

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

«__» _____ 2026 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Підвищення рівня енергетичної ефективності закладу дошкільної освіти»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОН-21

Коломієць Владислава Віталіївна

Керівник:

доцент, к.т.н. Лисенко Оксана Миколаївна

Консультанти:

Теплова частина к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль пров. інженер Прокопенко І.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка: Коломієць В.В.

**Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікарського
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти- перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Олена БОРИЧЕНКО

«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

На дипломний проєкт студентці

Коломієць Владислава Віталіївна

1.Тема проєкту «Підвищення рівня енергетичної ефективності закладу дошкільної освіти», керівник проєкту доцент к.т.н. Лисенко Оксана Миколаївна, затверджені наказом по університету

від «__» _____ 2026 р. № _____

2.Термін подання студентом проєкту _____

3.Вихідні дані до проєкту: результати проведеного енергетичного аудиту.

4.Зміст пояснювальної записки:

а) електрична частина: розробка схеми електропостачання, складання електричного балансу та оцінка систем обліку електроенергії.

б) теплова частина: визначається теплове навантаження на опалення, аналізується розрахункові і фактичні дані енергоспоживання.

в) охорона праці та пожежна безпека: визначення основних виробничих ризиків, заходи безпеки, такі як безпечний доступ до обладнання, проведення інструктажів.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

- 1) Схема теплопостачання та теплотехнічні характеристики котельного обладнання будівлі.
- 2) Плакат комплексних енергоефективних заходів та термомодернізації будівлі
- 3) Однолінійна електрична схема електропостачання.
- 4) 4.Плакат техніко – економічних показників та фінансового розрахунку вторинних джерел енергії.
- 5) 5.Заходи з енергозбереження електричної енергії.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., Шовкалюк М.М.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>пров. інженер Прокопенко І.Д.</i>		

7.Дата видачі завдання «__»_____2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН –ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студенткою Коломієць В.В.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк використання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини		
	Розрахунок теплової частини		
	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки		
	Впровадження альтернативних джерел енергії		
	Підготовка графічного матеріалу		
	Захист дипломного проєкту		

Студент

Владислава КОЛОМІЄЦЬ

Керівник проєкту

Оксана ЛИСЕНКО

РЕФЕТАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з 6 розділів та містить 119 сторінку основного тексту. В основному тексті роботи наведено 40 ілюстрацій, 25 таблиці та 57 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Мета проєкту полягає у підвищенні рівня енергоефективності споживання енергоресурсів у будівлі дошкільного закладу освіти (ясла-садок) «Ромашка» №4 у місті Жашків. У межах дипломного проєкту виявлено основні напрямки надлишкового використання енергії, здійснений аналіз рівня енергоспоживання, зроблено декілька варіантів для зниження енерговитрат та застосування енергоефективних заходів.

Крім того, застосування запропонованих енергозберігаючих заходів дозволить підвищити клас енергоефективності будівлі, зменшити експлуатаційні витрати та покращити умови перебування дітей у дитячому садку.

Ключові слова: енергоефективність, енергетичний аудит, дошкільний заклад освіти, споживання енергоресурсів, енергозбереження, економічна ефективність.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

The explanatory note to the graduation project consists of 6 sections and contains 119 pages of the main text. The main text of the work includes 40 illustrations, 25 tables, and 57 bibliographic references according to the list of sources.

The aim of the project is to increase the level of energy efficiency of energy resource consumption in the building of the preschool educational institution (nursery-kindergarten) "Romashka" No. 4 in Zhashkiv. Within the framework of the graduation project, the main areas of excessive energy use were identified, an analysis of the energy consumption level was carried out, and several scenarios for reducing energy costs and implementing energy-efficient measures were developed.

Furthermore, the implementation of the proposed energy-saving measures will allow for an increase in the building's energy efficiency class, a reduction in operating costs, and an improvement in the comfort conditions for children in the kindergarten.

Keywords: energy efficiency, energy audit, preschool educational institution, energy consumption, energy saving, economic efficiency.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК ТА ТЕРМІНІВ

ВН – висока напруга;

ДБН – державні будівельні норми;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДСТУ – державна система стандартизації України;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЗДО – заклад дошкільної освіти;

ЗТП – закрита трансформаторна підстанція;

ІТП – індивідуальний тепловий тункт;

РУ – розподільче устаткування;

СП – силовий пункт;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ТП – трансформаторна підстанція;

ЩАО – щит аварійного освітлення;

ЩО – щит освітлення.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ	11
1.1 Короткий опис об'єкту	11
1.2 Короткий опис інженерних мереж	13
1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки	17
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР.....	24
1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності.....	25
Висновки по розділу 1	26
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	27
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз	27
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії.....	28
2.3 Повірочний розрахунок навантажень будівлі.....	30
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення	34
2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту в аналітичній формі	37
2.6 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті.....	39
2.7 Розробка типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії.....	40
Висновки по розділу 2	46

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ	47
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергоефективності будівель та сучасного стану справ в сфері ЖКГ	47
3.2 Визначення теплового навантаження будівлі	50
3.3. Аналіз розрахункових та фактичних даних по споживанню з приведенням до нормативних погодних умов.....	64
3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій.....	66
3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем будівлі та джерел енергії	76
Висновки по розділу 3	87
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	88
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги.....	88
4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів	90
4.3 Рекомендації щодо організаційно- управлінських заходів.....	92
Висновки по розділу 4	94
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	95
5.1 Аналіз потенціалу відновлювальних джерел енергії	95
5.2 Опис кліматологічних характеристик місця розташування СЕС	96
5.3 Вибір сонячних панелей.....	98
5.4 Аналіз економічної доцільності та термінів окупності ВДЕ.....	101
Висновок по розділу 5	108

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОДЕРНІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	109
6.1 Вибір найефективнішого технічного засобу, доцільність використання якого обґрунтовано у попередніх розділах проєкту.....	109
6.2 Вибір місця розміщення електротехнічного обладнання та планування обсягу і тривалість робіт	110
6.3 Оцінка умов праці та визначення можливих небезпек для електротехнічних працівників.....	112
6.4 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів та засобів безпеки	114
6.5 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів для визначеної будівлі. Захист від наслідків проявів дії блискавки.	117
Висновки по розділу 6	119
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121

ВСТУП

Сучасний стан енергетичного сектору України вимагає впровадження дієвих заходів з енергозбереження, що є особливо важливим для закладів соціальної інфраструктури. Будівля дошкільного закладу освіти «Ромашка» №4 у місті Жашків була зведена за застарілими нормативами, які не відповідають сучасним вимогам ДБН щодо теплової ізоляції та енергоефективності. Це призводить до надмірного споживання як теплової, так і електричної енергії, що створює значне фінансове навантаження на місцевий бюджет.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів у ДНЗ «Ромашка» №4.
2. Виконати розрахунок електричних навантажень будівлі.
3. Провести розрахунок системи внутрішнього освітлення.
4. Визначити теплові втрати будівлі та оцінити її енергетичний стан.
5. Розробити та обґрунтувати енергоефективні заходи з підвищення енергоефективності закладу.
6. Оцінити економічну ефективність запропонованих рішень і розробити заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

Метою дослідження є створення техніко-економічного обґрунтування енергоефективних заходів, включаючи розвиток системи енергоменеджменту та оцінку можливостей використання відновлюваних джерел енергії. Запропоновані рішення дозволять не лише знизити експлуатаційні витрати, а й забезпечити стабільний мікроклімат та високий рівень пожежної безпеки в закладі. Реалізація проєкту сприятиме раціональному використанню ресурсів та покращенню умов перебування вихованців.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дослідження у дипломному проєкті є будівля закладу дошкільної освіти (ясла-садок) № 4 «Ромашка» м. Жашків, Уманський район, Черкаська область, який знаходиться по вулиці Захисників України 15. Будівля закладу побудована за типовим проєктом та введена в експлуатацію у 1967 році. Це двоповерхова цегляна споруда з підвальним приміщенням та неопалювальний технічний поверх на даху. Загальна площа двох поверхів становить 713,18 м². Площа міжповерхового перекриття між першим та другим поверхом складає 356,59 м². У центральній частині будівлі розташований головний вхід. Зовнішній вигляд будівлі показано на рис. 1.1.



Рисунок 1.1- Вид на будівлю

					ДП 1910-С 005					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний опис об'єкту			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Коломієць В.В.								
Перевір.		Лисенко О.М.								
Реценз.								НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.								
Затверд.										

На першому поверсі розміщені:

- службові та господарській приміщення, зокрема розташовані комора;
- приміщення харчоблоку;
- пральня;
- три гігієнічні кімнати;
- три буфетні;
- медичний кабінет.

На другому поверсі розміщені приміщення, що використовуються для організації навчально-виховного процесу та адміністративної діяльності закладу, тут знаходяться:

- чотири гігієнічні кімнати;
- чотири буфетні;
- актові зала;
- кабінет керівника;
- кабінет методиста.

У будівлі закладу постійно працює 27 співробітників і кількість дітей, що відвідують заклад 105. Режим роботи - п'ятиденний робочий тиждень по 10 годин з двома вихідними днями (5/2). Такий режим роботи впливає на рівень споживання енергетичних ресурсів та води.

Зовнішні стіни будівлі виконані з цегли на цементно-піщаному розчині (рис. 1.2), товщиною 510 мм густиною 1400 кг/м³. Зовнішня поверхня центральної частини виконане шляхом нанесення декоративного захисного шару на основі вапняно-піщаного розчину по підготовленій оштукатуреній поверхні, а бічні корпуси мають цегляну кладку, що немає додаткового покриття.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2- Зовнішній вид стін

1.2 Короткий опис інженерних мереж

Вентиляція. Вентиляція приміщень у садочку здійснюється природним шляхом. Видалення повітря відбувається через наявні вентиляційні канали у внутрішніх стінах будівлі, що забезпечують витяжку з харчоблоку та санвузлів. Повітрообмін у групах та спальнях забезпечується через віконні отвори шляхом регулярного провітрювання приміщень згідно з установленим режимом закладу.

Світлопрозорі конструкції. У будівлі встановлені сучасні металопластикові віконні конструкції з двокамерними склопакетами (рисунок 1.3), які забезпечують належний рівень природного освітлення. Світлопрозорі конструкції перебувають у задовільному технічному стані, не мають пошкоджень і можуть надалі експлуатуватися без необхідності заміни.

Підвал. Підвальне приміщення одночасно функціонує як технічний поверх та найпростіше укриття, що повністю облаштовано меблями, ігровими зонами та ліжками для перебування дітей. У приміщенні зосереджені магістральні комунікації, зокрема трубопроводи опалення, водопостачання та каналізації, які прокладені відкрито вздовж стін та під стелею. Приміщення перебуває у належному санітарному стані, воно сухе та забезпечене робочим освітленням для комфортного перебування вихованців і персоналу під час повітряних тривог.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Вигляд підвалу представлено на рис. 1.4.



Рисунок 1.3-Зовнішній вигляд вікон у ЗДО



Рисунок 1.4- Підвальне приміщення будівлі

Система опалення. Схема теплопостачання- замкнута, залежна. Система теплопостачання будівлі індивідуальна. Джерелом теплової енергії є окремо розташована твердопаливна котельня, що працює на деревному паливі (дровах).

