463297
...	...
24	463297
25	463297
Формула	= <i>IRR</i> (Q8 : Q25)
Результат	38 %

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

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 1 + \frac{800000 - 421179}{382890} = 2 \text{ роки.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	800000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	463297
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	3405365
3.3	Індекс дохідності	1,2
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	38
3.5	Дисконтований термін окупності, років	2

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

3.1.2 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення

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

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

Для балансування системи необхідно встановити 40 клапанів. Вартість 1 клапана з встановленням складає 5250 грн [21].

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

Витрати на придбання та встановлення складуть:

$$K = 40 \cdot 5250 = 210000 \text{ грн}$$

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

$$C = 550,2 \cdot 0,1 \approx 55 \text{ Гкал}$$

При тарифі 4210,26 грн/Гкал економія коштів складе:

$$\Delta E = 55 \cdot 4210,26 = 231564,3 \text{ грн}$$

Простий термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{210000}{231564,3} = 0,9 \text{ року}$$

3.1.3 Утеплення зовнішніх стін будівлі

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

Для утеплення стін будівлі пропонується використати мінераловатні плити [22].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ог.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\Sigma \text{IPcm}}) \cdot \lambda_{\text{ут.}} \quad (3.2)$$

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

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [22].

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [15].

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

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{ог.к}}^{i3} = \frac{F_{\text{ог.к}}}{R_{q \text{ min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{ст}}^{i3} = \frac{1699,5}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 23175 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{\text{ог.к}} = Q_{\text{ог.к}} - Q_{\text{ог.к}}^{i3} \quad (3.4)$$

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 95596,9 - 23175 = 72421,9 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [23]:

$$Q_{\text{ог.к}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{ог.к}} \cdot \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{сп.он}})}{(t_{\text{г}} - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} , \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{рік}} = 72,4 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 154522,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 132 \text{ Гкал.}$$

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

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 132 \cdot 4210,26 = 555754,3 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 150 грн [18]. Вартість робіт по встановленню плит з допоміжними матеріалами складає 600 грн/м². Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

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

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

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

$$K = 1699,5 \cdot (150 + 600) = 1274625 \text{ грн}.$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{1274625}{555754,3} = 2,3 \text{ роки}.$$

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

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

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

Таблиця 3.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	1274625
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	555754,3
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	3769979
3.3	Індекс дохідності	1,7
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	33
3.5	Дисконтований термін окупності, років	3,4

3.1.4 Встановлення рекуператора теплоти

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

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

Пропонується встановити рекуператор Venst — це приточно-витяжна прямоточна система вентиляція (приток і витяжка відбуваються одночасно без змішування повітряних потоків). Корпус вентиляційної системи виконано з харчового АВС пластику. В якості рекуператора повітря використовується вискоефективний мідний теплообмінник. Система видаляє з приміщення повітря, яке забруднено мікрочасточками пилу та диму і забезпечує приток свіжого і чистого повітря ззовні [24].

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

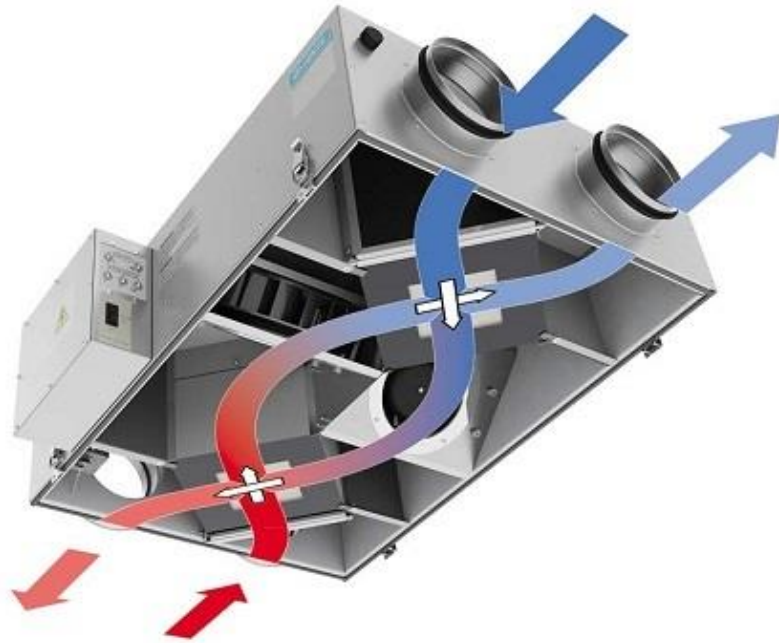


Рисунок 3.2 – Рекуператор теплоти [24]

Виробником рекомендується встановити 40 рекуператорів Venst, які будуть встановлені в кожному приміщенні.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора Venst:

$$\Delta Q_{e.g} = \eta \cdot Q_{e.g} = 0,2 \cdot 183213,7 = 36642,7 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь вентиляцію за опалювальний період знайдемо за формулою 3.4:

$$Q_{ст}^{рік} = 36,6 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 78115,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 67,2 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 67,2 \cdot 4210,26 = 282929,5 \text{ грн} / \text{рік.}$$

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

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 11000 грн [24], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 50% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{\text{мог}} + C_{\text{роб}}) = 40 \cdot (11000 + 0,5 \cdot 11000) = 660000 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{660000}{282929,5} = 2,3 \text{ року.}$$

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

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

Таблиця 3.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	660000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	282929,5
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1908162

Продовження таблиці 3.5

3.3	Індекс дохідності	1,6
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	38
3.5	Дисконтований термін окупності, років	2,9

3.2 Висновки за розділом

Запропоновано та виконано розрахунок енергозберігаючих заходів. Сума капітальних вкладень значна, але поступове впровадження даних заходів призведе до значної економії енергетичних ресурсів та плати за їх використання.

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

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг», що знаходиться за адресою м. Суми, пр. Курський, 139 та її систем енергозабезпечення.

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

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі та енергетичних систем. Виконано 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, яка склала 328627 Вт.

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

1) заміна елеваторного вузла на індивідуальний тепловий пункт з погодозалежною автоматикою з можливістю зниження подачі тепла в неробочий час (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 800000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 463297 грн; термін окупності заходу – 1,7 років, дисконтований термін окупності – 2 роки);

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

2) налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 210000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 231564,3 грн; термін окупності заходу – 0,9 року);

3) утеплення зовнішніх стін будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1274625 грн; економія в грошовому еквіваленті – 555754,3 грн; термін окупності заходу – 2,3 років, дисконтований термін окупності – 3,4 роки);

5) встановлення рекуператора теплоти (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 660000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 282929,5 грн; термін окупності заходу – 2,3 роки);

У Додатку А «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Фактори, які визначають наслідки ураження електричним струмом людини. Види уражень»

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шкільний енергоменеджмент [електронний ресурс] Режим посилання: https://enfcities.org.ua/upload/files/Методологія_011216.pdf
2. Розробка енергетичних сертифікатів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.kmu.gov.ua/news/rozrobka-energetichnih-sertifikativ-budivel-dozvolit-ekonomiti-10-energoresursiv-v-ukrayini-shorichno-lev-parchaladze>
3. Елеваторний вузол [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aw-therm.com.ua/individualnij-teplovij-punkt-shemi-ta-rishennya/>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwvpv2TBhD_oARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyhgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання:
10. Термометр кімнатний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://don.kyivcity.gov.ua/files/2014/10/1/Toolkit-description.pdf>.
11. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-H1.

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

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

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

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

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

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

17. Модернізація системи опалення в багатоповерхівках [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefund.org.ua/modernizaciya-sistemi-opalennya-u-bagatokvartirnikh-budinkakh-ekonomiya-ta-bezpeka>

18. Вартість ІТП [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/04/28/624358/>

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

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

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

22. «Епіцентр» Суми [електронний ресурс] Режим посилання: <https://epicentrk.ua/ua/shop/sumy/>

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

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

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

25. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.ztec.com.ua/ztec/elib/Охорона%20праці/Тема%2017%20Електробезпек а.pdf>

26. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: <http://studies.in.ua/bjd-сapko/809-414-hmchn-rechovini-ta-shlyahi-yih-popadannya-v-organzm-lyudini.html>

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

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Фактори, які визначають наслідки ураження електричним струмом людини. Види уражень

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги. Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, спричинених дією електричного струму, є незначною і становить близько 1 % [25]. Однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм становить 20-40% і посідає одне з перших місць [25]. Щороку в Україні від електричного струму гине приблизно 1500 осіб. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі зі смертельними наслідками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві [25]. Випадки електротравматизму під час експлуатації електроустановок напругою понад 1000 В нечасті, що зумовлено незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом [25].

Основними причинами електротравматизму на виробництві є [25]:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;
- використання несправних ручних електроінструментів;

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

- застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В;
- робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань;
- доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробою ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів тощо.