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Котельня розміщена під навісом на відстані приблизно 50 м від будівлі закладу. Транспортування теплоносія до об'єкта здійснюється через підземну теплову мережу. Котельню показано на рис. 1.5.



Рисунок 1.5- Вид котельні

Вузол теплового вводу розташований у підвальному приміщенні будівлі. Система опалення приєднана до тепломережі безпосередньо, без встановлення автоматизованого погодного регулювання. Проектний температурний графік системи становить 95/70°C. Підсистема розподілу теплової енергії по будівлі виконана за вертикальною двотрубною схемою з нижньою розводкою магістралей.

Опалювальні прилади розміщені переважно біля зовнішніх стін під вікнами для компенсації теплових втрат через світлопрозорі конструкції. Радіатори не обладнані термостатичними вентилями та захисними екранами, що обмежує можливість локального регулювання температури в приміщеннях груп.

Теплова ізоляція на більшості ділянок у підвальному приміщенні знаходиться у незадовільному стані або частково відсутня, та призводить до надлишкових втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія. Облік спожитої теплової енергії ведеться за фактичними витратами палива у котельні.

Гаряче водопостачання (ГВП). Система гарячого водопостачання є

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

децентралізованою та функціонує за допомогою індивідуальних електричних ємнісних водонагрівачів -бойлерів, що встановлені безпосередньо в місцях споживання води на харчоблоці, у пральні та санітарних вузлах. Облік спожитої електричної енергії на потреби підігріву води здійснюється загальними лічильниками.

Холодне водопостачання та водовідведення. Система холодного водопостачання будівлі централізована та забезпечує стабільну подачу води. У закладі функціонує внутрішня система водовідведення яка приєднана до загальноміської системи каналізації, що забезпечує відведення стічних вод.

Джерело живлення. Електропостачання дошкільного закладу освіти здійснюється від розташованої поруч закритої трансформаторної підстанції ЗТП-115(Рис 1.6). Будівля заживлена від розподільчого устаткування низької напруги РУ-0,4 кВ. ЗТП виконана у цегляному корпусі, що є типовим рішенням для забезпечення стабільного енергопостачання комунальних об'єктів. Будівля дитячого садочка відноситься до II категорії надійності.



Рисунок 1.6 – Підстанція ЗТП-115

Існуюче штучне освітлення приміщень закладу наразі забезпечується за

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

допомогою застарілих люмінесцентних ламп у кількості 180 шт. Попри те, що ці джерела світла свого часу дозволили знизити споживання електричної енергії порівняно з традиційними лампами розжарювання та забезпечили нормативний рівень освітленості, на сьогодні вони вже не відповідають сучасним вимогам енергоефективності будівлі, мають високу пульсацію та потребують заміни на світлодіодні аналоги.

1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки

Дана інформація покаже річне споживання ресурсів закладу. Об'єктом використовуються наступні види енергоносіїв: електрична, теплова енергія і холодна вода. Споживання енергетичних ресурсів варіюється протягом року. Динаміку зміни обсягів споживання електроенергії, теплової енергії та водопостачання за три роки (2023-2025 рр.) у натуральних та грошових показниках можна знайти у таблицях 1.1.

У таблиці 1.1 наведено обсяги споживання електричної енергії дитячого садочка з 2023 по 2025 роки.

Таблиця 1.1 –Динаміка зміни обсягів споживання електричної енергії за 2023-2025 роки

Місяць	Споживання ел.ен., кВт*год (2023)	Вартість, грн (2023)	Споживання ел.ен., кВт*год (2024)	Вартість, грн (2024)	Споживання ел.ен., кВт*год (2025)	Вартість, грн (2025)
січень	1338	7626,6	1642	9615,55	1514	13166,35
лютий	1318	6800,88	1721	8694,49	1345	3114,44
березень	1610	7940,52	1694	8151,53	1379	11098,74
квітень	1535	6760,14	1850	9518,25	1399	9666,53
травень	1565	7005	407	2583,64	259	1797,98
червень	1714	7919	1133	9003,95	1270	10138,82
липень	1522	8602,34	1387	12080	1240	9607
серпень	1530	9684,9	1265	10626	1211	9661
вересень	1720	10278,72	1350	11204	1437	9760
жовтень	1848	11453,9	1588	13168	1471	13630
листопад	1817	11992,2	1443	11788	1486	14621
грудень	1802	11893,2	1453	13025	1743	17988
Σ	19319	107957,4	16933	119458,4	15754	124249,9

					ДП 1910-С 005		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

Графік річного споживання електричної енергії у 2023-2025 рр. за місяцями представлено на рис. 1.7.

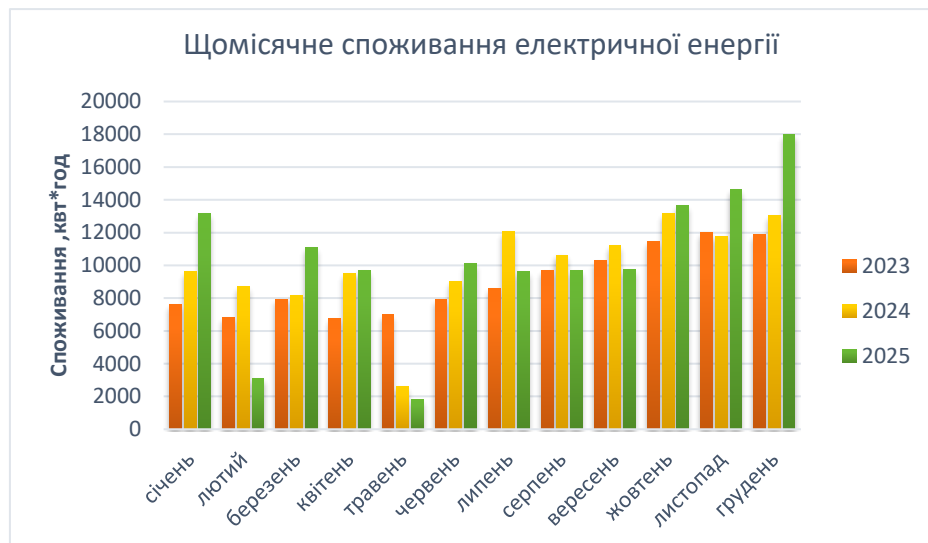


Рисунок 1.7 – Щомісячне споживання електроенергії кВт*год за 2023-2025 роки

З даного графіка можемо побачити, що споживання електричної енергії нерівномірне протягом одного року, обумовлено це тим, що тривалість світлового дня взимку та восени менша і, відповідно кількість спожитої електричної енергії більша. Також такі скачки використання електричної енергії є наслідками аварійних відключені, які є результатами обстрілів України країною агресором.

На рис. 1.8 показано загальне щорічне споживання.

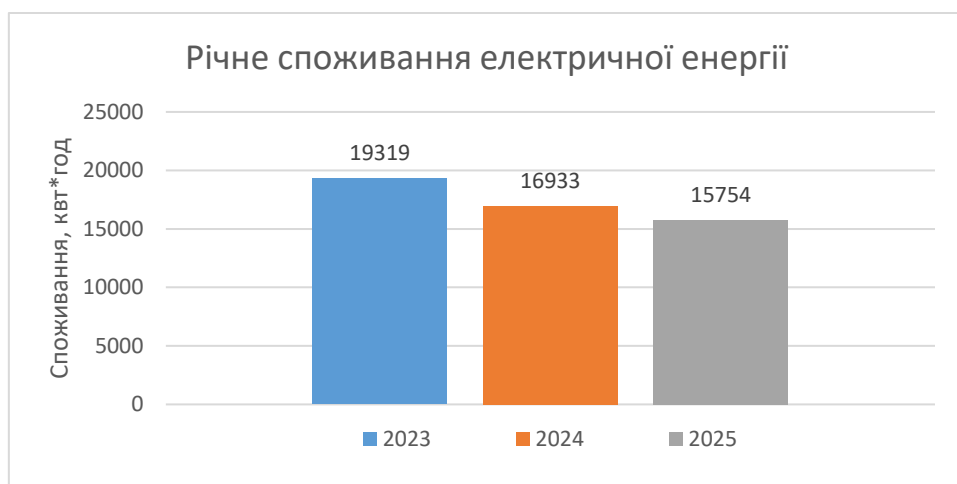


Рисунок 1.8 – Річне споживання електричної енергії

Продемонструємо споживання електричної енергії у грошовому еквіваленті на рис. 1.9.

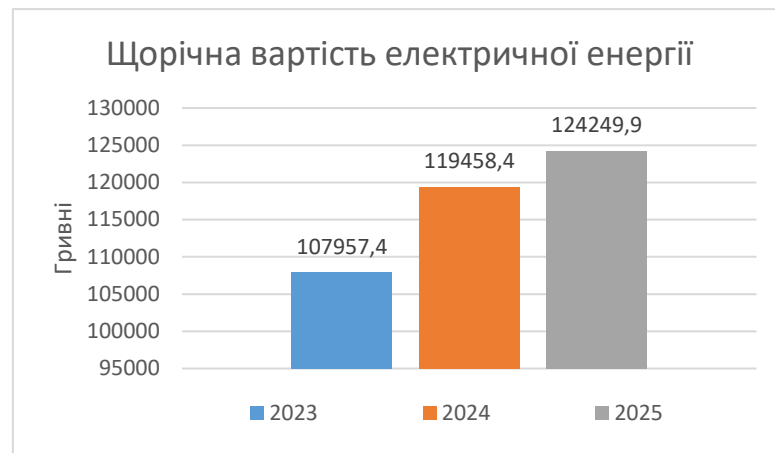


Рисунок 1.9 – Щорічна вартість електричної енергії за 2023-2025 роки

Згідно з рис. 1.9, щорічна вартість електричної енергії має тенденцію до зростання. Незважаючи на зменшення обсягів споживання, витрати збільшилися. Це пов'язано зі зростанням тарифів на електричну енергію та загальним підвищенням вартості енергоресурсів.

У таблиці 1.2 наведено обсяги споживання теплової енергії садочку з 2023 по 2025 роки в Гкал. Наведенні значення отримані шляхом перерахунку фактичного споживання твердого палива з натуральних одиниць виміру кг, у теплову енергію Гкал відповідно до його теплотворної здатності. Це дозволить показати фактичне енергоспоживання закладу в єдиних одиницях виміру.

Таблиця 1.2 – Динаміка зміни обсягів споживання теплової енергії за 2023-2025 роки

Місяць	Споживання теп.ен., Гкал (2023)	Вартість, грн (2023)	Споживання теп.ен., Гкал (2024)	Вартість, грн (2024)	Споживання теп.ен., Гкал (2025)	Вартість, грн (2025)
січень	34,398	103168	32,513	97514,29	39,678	154557,71
лютий	38,258	114744,92	32,513	97514,29	34,674	135064,63
березень	30,0	89977,2	16,411	49220,53	25,955	101102,51
квітень	14,441	43312,01	0	0	12,302	47919,98
травень	0	0	0	0	0	0
червень	0	0	0	0	0	0
липень	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 1.2

серпень	0	0	0	0	0	0
вересень	0	0	0	0	0	0
жовтень	9,918	29746,46	0	0	21,457	83581,45
листопад	24,428	73265,42	24,31	94694,74	19,161	74637,84
грудень	29,52	88537,56	31,446	122492,28	28,246	110026,64
Σ	180,963	542751,58	137,193	461436,13	181,743	706891,76

Графік річного споживання теплової енергії у 2023-2025 рр. за місяцями представлено на рис. 1.10.

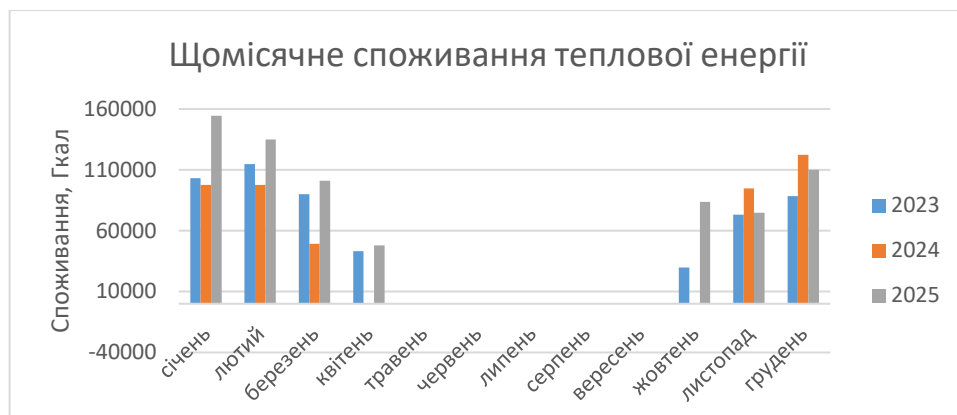


Рисунок 1.10 – Щомісячне споживання теплової енергії за 2023-2025 роки

Аналізуючи графік, споживання у 2024 році почало зменшуватись, що може було пов'язано з кліматичними умовами. Через теплий зимовий період адміністрація почала менше використовувати опалення.

На рис. 1.11 та 1.12 наведено кількість спожитої теплової енергії витрати.



Рисунок 1.11 – Щорічне споживання теплової енергії

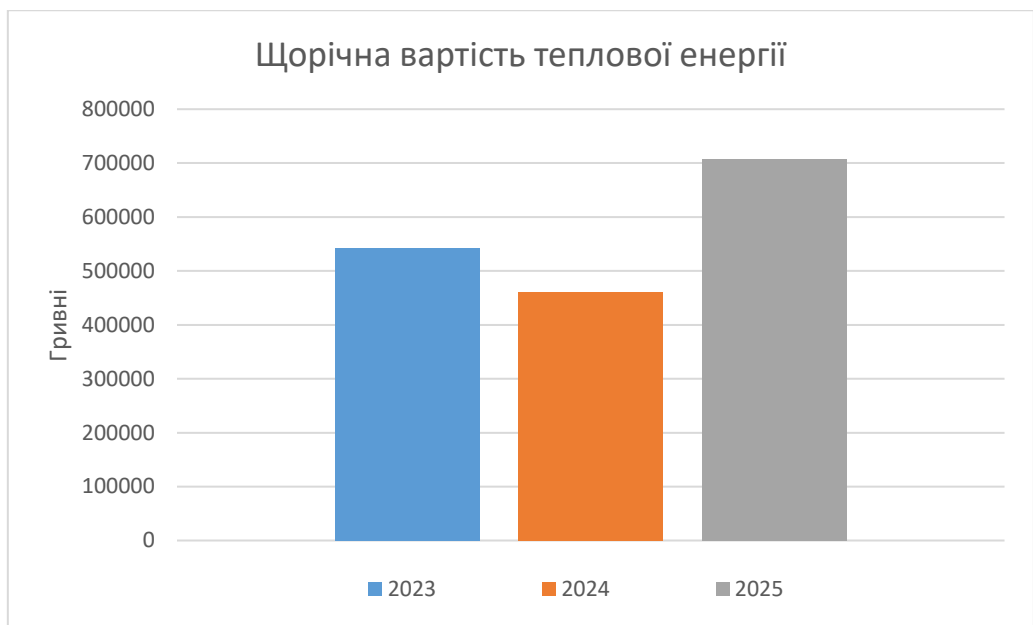


Рисунок 1.12 – Щорічна вартість теплової енергії

Рис. 1.11 та 1.12 показують, що споживання та вартість теплової енергії упродовж 2023–2025 років змінювалися нерівномірно. У 2024 році спостерігалось зниження споживання теплової енергії, що могло бути спричинене більш сприятливими погодними умовами, скороченням тривалості опалювального сезону. У 2025 році споживання теплової енергії зросло, що, пов’язано зі зниженням температур зовнішнього повітря та підвищенням потреби в опаленні приміщень. Вартість теплової енергії змінювалася відповідно до обсягів споживання, а також під впливом зростання тарифів на теплову енергію.

Річне споживання води в 2023-2025 роках таблиця 1.3 показує нерівномірність щомісячного споживання холодної води в садочку. Це нерівномірність пов’язана з перебуванням дітей та сезонними змінами.

Таблиця 1.3 – Динаміка зміни обсягів споживання холодного водопостачання

місяць	споживання води, м3	вартість споживання ел.ен, тис.грн	споживання води, м3	вартість споживання ел.ен, тис.грн	споживання води, м3	вартість споживання ел.ен, тис.грн
	2023		2024		2025	
січень	20	765,12	21	1146,6	20	1086
лютий	15	573,84	21	1146,56	17	923,1
березень	21	803,38	24	1310,4	20	1086
квітень	18	688,61	25	1365	20	1086
травень	22	841,63	10	546	8	434,4
червень	25	956,4	36	1767,74	20	1086
липень	29	1109,42	29	1424,02	6	325,8
серпень	23	879,89	29	1424,02	45	2443,5
вересень	28	1071,17	29	1424,02	24	1303,2
жовтень	26	994,66	23	1129,39	23	1248,9
листопад	22	841,63	21	1031,18	33	1791,9
грудень	22	841,63	21	1031,18	36	1954,8
Σ	271	10367,38	289	14746,11	272	14769,6

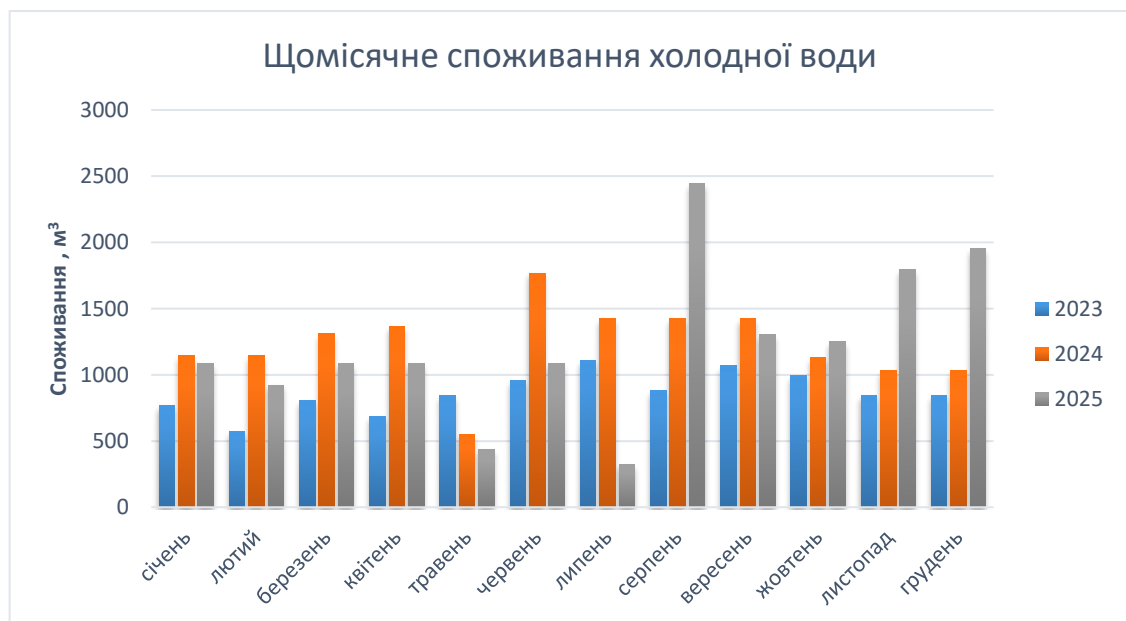


Рисунок 1.13 – Щомісячне споживання холодної води за 2023-2025 роки

На рис. 1.14 та 1.15 наведено кількість спожитої холодної води.

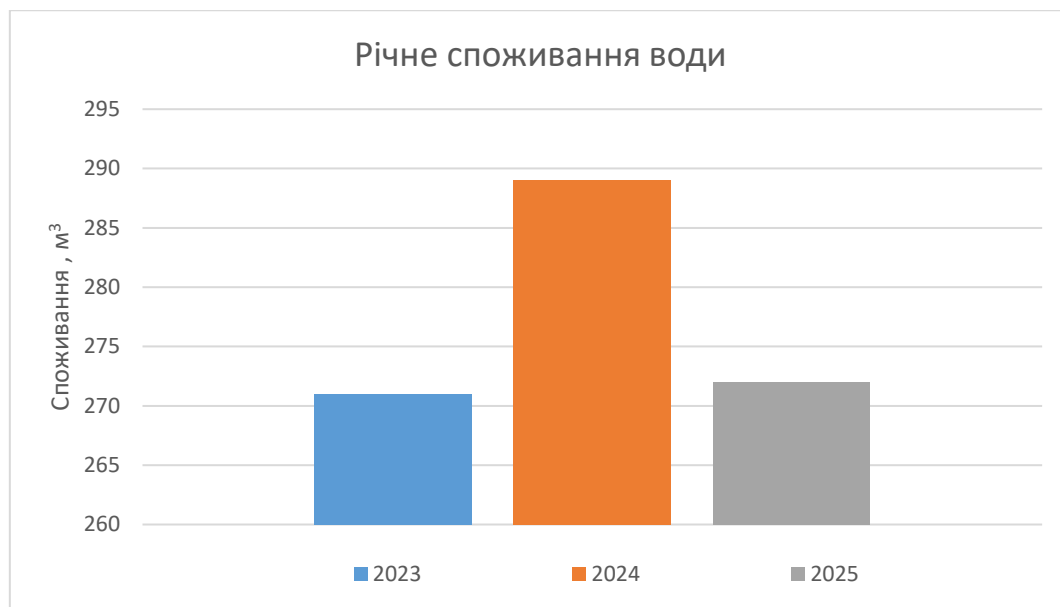


Рисунок 1.14 – Річне споживання води за 2023-2025 роки

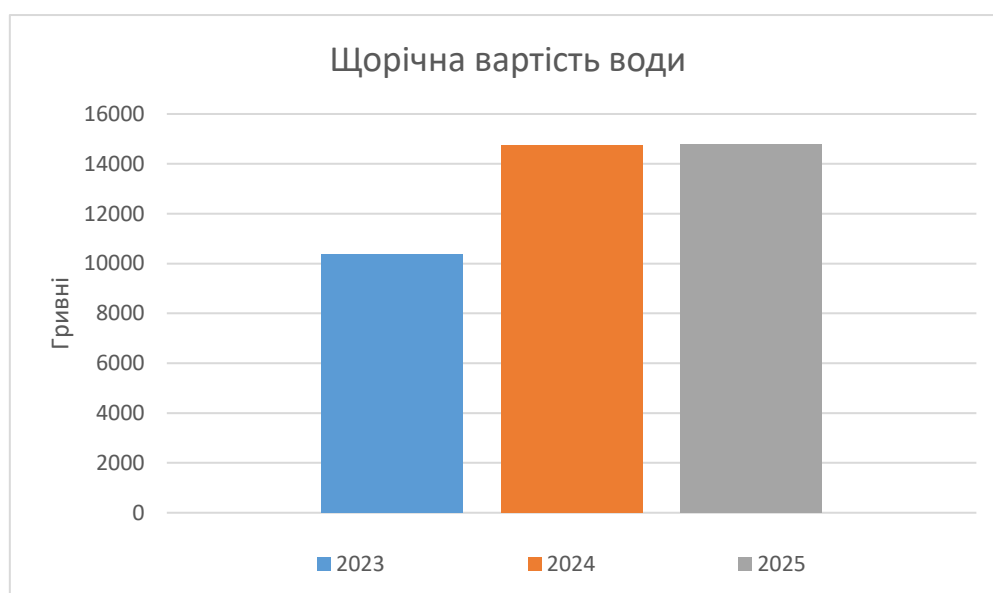


Рисунок 1.15 – Щорічна вартість води за 2023-2025 роки

Аналіз споживання холодної води демонструє нерівномірну динаміку протягом 2023–2025 років. Попри очікуване зниження навантаження в літній оздоровчий період через зменшення кількості дітей, у червні 2024 та серпні 2025 спостерігаються значні піки водоспоживання. Це може бути зумовлено спеціальними заходами: інтенсивним поливом території та проведенням ремонтних робіт.