Електроустаткування, з яким доводиться мати справу практично всім працівникам на виробництві, становить значну потенційну небезпеку ще й тому, що органи чуття людини не здатні на відстані виявляти наявність електричної напруги. У зв'язку з цим захисна реакція організму виявляється лише після того, як людина потрапила під дію електричної напруги. Проходячи через організм людини, електричний струм справляє на нього термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію [26].

Термічна дія струму спричинює опіки окремих ділянок тіла, нагрівання кровоносних судин, серця, мозку та інших органів, через які проходить струм, що призводить до виникнення в них функціональних розладів.

Електролітична дія струму характеризується розкладом (електролізом) крові та інших органічних рідин, що викликає суттєві порушення їх фізикохімічного складу [26].

Механічна дія струму загрожує ушкодженнями (розриви, розшарування тощо) різноманітних тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту. Біологічна дія струму на живу тканину спричиняє небезпечне збудження клітин та тканин організму, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів [26].

Таке збудження може призвести до суттєвих порушень і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу. Збудження тканин організму внаслідок дії електричного струму може бути прямим, коли струм

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

проходить безпосередньо через ці тканини, та рефлекторним (через центральну нервову систему), коли тканини не знаходяться на шляху проходження струму.

Тяжкість електротравми визначається впливом факторів [26]:

- електричного характеру – величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;
- неелектричного характеру – тривалість дії електроструму;
- навколишнього середовища – температура, тиск, вологість повітря;
- шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є сила струму, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму. За характером дії струм оцінюють так, як наведено в таблиці А.1 [26].

Таблиця А.1 – Характер дії струму на організм людини [26]

Струм, мА	Характер дії	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6-1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
2-3	Сильне тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
5-7	Судороги в руках.	Свербіння. Відчуття нагріву.
8-10	Руки з зусиллям, але ще можна відірвати від електродів, сильний біль у пальцях і кистях рук.	Підсилений нагрів.
20-25	Параліч рук, відірвати їх від електрода неможливо. Дуже сильний біль. Дихання затруднене.	Надто сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук.
50-80	Зупинка дихання. Початок фібриляції.	Скорочення м'язів. Судороги, затруднене дихання.

На основі даних наведених в цій таблиці можна виокремити декілька характерних видів струму.

Відчутний струм – малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербіжем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі — відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин. Найменше значення відчутного струму називається пороговим відчутним струмом [26].

Невідпускаючий струм – струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20—25 А [25]. При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає, оскільки при певних значеннях струму людина може самотійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини [26].

Фібриляційний струм. Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху "рука – рука" або "рука – ноги", діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1–3 с з моменту замикання кола через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає нестача кисню; це, в свою чергу, швидко призводить до припинення дихання, тобто наступає смерть [26].

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення – пороговим фібриляційним струмом [26].

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму – близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім 5 А [26].

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

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самостійно не відновлюється [26].

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50—75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100—125 мкА — при постійному струмі [26].

Дія на людину змінного струму залежить від його частоти.

Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц [25]. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450 – 500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину [26].

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300 – 500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50 – 200 В [26].

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

Аналіз нещасних випадків внаслідок дії електричного струму на людей показує, що тривалість проходження струму через організм істотно впливає на наслідок ураження: чим триваліша дія струму, тим більша вірогідність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що із збільшенням часу дії електричного струму опір тіла зменшується, а сила струму істотно збільшується. Крім того, з часом виснажуються сили організму, що протистоять дії на нього електрики [26].

Наслідки дії струму на організм проявляються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміною складу крові, місцевим руйнуванням тканин організму під впливом теплоти, яка виділяється, порушенням роботи серця, легень тощо [26].

Суттєвим для наслідків ураження є шлях проходження струму. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи [25].

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — «рука – рука», «права рука – ноги», «ліва рука – ноги». Найбільш небезпечними є петлі «голова – руки» та "голова – ноги", коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях «—» права рука – ноги», який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях – «нога – нога», який виникає під час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50–80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок – падіння людини на землю [26]. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі людини утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від

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

рук до ніг. Оскільки в такому положенні людина доторкається одночасно точок землі, віддалених одна від одної на відстань, що перевищує довжину кроку, напруга, що діє на неї, як правило, більша за напругу кроку. Як результат, створюється загроза смертельного ураження [26].

Тяжкість електротравми залежить також від температури, вологості і тиску повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується [26].

Не менше значення має фізичний стан людини. Для практичних розрахунків з електробезпеки береться опір тіла людини 1000 Ом. Але ця величина не постійна для кожної людини і залежить від її психофізичного стану. Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення [26].

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