1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Оцінка енергетичних витрат закладу дошкільної освіти (ясла-садок) №4 «Ромашка» передбачає аналіз актуальних тарифів на енергоносії, що використовуються для забезпечення комфортних умов проживання. Основними видами енергоносіїв є електроенергія, теплова енергія та холодна вода.

Тарифи на електроенергію

На 2023-2025 рік діють наступні тарифи на електроенергію для ЗДО [2], які зазначені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Тарифи на електроенергію

Місяць	Тариф на спожиту е/е за 2023 рік		Тариф на спожиту е/е за 2024 рік		Тариф на спожиту е/е за 2025 рік	
	без ПДВ	з ПДВ	без ПДВ	з ПДВ	без ПДВ	з ПДВ
Січень	4,75	5,7	4,88	5,86	7,24	8,69
Лютий	4,30	5,16	4,21	5,05	7,33	8,79
Березень	4,11	4,93	4,01	4,81	6,70	8,04
Квітень	3,67	4,4	4,29	5,15	5,75	6,9
Травень	3,73	4,48	5,29	6,35	5,78	6,94
Червень	3,85	4,62	6,63	7,95	6,65	7,98
Липень	4,71	5,65	7,25	8,7	6,46	7,75
Серпень	5,28	6,33	6,99	8,39	6,65	7,98
Вересень	4,98	5,98	6,91	8,29	5,66	6,79
Жовтень	5,16	6,19	6,91	8,29	7,73	9,27
Листопад	5,50	6,6	6,81	8,17	8,20	9,84
Грудень	5,50	6,6	7,47	8,96	8,60	10,32

Слід зазначити, що електроенергія використовується не лише для освітлення приміщень, а й для роботи електричних побутових приладів, комп'ютерної техніки та систем життєзабезпечення, що робить її важливим елементом витрат.

Тарифи на теплову енергію

Тарифи на теплову енергію [3] за 2023-2025 роки зведено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5-Тариф на теплову енергію

	2023	2024	2025
Теплова енергія, грн/Гкал(з ПДВ)	2999,24	2999,24	3895,3

Вартість теплової енергії значною мірою залежить від витрат на паливо, яке використовується у твердопаливній котельні. На формування ціни впливають вартість деревини, витрати на її доставку, зберігання та підготовку до використання. Крім того, підвищення цін на транспортні послуги та експлуатаційні витрати призводить до зростання собівартості виробництва теплової енергії.

Тарифи на воду

Тарифи на воду [4] за 2023-2025 роки зведено до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 Тарифи на воду

	2023	2024	2025
Холодна вода	38,26	54,6	54,3

Оптимізація водоспоживання, встановлення водозберігаючих пристроїв, а також своєчасне усунення витоків допоможуть знизити витрати на водопостачання.

1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

Протягом останніх років у закладі «Ромашка» №4 було реалізовано низку першочергових заходів, спрямованих на зниження енергоспоживання.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Зокрема, у будівлі проводилися роботи з підтримання належного технічного стану електричних мереж та освітлювального обладнання, що сприяло стабільній роботі систем електропостачання.

Також виконано часткову заміну старих дерев'яних вікон та входних дверей на нові металопластикові з кращими показниками. Винятком є лише один вхідний вузол, де встановлено металеві двері.

Ці попередні заходи покращили рівень герметичності приміщень та якість освітлення, проте будівля все ще потребує комплексної термомодернізації стін та даху для досягнення нормативних показників енергоефективності.

Висновки по розділу 1

У даному розділі було наведено загальну характеристику закладу дошкільної освіти та проаналізовано стан основних інженерних систем будівлі. Було розглянуто систему електропостачання, теплопостачання, вентиляції, водопостачання, а також оцінено технічний стан огорожувальних конструкцій будівлі. Встановлено, що будівля була зведена за застарілими нормативами та потребує подальшого підвищення рівня енергоефективності.

Також проаналізовано споживання енергетичних ресурсів за 2023–2025 роки. Дослідження показало, що споживання електричної та теплової енергії змінювалося залежно від кліматичних умов, тривалості опалювального сезону, режиму роботи закладу та зростання тарифів на енергоресурси.

Проте проведений аналіз показав необхідність впровадження додаткових заходів з енергоефективності, таких як утеплення огорожувальних конструкцій, модернізації системи опалення та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів відповідно до сучасних вимог ДБН.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Система електропостачання закладу дошкільної освіти «Ромашка» №4 здійснюється від зовнішніх електричних мереж відповідно до чинних технічних умов та договору на постачання електричної енергії. За ступенем надійності електропостачання будівля належить до II категорії, що обумовлено необхідністю забезпечення безперебійної роботи систем освітлення, опалення та іншого електрообладнання, необхідного для нормального функціонування закладу.

Джерелом живлення об'єкта є ЗТП-115, підключення до якої здійснюється через розподільче устаткування низької напруги РУ-0,4 кВ. Передача електричної енергії від трансформаторної підстанції до будівлі виконується кабельними лініями, що підведені до головного розподільчого щита (ГРЩ), розташованого у будівлі закладу. Головний розподільчий щит забезпечує подальший розподіл електричної енергії між внутрішніми електричними мережами та споживачами об'єкта.

Паспортні дані трансформаторної підстанції ЗТП-115:

$S_H = 400$ кВА,

$U_{H1} = 10$ кВ,

$U_{H2} = 0,4$ кВ,

$P_{х.х.} = 0,95$ кВт

$P_{к.з.} = 5,5$ кВт

$I_{х.х.} = 2,1$ %

$U_{к.з.} = 4,5$ %

					ДП 1910-С 005				
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Коломієць В.В.			Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Лисенко О.М.							
Реценз.									
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.				НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Затверд.									

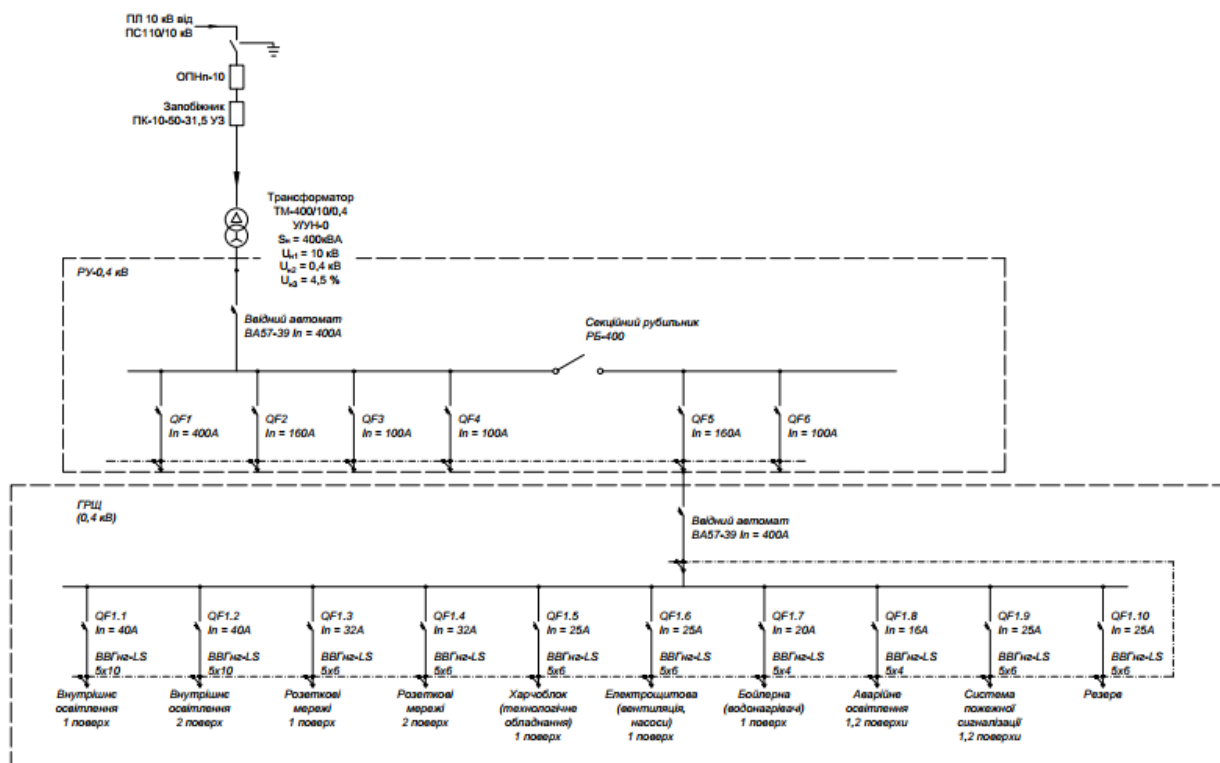


Рисунок 2.1 – Схема електропостачання

2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

У закладі дошкільної освіти «Ромашка» №4 знаходиться велика кількість місць загального користування:

- Харчоблок, що обладнаний потужними електроплитами, духовими шафами, холодильниками та морозильними камерами;
- Пральня, де встановлені пральні машини та прасувальне обладнання, а також бойлери;
- Навчально-виховні групи та спальні, де знаходиться велика кількість ламп;
- Музична зала, де знаходиться телевізори, музичні центри та діапроектор.

Дані по загальній встановленій потужності всього обладнання садочку та сумарні дані представлено у таблиці 2.1.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.1 – Споживачі електричної енергії

№ п/п	Найменування обладнання	Потужність, кВт	Кількість, шт
Система освітлення			
1	Лампи люмінесцентні	0,08	180
Технологічне обладнання харчоблоку			
1	Електроплита	12	2
2	Шафа жарова	7,5	1
3	Холодильник	0,4	4
4	Морозильна камера	0,6	3
5	Тістоміс	1,5	1
6	М'ясорубка	1,1	2
7	Кухонна витяжка	1,5	1
8	Електроваги	0,25	2
Санітарно-побутове обладнання			
1	Пральна машина	2,2	1
2	Бойлер	2	16
3	Праска	2	1
4	Очисник води	0,1	1
Інше обладнання			
1	Ноутбук	0,6	3
2	Принтер	0,4	1
3	Пилосос	1,5	1
4	Телевізор	0,15	7
5	Музичний центр	0,1	1
6	Діапроектор	0,1	1
7	Швейна машинка	0,5	1

Як показано в таблиці, найбільшу частку електричного навантаження у закладі формують електричні бойлери, їх робота у автоматичному режимі забезпечує постійне споживання електричної енергії протягом робочого дня.

Серед обладнання харчоблоку найбільш енергоємним споживачем є жарова шафа, під час її роботи виникає значне короткочасне навантаження на внутрішню електричну мережу закладу.

Система освітлення закладу представлена 180 енергозберігаючими лампами. Незважаючи на невелику потужність окремих світильників, їх загальна кількість формує суттєве електричне навантаження, особливо у вечірній час та в осінньо-зимовий період, коли тривалість роботи освітлення збільшується.

2.3 Повірочний розрахунок навантажень будівлі

Повірочний розрахунок електричних навантажень будівлі закладу дошкільної освіти є важливим етапом для забезпечення надійної та безпечної експлуатації об'єкта. Цей розрахунок дозволяє оцінити реальний стан енергосистеми садочка, гарантувати стабільну роботу потужного технологічного обладнання і попередити виникнення аварійних ситуацій[5].

Виконано розрахунок активного, реактивного та повного навантаження об'єкта для перевірки відповідності пропускної здатності ввідної кабельної лінії, що живить будівлю від ЗТП-115. Головним у розрахунку є визначення величини розрахункового струму, що дозволить перевірити правильність вибору перерізу силового кабелю.

Обчислимо електричне навантаження дошкільного закладу. Розрахунки продемонстровано на прикладі електроплит.

Для розрахунку загальної номінальної потужності однотипного навантаження будемо використовувати формулу (2.1):

$$P_{н,j} = p_{ні} n_i, \quad (2.1)$$

де $p_{ні}$ - номінальна потужність приладу, кВт;

n_i - кількість однотипних приладів, шт;

Підставляємо значення:

$$P_{н} = 2 \cdot 12 = 24 \text{ кВт.}$$

Активна потужність визначається за формулою(2.2):

$$P_n = P_{н} K_{ві}, \quad (2.2)$$

де $P_{н}$ - номінальна потужність споживача, кВт;

					ДП 1910-С 005	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{bi} -коефіцієнт попиту споживача для електроплит складає 0,40.

Підставивши значення отримаємо:

$$P_n = 24 \cdot 0,4 = 9,6 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність знаходимо за формулою(2.3):

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (2.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i$ - коефіцієнт реактивного навантаження.

Коефіцієнт реактивного навантаження:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \sqrt{\frac{(1 - (\cos(\varphi))^2)}{\cos(\varphi)}}, \quad (2.4)$$

де $\cos(\varphi)$ для електроплит становить 0,7.

Відповідно до формул (2.3) та (2.4) маємо:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \sqrt{\frac{(1 - (0,7)^2)}{0,7}} = 0,85,$$

$$Q_p = 9,6 \cdot 0,85 = 8,16 \text{ квар.}$$

Серед усіх споживачів ЩОА знайдемо споживач з максимальними та мінімальними потужностями (з категорії технологічне обладнання харчоблоку):

$$P_{max} = 12 \text{ кВт;}$$

$$P_{min} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Знаходимо ефективне число споживачів за формулою 2.5:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \frac{P_{max}}{P_{min}}, \quad (2.5)$$

$$m = \frac{12}{0,25} = 48 > 3.$$

Формула ефективного числа споживачів (2.6) буде мати наступний вигляд, оскільки $n > 10$:

$$n_{p.e} = \frac{2P_H}{P_{max}} \quad (2.6)$$

$$n_{p.e} = \frac{2 \cdot 24}{12} = 4.$$

Оскільки $m = \frac{P_{max}}{P_{min}} > 3$, але $n_{p.e} < n$, тоді $n_e = 4$.

Визначаємо груповий коефіцієнт використання (2.7):

$$K_B = \frac{P_p}{P_H}, \quad (2.7)$$

$$K_B = \frac{17}{24,85} = 0,68.$$

Значення коефіцієнт розрахункового навантаження для шин НН наведені в таблиці 2.2.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 2.2- Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p для шин НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ.

n_e	Коефіцієнт використання K_e							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 і більше
1	8	5,33	4	2,67	2	1,6	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85
Більше 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8

Розрахункове активне навантаження визначається за формулою 2.8, кВт:

$$P_p = K_p P_n, \quad (2.8)$$

$$P_p = 17 \cdot 0,98 = 16,66 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо розрахункову реактивну потужність:

- при $n_e \leq 10$, $Q_p = 1,1 Q_{пр.}$
- при $n_e > 10$, $Q_p = Q_{пр.}$

Розрахуємо повне навантаження визначається за формулою 2.9, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.9)$$

$$S_p = \sqrt{16,66^2 + 15,43^2} = 22,71 \text{ кВА.}$$

Розраховуємо аналогічно навантаження для інших споживачів і заносимо результат до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3- Розрахункове навантаження будівлі

Початкові дані										Проміжні потужності			п.р.ε, од	п.ε, од	Kp	Розрахункові			Розрахунковий струм Iр, А
За умовою						За довідковими даними			Рр, кВт							Qр, квар	Sp, кВА		
Найменування ЕП	п,шт	Номінальна потужність, кВт		Рн.і.та х	Рн.і.мі п	Рн.і.мі х / Рн.і.мі	кв	cosφ	tgφ	Р н, кВт	Q н, квар	п.р.η2							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Лампа люмінесцентна	180,00	0,08	14,40				0,60	0,95	0,33	8,64	2,85	1,15							
ЩОА	180,00	0,08	14,40	0,08	0,08	1,00	0,60			8,64	2,85	1,15	2,00	180,00	0,80	6,91	3,14	7,59	10,95
Електроплита	2,00	12,00	24,00				0,40	0,70	0,85	9,60	8,16	288,00							
Шафа жарова	1,00	7,50	7,50				0,40	0,70	0,85	3,00	2,55	56,25							
Холодильник	4,00	0,40	1,60				0,80	0,75	0,76	1,28	0,97	0,64							
Морозильна камера	3,00	0,60	1,80				0,80	0,75	0,76	1,44	1,09	1,08							
Тістоміс	1,00	1,50	1,50				0,15	0,60	1,03	0,23	0,23	2,25							
М'ясорубка	2,00	1,10	2,20				0,15	0,60	1,03	0,33	0,34	2,42							
Кухонна витяжка	1,00	1,50	1,50				0,70	0,85	0,57	1,05	0,60	2,25							
Електроваги	2,00	0,25	0,50				0,15	0,60	1,03	0,08	0,08	0,13							
ЩС1	16,00	24,85	40,60	12,00	0,25	48,00	0,44			17,00	14,02	353,02	4,14	4,00	0,98	16,66	15,43	22,71	32,77
Ноутбук	3,00	0,60	1,80				0,60	0,85	0,62	1,08	0,67	1,08							
Принтер	1,00	0,40	0,40				0,60	0,85	0,62	0,24	0,15	0,16							
Пилосос	1,00	1,50	1,50				0,80	0,75	0,88	1,20	1,06	2,25							
Телевізор	7,00	0,15	1,05				0,40	0,60	1,30	0,42	0,55	0,16							
Музичний центр	1,00	0,10	0,10				0,45	0,85	0,57	0,05	0,03	0,01							
Діапроектор	1,00	0,10	0,10				0,40	0,85	0,57	0,04	0,02	0,01							
Швейна машинка	1,00	0,50	0,50				0,30	0,75	0,76	0,15	0,11	0,25							
ЩС2	15,00	3,35	5,45	1,50	0,10	15,00	0,51			3,18	2,58	3,92	4,47	4,00	0,97	3,08	2,84	4,19	6,05
Пральна машина	1,00	2,20	2,20				0,40	0,70	1,02	0,88	0,90	4,84							
Бойлер	16,00	2,00	32,00				0,40	0,85	0,57	12,80	7,30	64,00							
Праска	1,00	2,00	2,00				0,20	0,60	1,30	0,40	0,52	4,00							
Очисник води	1,00	0,10	0,10				0,30	0,70	1,02	0,03	0,03	0,01							
ЩС3	19,00	6,30	36,30	2,20	0,10	22,00	0,33			14,11	8,74	72,85	5,73	5,00	0,93	13,12	9,62	16,27	23,48
Шини 0,4 кВ ТП	230,00	34,58	96,75	12,00	0,08	150,00	0,44			42,93	28,20		5,76	5,00	0,93	39,92	31,02	50,56	72,97

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення

Забезпечення належного рівня освітленості в усіх приміщеннях дитячого садка важливий елемент під час щоденної експлуатації будівлі. Окрім створення комфортних і безпечних умов для перебування та навчання дітей, правильний підбір світильників безпосередньо впливає на загальний обсяг енергоспоживання закладу та фінансові витрати на його утримання [6].

Повірочний розрахунок внутрішнього освітлення виконується з метою оцінки технічного стану існуючої мережі, перевірки її відповідності сучасним нормам штучної освітленості згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [7] та визначення фактичних електричних навантажень.

В якості прикладу для повірочного розрахунку було обрано коридор будівлі (рис.2.2).

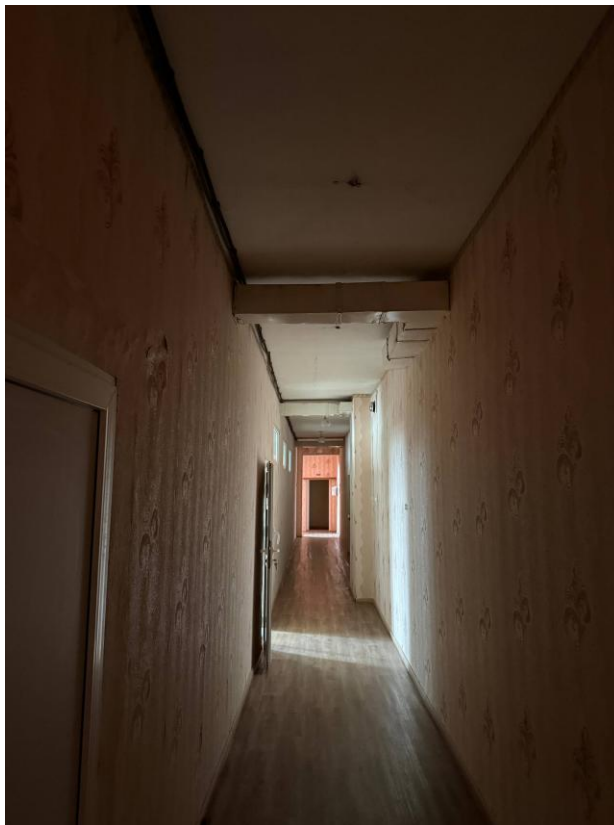


Рисунок 2.2 – Коридор будівлі на першому поверсі

Аналіз фактичного стану показав, що приміщення повністю позбавлене прямих віконних прорізів. Природне світло потрапляє сюди лише частково через відкриті двері суміжних кімнат та вихід на сходову клітку.

Коридор садочку має наступні розміри: ширина -1,8 м, довжина -12 м, висота- 3 м. Згідно з [7] мінімально допустиме значення освітленості для зони загального користування становить 150 лк. Коефіцієнти відбиття становлять: стеля-70%, стіни-50%, підлога-10%.

Для розрахунку освітленості коридору, знайдемо індекс приміщення, використовуючи формулу 2.10:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (2.10)$$

Підставимо значення :

					ДП 1910-С 005	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{12 \cdot 1,8}{3 \cdot (12 + 1,8)} = 0,52.$$

Згідно з [7]:

Коефіцієнту використання світлового потоку: $\eta=0,33$;

Приймаємо коефіцієнт запасу $\kappa_3=1,4$;

Коефіцієнт нерівномірності $z=1,1$.

Фактична освітленість приміщення від світильників розраховується за формулою 2.11:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} N \eta}{S \kappa_3 z} \quad (2.11)$$

де E_{ϕ} - величина освітленості, Лк;

$F_{\text{л}}$ -світловий потік, Лм;

N -кількість світильників,шт;

η -коефіцієнт використання світлового потоку,%;

S -площа приміщення,м².

Підставивши значення до формули (2.11) отримаємо:

$$E_{\phi} = \frac{5220 \cdot 4 \cdot 0,33}{21,6 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 207,1 \text{ Лк.}$$

Також виконаємо перевірку чи відповідає отриманий результат освітленості у коридорі нормованій освітленості за формулою 2.12:

$$\delta = \frac{|E_{\phi} - E_{\text{н}}|}{E_{\text{н}}} 100\%, \quad (2.12)$$

$$\delta = \frac{|207,1 - 150|}{150} \cdot 100\% = 38,1\%$$

Розрахункове відхилення фактичної освітленості від нормованої становить

					ДП 1910-С 005	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

38,1%. Отримане значення перевищує стандартно допустимий нормативний діапазон від -10% до +20%. Таке значне відхилення у додатний бік підтверджує, що використання застарілих люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт призводить до нераціонального перевитрати електричної енергії та створення надлишкового світлового потоку. Це доводить технічну та економічну доцільність повної заміни існуючих джерел світла на енергоефективні LED-світильники меншої потужності.

2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту в аналітичній формі

Аналітичний розрахунок дозволяє математично розділити всю споживану дитячим садком електроенергію за окремими групами відповідно до потужності приладів та реального часу їхньої роботи. За допомогою балансу споживання електричної енергії можна чітко виявити споживачі, які використовують найбільше електричної енергії. Завдяки цим діям можна побудувати правильну пріоритетність у заходах з енергозбереження. Визначити, яке обладнання потребує модернізації в першу чергу.

Загальне споживання електричної енергії розраховується за формулою:

$$W_i = P_{встi} n k_{vi} T_{робi}, \quad (2.13)$$

де $P_{встi}$ - встановлена потужність обладнання, кВт;

n - кількість обладнання, шт;

k_{vi} - коефіцієнт використання;

$T_{робi}$ - тривалість роботи відповідного обладнання за рік.

Згідно формулою (2.13) розраховуємо загальне споживання електричної енергії для всього обладнання і результати розрахунків занесемо у таблицю 2.4.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4-Розрахункові значення споживання електричної енергії.

Найменування енергоспоживаючого обладнання	Вст. потужність, кВт	К-сть одиниць обл-ня, шт.	Загальна вст. потужність обладнання, кВт	Кв	Тривалість роботи, год/рік	Загальне споживання, W, кВт·год
Лампи люмінесцентні	0,08	180	14,4	0,9	1800	23328
Електроплита	12	2	24	0,4	1250	12000
Шафа жарова	7,5	1	7,5	0,4	1000	3000
Холодильник	0,4	4	1,6	0,8	8760	11212,8
Морозильна камера	0,6	3	1,8	0,8	8760	12614,4
Тістоміс	1,5	1	1,5	0,15	250	56,25
М'ясорубка	1,1	2	2,2	0,15	250	82,5
Кухонна витяжка	1,5	1	1,5	0,7	2500	2625
Ноутбук	0,6	3	1,8	0,6	2000	2160
Принтер	0,4	1	0,4	0,6	500	120
Пилосос	1,5	1	1,5	0,8	500	600
Телевізор	0,15	7	1,05	0,4	1500	630
Пральна машина	2,2	1	2,2	0,4	750	660
Бойлер	2	16	32	0,4	2500	32000
Праска	2	1	2	0,2	500	200
Очисник води	0,1	1	0,1	0,3	2500	75
Всього :	-	-	-	-	-	101364

Енергетичний баланс продемонстровано у графічному вигляді на рис. 2.3.

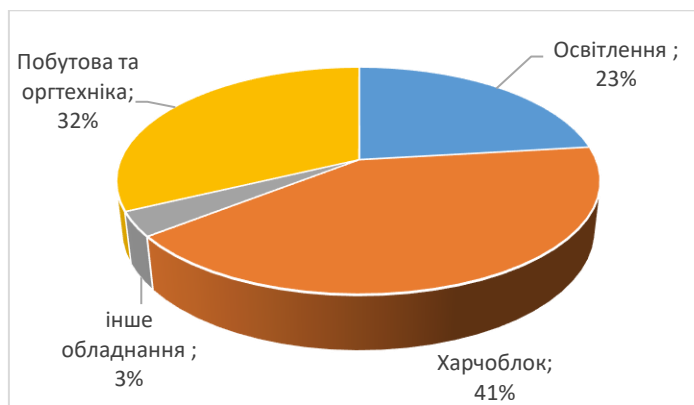


Рисунок 2.3 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2.6 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

У закладі дошкільної освіти «Ромашка» №4 використовується трифазний електронний лічильник марки НІК (рис.2.4).



Рисунок 2.4 – Електролічильник НІК 2300 AP3.2000.MC.11

Прилад встановлений на вводі в будівлю у спеціальній герметичній захисній шафі, перебуває у належному технічному стані. Встановлений лічильник є багатотарифним та має високий клас точності. Це є великим плюсом для закладу, оскільки дозволяє вести точний облік споживання активної та реактивної енергії. Наявність приладу обліку забезпечує надійний контроль за енергоспоживанням садка та дозволяє чітко фіксувати результати впровадження майбутніх енергоефективних заходів.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Розробка типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

Захід №1: Заміна люмінесцентних ламп світлодіодні. Одним із першочергових та найбільш ефективних заходів із підвищення енергоефективності закладу дошкільної освіти є модернізація системи внутрішнього штучного освітлення. На основі проведеного аналізу встановлено, що на об'єкті експлуатуються застарілі люмінесцентні лампи високої потужності 80 Вт, які створюють значне навантаження на електричну мережу та мають низькі техніко-економічні показники.

У межах даного проекту пропонується повна заміна існуючих люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт на сучасні енергоефективні.

Для ламп пропонується використати – LED лампу Expert 10,5 Вт A60 E27 220 В 4100 К [8] наведена на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – LED лампа Expert 10,5 Вт A60 E27 220 В 4100 К

Визначимо економічну частку для впровадження заходу по заміні ламп розжарювання.

Лампи старого зразка споживали по 80 Вт, в той час як нові лише 10,5 Вт. Річна економія енергії запропонованих ламп має наступний вигляд:

$$\Delta W = nP_H(T_{\text{реал}} - T_{\text{кор}})n_d, \quad (2.14)$$

де n - кількість ламп;

					ДП 1910-С 005	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P_H - номінальна потужність ламп,кВт;

$T_{\text{реал}}, T_{\text{кор}}$ - реальний та корисний час використання світильників, прийmemo

$T_{\text{кор}} = 4$ год, а $T_{\text{реал}} = 9$ год;

n_d - кількість робочих днів=365.

Підставимо значення у формулу(2.14):

$$\Delta W = 180 \cdot 0,01 \cdot (9 - 4) \cdot 365 = 3285 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Економія коштів в грошовому еквіваленті за формулою:

$$\Delta E = \Delta W T, \quad (2.15)$$

де T - тариф на електроенергію=8,58 грн.

Підставимо значення у формулу:

$$\Delta E = 3285 \cdot 8,58 = 28185,3 \text{ грн.}$$

Рахуємо капітальні втрати для заміни ламп розжарювання :

$$K = (50 + 176)n, \quad (2.16)$$

Підставивши у формулу маємо значення:

$$K = 226 \cdot 180 = 40680 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E}, \quad (2.17)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{40680}{28185,3} = 1,44 \text{ роки}$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тобто можна сказати, що даний захід є доцільним для впровадження, оскільки він має маленький термін окупності.

Захід №2: Встановлення датчиків руху в коридорах та місцях загального користування . На сьогодні освітлення в зонах працює впродовж усієї 10-годинної зміни садка (з урахуванням зимового періоду та похмурої погоди), що становить приблизно 8 годин на день. Проте фактична присутність персоналу та вихованців у коридорах, коли необхідне штучне світло, сумарно не перевищує 3 годин на день. Це створює значний потенціал для енергозбереження.

Встановлення датчиків руху дозволяє автоматизувати процес керування освітленням, вимикаючи його за відсутності людей у зоні дії сенсора. Для реалізації цього заходу обрано датчики присутності фірми Feron, які характеризуються високою надійністю та можливістю точного регулювання часу затримки та порогу освітленості. Використаємо 10 датчиків Feron LX-39 [9] (див. рис.2.7). Занесемо характеристики датчика до таблиці 2.5.



Рисунок 2.7 - Датчик Feron LX-39

Таблиця 2.5 - Параметри датчика руху

Живлення	230В
Дальність дії	12 м
Кут охоплення по горизонталі	180 °
Тип	інфрачервоний
Функції та можливості	регулювання освітленості Регулювання часу спрацювання
Клас захисту	IP44
Робоча температура	-20 ° С ~ +40 ° С
Ціна	180грн

Розрахунок річної економії енергії за формулою:

$$\Delta W = n P_{\text{л}} (T_{\text{реал}} - T_{\text{кор}}) n_{\text{д}}, \quad (2.18)$$

де n – кількість світильників;

$P_{\text{л}}$ – потужність одного світильника;

$T_{\text{реал}}, T_{\text{кор}}$ – реальний та корисний час використання світильників;

$n_{\text{д}}$ – кількість робочих днів.

Підставляємо значення за формулою (2.18):

$$\Delta W = 60 \cdot 0,08 \cdot (8 - 3) \cdot 250 = 6000 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Економія коштів в грошовому еквіваленті при вартості 1 кВт·год = 8,58 грн. складе:

$$\Delta E = \Delta W T \quad (2.15)$$

де T – тариф на електричну енергію.

Підставимо значення у формулу:

$$\Delta E = 6000 \cdot 8,58 = 51480 \text{ грн}.$$

Витрати на введення в експлуатацію даного заходу з енергозбереження 350 грн – ціна одного датчика руху. В будівлі маємо 2 поверхи з групами та адміністративними приміщеннями. Для повного охоплення зон загального користування таких як коридори, роздягальні, сходові клітки доцільно встановити по 5 датчики руху, тобто загалом 10 датчиків;

Вартість робіт по встановленню датчиків та прокладці кабелю складає 170 грн/шт.

Капітальні витрати:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = (350 + 170) \cdot 10 = 5200 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{5200}{51480} = 0,1 \text{ року} = 1,2 \text{ місяці.}$$

Захід №3: Встановлення реле часу для бойлерів. Система ГВП є найбільшим споживачем енергії . Оскільки садочок працює за графіком 5/2, підтримання температури води в 16 бойлерах у нічний час та вихідні дні є енергетично неефективним. Встановлення реле часу дозволяє автоматично вимикати нагрівальні елементи в неробочі години.

Для реалізації заходу обрано цифрове реле часу МТА20-16 Таймер ТЕМ 181 [10] (рис.2.8), ціна — 1350 грн/шт.. Воно монтується на DIN-рейку в силовий щит і дозволяє програмувати тижневий цикл роботи з урахуванням вихідних днів.



Рисунок 2.10 - реле часу МТА20-16 Таймер ТЕМ 181

Занесемо характеристики реле часу до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Параметри реле часу

Живлення	230В
Тип програми	Тижнева ,цифрова
Кількість каналів керування	2 канали
Резерв ходу(при вимк.світла)	До 150 годин
Максимальний струм	16А(3,5кВт)
Клас захисту	IP20
Робоча температура	-20 ° С ~ +55 ° С

Розрахунок річної економії енергії за формулою:

$$\Delta W = W_{\text{рік}} k_{\text{ек}} \quad (2.19)$$

де $W_{\text{рік}}$ – річне споживання групи бойлерів;

$k_{\text{ек}}$ – коефіцієнт економії за рахунок оптимізації часу роботи;

Підставляємо в формулу:

$$\Delta W = 32000 \cdot 0,35 = 11200 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Економія коштів в грошовому еквіваленті при вартості 1 кВт·год = 8,58 грн.
складе:

$$\Delta E = \Delta W T \quad (2.15)$$

де T – тариф на електричну енергію.

$$\Delta E = 11200 \cdot 8,58 = 96096 \text{ грн}.$$

Будівля дитячого садка охоплює два поверхи. Для забезпечення гнучкого керування різними групами споживачів такими як: кухня, побутові приміщення, навчальні групи та недопущення перевантаження комутаційної апаратури, доцільно розділити систему ГВП на чотири незалежні контури.

Відповідно, передбачається встановлення по 2 реле часу на кожному поверсі у поверхових розподільчих щитах, тобто загалом 4 реле на всю будівлю.

Вартість робіт по встановленню реле та монтажу силових контакторів у щиті складає 500 грн/шт. Ціна реле часу 1350 грн/шт.

Капітальні витрати:

$$K = (1350 + 500) \cdot 4 = 7400 \text{ грн}.$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{7400}{96096} = 0,9 \text{ року.}$$

Висновки по розділу 2

Проведений аналіз системи електропостачання закладу дошкільної освіти показав, що наявна система забезпечує стабільне електроживлення, проте має значний потенціал для підвищення енергоефективності. Найбільше електроенергії споживають система освітлення, обладнання харчоблоку та бойлери гарячого водопостачання.

У ході дослідження було визначено найбільш енергоємні ділянки та обґрунтовано доцільність впровадження енергозберігаючих заходів. Зокрема, встановлено, що заміна застарілих люмінесцентних ламп на сучасні LED-джерела освітлення дозволить суттєво зменшити споживання електроенергії та скоротити витрати на експлуатацію. Додатковий ефект енергозбереження забезпечується встановленням датчиків руху в місцях загального користування, що дає можливість автоматично керувати освітленням і уникати зайвих витрат електроенергії. Також ефективним рішенням є використання цифрових реле часу для оптимізації роботи бойлерів у неробочий час.

Запропоновані заходи є технічно та економічно обґрунтованими, сприяють раціональному використанню енергоресурсів, зменшенню експлуатаційних витрат і створюють умови для подальшого впровадження відновлюваних джерел енергії.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергоефективності будівель та сучасного стану справ в сфері ЖКГ

Енергоефективність будівель є одним із важливих напрямів державної політики у сфері енергозбереження та раціонального використання енергетичних ресурсів. Основні вимоги щодо забезпечення енергоефективності будівель в Україні визначаються законами, державними будівельними нормами та нормативними документами у сфері теплопостачання й енергозбереження.

Далі представлено перелік основних нормативних документів, які діють в Україні у сфері енергоефективних будівель та регулюють відповідні технічні та правові аспекти.

- Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII [11] – встановлює вимоги до енергоефективності будівель, передбачає енергосертифікацію та класифікацію за класами споживання енергії.
- ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель та споруд»[12]- впроваджений для забезпечення економії енергії.
- ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»[13] - регламентує показники опору теплопередачі для огорожувальних конструкцій.
- ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель»[14] - встановлює методику комплексного розрахунку первинного енергоспоживання будівлі.
- ДСТУ ISO 52000-1:2023[15] – методика визначення енергетичних характеристик будівель відповідно до стандартів ЄС.

					ДП 1910-С 005		
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коломієць В.В.			Визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та заходів з її підвищення	Літ.	Арк.
Перевір.		Шовкалюк М.М					Акрушів
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП	
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.					
Затверд.							

- ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд»[16]- встановлює обов'язкові вимоги до проєктування, улаштування та безпечної експлуатації дахів, покрівель та гідроізоляції будівель і споруд з урахуванням надійності, теплоізоляції та пожежної безпеки.
- ДСТУ Б.В.2.6-101:2010 «Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій»[17]- визначає правила та методи експериментального визначення опору теплопередачі стін, вікон та покрівлі за допомогою вимірювання густини теплового потоку і температур, що необхідно для оцінки реальних теплових втрат будівлі.
- ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»[18]- встановлює правила та техніко-економічні критерії вибору оптимальних теплоізоляційних матеріалів та систем утеплення для огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням їхньої пожежної безпеки, довговічності та екологічності.
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»[19] - містить кліматичні дані України, які є обов'язковими для розрахунку теплотехнічних показників будівель та проєктування систем їхнього теплозахисту.

Мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій встановлюються згідно з нормативними вимогами, які регламентовані державними будівельними нормами. Зокрема, вони визначені в таблиці 3.1 [13]. Ці значення залежать від типу конструкції, кліматичної зони, в якій розташована будівля, а також від функціонального призначення приміщень. Оскільки досліджуваний об'єкт розташований у Черкаській області, яка відноситься до I температурної зони України, нормування теплотехнічних показників захисних конструкцій будівлі виконується відповідно до вимог для даного регіону. Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення належної енергоефективності будівлі, зниження тепловтрат і відповідності

					ДП 1910-С 005	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1–Мінімально допустиме значення приведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель.

Зовнішні стіни	$R_{q \min}$	4 м²К/Вт
Перекриття неопалювального горища	$R_{q \min}$	6 м²К/Вт
Світлопрозорі огороджувальні конструкції	$R_{q \min}$	0,9 м²К/Вт
Зовнішні двері	$R_{q \min}$	0,7 м²К/Вт

Основні кліматичні характеристики будівлі були визначені відповідно до регіональних кліматичних умов місцевості, де розташований дошкільний заклад. Ці характеристики є важливими для оцінки теплових втрат, вибору відповідних матеріалів для утеплення та розробки заходів з енергоефективності. Детальна інформація про кліматичні параметри дошкільного закладу представлена у таблиці 3.2.

Фактична середня внутрішня температура за опалювальний період										22	°C
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										22	
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										8	
Розрахункова температура зовнішнього повітря										-21	
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період										-0,3	
Тривалість опалювального періоду										178	
Переважаючий напрям вітру										Зх	-
Температура зона регіону										І	
Середня місячна температура, °C											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-5	-4	-0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2	-2,7

3.2 Визначення теплового навантаження будівлі

Розрахунок геометричних характеристик будівлі. Використовуючи план та зовнішній вигляд будівлі, при цьому враховуючи кількість поверхів, потрібно визначити площу фасадів за зовнішніми обмірами за сторонами світу (Пн, Пд, Зх, Сх або Пн-Зх, Пд-Зх, Пн-Сх, Пд-Сх).

Розрахунок площі зовнішніх огорожувальних конструкцій виконується на основі геометричних розмірів окремих фасадів будівлі, оскільки вона має складну форму із виступаючими боковими крилами та неоднорідну площу стін за різними орієнтаціями.

Площа фасадів будівлі визначається за формулою(3.1):

$$F_a = a \cdot (H_{\text{пов}} \cdot n_{\text{пов}} + H_{\text{цок}} + H_{\text{гор}}), \quad (3.1)$$

де

a - довжина основного фасаду [м] ;

$H_{\text{пов}}$ - висота одного поверху будівлі[м];

$n_{\text{пов}}$ - кількість поверхів;

$H_{\text{цок}}$ - висота цоколя будівлі[м];

$H_{\text{гор}}$ - висота горищного поверху будівлі [м];

Підставивши дані у формулу (3.1), маємо:

$$F_a = 68 \cdot (3 \cdot 2 + 0,5 + 0,7) = 489,6 \text{ м}^2.$$

Площа торцевого фасаду Пд та Пн:

$$F_b = b \cdot (H_{\text{пов}} \cdot n_{\text{пов}} + H_{\text{цок}} + H_{\text{гор}}), \quad (3.2)$$

де

b - довжина торцевого фасаду [м].

Підставивши дані у формулу (3.2), маємо:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_b = 22 \cdot (3 \cdot 2 + 0,5 + 0,7) = 158,4 \text{ м}^2.$$

Визначення площі, $F_{\text{СК}}$, світлопрозорих конструкцій (СК) (вікна/балконні блоки) за типами з орієнтацією по сторонам світу.

$$F_{\text{СК}} = n_{\text{пов}} \cdot a \cdot b \cdot n_a, \quad (3.3)$$

де

a - довжина конструкцій[м];

b - висота конструкцій[м];

$n_{\text{пов}}$ - кількість поверхів, де є ця конструкція;

n_a - кількість вікон на одному поверсі.

Фасад А (3х):

Тип 1- площа 2,5 м².

Всі вікна металопластикові, тому підставляємо значення у формулу(3.3):

$$F_{\text{СК.3х1}} = 2 \cdot 2,5 \cdot 2 = 10 \text{ м}^2.$$

Тип 2- площа 4,93 м².

$$F_{\text{СК.3х2}} = 2 \cdot 4,93 \cdot 8 = 78,88 \text{ м}^2.$$

Загальна площа світлопрозорих конструкцій на Заході визначається за формулою(3.4):

$$F_{\text{СК.3х}} = F_{\text{СК.3х1}} + F_{\text{СК.3х2}}, \quad (3.4)$$

Підставляємо значення в формулу:

$$F_{\text{СК.3х}} = 10 + 78,88 = 88,88 \text{ м}^2.$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Фасад Б (Сх):

Тип 1- площа 2,5 м².

Всі вікна металопластикові, тому підставляємо значення у формулу(3.3):

$$F_{СК.Сх1} = 2 \cdot 2,5 \cdot 2 = 10 \text{ м}^2.$$

Тип 2- площа 4,93 м².

$$F_{СК.Сх2} = 2 \cdot 4,93 \cdot 8 = 78,88 \text{ м}^2.$$

Загальна площа світлопрозорих конструкцій на Заході визначається за формулою(3.4):

$$F_{СК.Сх} = F_{СК.Сх1} + F_{СК.Сх2}, \quad (3.4)$$

Підставляємо значення в формулу:

$$F_{СК.Сх} = 10 + 78,88 = 88,88 \text{ м}^2.$$

Фасад В (Пд):

Тип 1- площа 2,5 м².

Всі вікна металопластикові, тому підставляємо значення у формулу(3.3):

$$F_{СК.Пд1} = 2 \cdot 2,5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2.$$

Фасад Г (Пн):

Тип 1- площа 2,5 м².

Всі вікна металопластикові, тому підставляємо значення у формулу(3.3):

$$F_{СК.Пн1} = 2 \cdot 2,5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2.$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний підсумок площі вікон по будівлі визначається з формулою(3.5):

$$F_{СК} = F_{СК.Зх} + F_{СК.Сх} + F_{СК.Пд} + F_{СК.Пн}, \quad (3.5)$$

Підставивши у формулу тримаємо значення:

$$F_{СК} = 88,88 + 88,88 + 25 + 25 = 227,76 \text{ м}^2.$$

Визначення площі входних дверей (Дв).

На фасаді А (Зх)

На головному фасаді розташовані 1 зовнішні металеві двері(площа 1,62 м2) центрального входу:

$$F_{Дв.Зх} = 1 \cdot 1,62 = 1,62 \text{ м}^2.$$

Фасад Б (Сх)

На дворовому фасаді розташовані 2 зовнішні пластикові двері:

$$F_{Дв.Сх} = 2 \cdot 1,62 = 3,24 \text{ м}^2.$$

Фасад В (Пд)

На внутрішній стороні виступу південного фасаду розташовані 1 зовнішні пластикові двері:

$$F_{Дв.Пд} = 1 \cdot 1,62 = 1,62 \text{ м}^2.$$

Фасад Г (Пн)

На внутрішній стороні виступу північного фасаду симетрично розташовані 1 зовнішні пластикові двері:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{ДВ.Пн}} = 1 \cdot 1,62 = 1,62 \text{ м}^2.$$

Загальний підсумок площі дверей по будівлі:

$$F_{\text{ДВ}} = F_{\text{ДВ.Зх}} + F_{\text{ДВ.Сх}} + F_{\text{ДВ.Пд}} + F_{\text{ДВ.Пн}}, \quad (3.6)$$

$$F_{\text{СК}} = 1,62 + 3,24 + 1,62 + 1,62 = 8,1 \text{ м}^2.$$

Загальна площа стін (без світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей) будівлі складає 412 м^2 , при цьому за орієнтацією: Пн – $81,38 \text{ м}^2$, Пд – $81,38 \text{ м}^2$, Зх – $125,5 \text{ м}^2$, Сх – $123,88 \text{ м}^2$.

Для визначення теплового навантаження будівлі необхідно врахувати теплові втрати через огорожувальні конструкції, а також втрати теплоти, що виникають унаслідок інфільтрації. Основний вплив на тепловий баланс будівлі мають зовнішні стіни, вікна, двері, покриття даху та перекриття, через які відбувається передача теплоти в навколишнє середовище.

Під час визначення теплового навантаження враховуються площі огорожувальних конструкцій, матеріали їх виготовлення, теплофізичні характеристики та технічний стан будівельних елементів. Від цих показників залежить рівень теплових втрат і ефективність використання теплової енергії в будівлі.

Конструкція зовнішніх стін. Характеристика зовнішніх стін [18]:

1 шар- кладка із керамічної цегли на цементно-піщаному розчині, товщиною $\delta = 0,51 \text{ м}$, густиною $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ та теплопровідність $\lambda = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (58 рядок).

2 шар- вапняно- піщаний розчин, товщиною $\delta = 0,02 \text{ м}$, густиною $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ та теплопровідність $\lambda = 0,70 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (66 рядок).

Опір теплопередачі для даної двохшарової конструкції визначається за формулою:

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$R_c = \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{si}}, \quad (3.7)$$

де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, [Вт/(м²·К)] [18];

δ_i – товщина i -го шару конструкції, [м];

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, [Вт/(м·К)] [18];

Підставивши значення у формулу (3.7) отримаємо:

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,58} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{1}{23} = 1,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни:

$$\kappa_c = \frac{1}{R_c}, \quad (3.8)$$

Підставляємо у формулу (3.8), отримаємо:

$$\kappa_c = \frac{1}{1,07} = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін за таблицею 3.1:

$$R_{q \min} = 4 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Порівняємо отриманий результат та отримаємо:

$$R_\Sigma < R_{q \min}$$

$$1,07 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 4 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Поточний опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі не відповідає нормативним вимогам, що обумовлює необхідність проведення термомодернізації для покращення їхніх теплоізоляційних властивостей.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції. Усі вікна в будівлі є металопластиковими з подвійним зашкленням(4М₁-8-4М₁-8-4М₁). За конструкцією вони поділяються на два види двохсекційні - 28 штук та трьохсекційні - 32 штук.

Опір теплопередачі [12] металопластикових вікон $R_{\text{вікна мп}} = 0,52 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових вікон розраховується за формулою :

$$\kappa_c = \frac{1}{R_{\text{вік}}}, \quad (3.8)$$

Підставляємо у формулу (3.8) , отримаємо:

$$\kappa_{\text{вік}} = \frac{1}{0,52} = 1,92 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікна за таблицею 3.1:

$$R_{q \min} = 0,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Порівняємо отриманий результат та отримаємо:

$$R_{\text{вікна мп}} < R_{q \min}$$

$$0,52 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 0,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Поточний опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівлі не відповідає нормативним вимогам, що обумовлює

					ДП 1910-С 005	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідність проведення термомодернізації для покращення їхніх теплоізоляційних властивостей.

Дверні конструкції. У будівлі ЗДО загалом є 5 зовнішніх дверей, такі як 1 металеві без утеплення та 4 пластикові з багатокамерного ПВХ- профілю із ущільненням.

Опір теплопередачі [12] для металевих дверей $R_{\text{двері м}} = 0,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, а для металопластикових $R_{\text{двері мп}} = 0,44 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Тоді коефіцієнт теплопередачі дверей буде за формулою (3.8) :

$$\kappa_c = \frac{1}{R_{\text{двері}}}, \quad (3.8)$$

Підставивши значення для металевих дверей у формулу (3.8) отримаємо:

$$\kappa_{\text{двері м}} = \frac{1}{0,3} = 3,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$
$$\kappa_{\text{двері мп}} = \frac{1}{0,44} = 2,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі дверей[13]:

$$R_{q \min} = 0,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

$$R_{\text{двері м}} < R_{q \min}$$

$$0,3 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 0,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

$$R_{\text{двері мп}} < R_{q \min}$$

$$0,44 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 0,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Поточний опір теплопередачі над неопалювальним технічним поверхом конструкцій будівлі не відповідає нормативним вимогам, що обумовлює необхідність проведення термомодернізації для покращення їхніх

					ДП 1910-С 005	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоізоляційних властивостей.

Дах (переkritтя). Переkritтя даху складається з :

1 шар- залізо-бетонна плита переkritтя товщиною $\delta = 0,22$ м та теплопровідність $\lambda = 1,92 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (64 рядок).

2 шар- шар щебню товщиною $\delta = 0,15$ м та теплопровідність $\lambda = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (26 рядок).

3 шар- цементно- піщана стяжка товщиною $\delta = 0,025$ м та теплопровідність $\lambda = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (68рядок).

За формулою (3.9) розраховуємо термічний опір переkritтя:

$$R_{\text{гор}} = \frac{1}{h_{\text{se}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{\text{si}}}, \quad (3.9)$$

де

h_{si} - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до стінки, який приймається згідно [18] і дорівнює $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

h_{se} – коефіцієнт тепловіддачі від стіни до зовнішнього повітря, який приймається згідно [18] і дорівнює $6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Підставивши значення у формулу (3.9) отримаємо:

$$R_{\text{гор}} = \frac{1}{10} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,15}{0,17} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{1}{6} = 1,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі горищного переkritтя визначимо за формулою(3.8):

$$\kappa_{\text{гор}} = \frac{1}{1,3} = 0,77 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі переkritтя неопалювального горища становить[13] :

					ДП 1910-С 005	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{q \min} = 6 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

$$R_{\text{гор}} < R_{q \min}$$

$$1,3 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 6 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

Поточний опір теплопередачі дверних конструкцій будівлі не відповідає нормативним вимогам, що обумовлює необхідність проведення термомодернізації для покращення їхніх теплоізоляційних властивостей.

Підлога над неопалювальним підвалом. Підлога складається із:

1 шар- залізобетонна плита, товщиною $\delta = 0,22 \text{ м}$ та теплопровідність $\lambda = 1,92 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (64 рядок).

2 шар- розчин цементно- піщаний товщиною $\delta = 0,015 \text{ м}$ та теплопровідність $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (68 рядок).

3 шар- лінолеум одношаровий густиною 800 кг/м^3 , товщиною $\delta = 0,03 \text{ м}$ та теплопровідність $\lambda = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (88 рядок).

Термічний опір перекриття визначається за формулою(3.7):

$$R_{\text{під}} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,03}{0,17} + \frac{1}{6} = 0,64 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги над неопалювальним підвалом визначимо за формулою(3.8):

$$\kappa_{\text{під}} = \frac{1}{0,64} = 1,56 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі становить[13] :

$$R_{q \min} = 5,0 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

$$R_{\text{під}} < R_{q \min}$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,64 \text{ м}^2\text{К/Вт} < 5 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Отже, огорожувальні конструкції дитячого садка не відповідають сучасним вимогам термоізоляції для I-ї температурної зони [13]. Комплексне утеплення стін і підлоги, разом із модернізацією вікон та дверей, є головним кроком до енергозбереження. Реалізація цих заходів допоможе закладу економити на опаленні та підняти температуру внутрішніх поверхонь у приміщенні.

Тепер визначаємо тепловтрати через зовнішні огороження [18] за формулою(3.10):

$$Q_o = \Sigma \left(\frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \right) b_u (1 + \Sigma \beta), \quad (3.10)$$

де

R_i - опір теплопередачі i -ого огороження, $[\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}]$;

F_i - площа i -ої огорожувальної конструкції, $[\text{м}^2]$;

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, який приймаємо за [13] та дорівнює $22[^\circ\text{C}]$;

$t_{\text{р.о}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, який приймаємо за [19] та дорівнює $-21 [^\circ\text{C}]$;

b_u - поправочний коефіцієнт урахування зменшення розрахункової різниці температур між кондиціонованим та некондиціонованим об'єктом/зоною, який обирається за [18] та [14]; для усіх інших огорожень $b_u = 1$;

$\Sigma \beta$ - сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій будівлі (стіни, двері і вікна), орієнтовані на:

- Північ, схід, північний- схід і північний- захід – $\Sigma \beta = 0,1$;
- Південний- схід і захід – $\Sigma \beta = 0,05$;
- Для усіх інших огорожень $\Sigma \beta = 0$.

Розрахуємо тепловтрати для зовнішніх стін за формулою(3.10):

					ДП 1910-С 005	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{3,ст} = 0,93 \cdot 1 \cdot 43(125,5 \cdot 1,05 + (123,88 + 81,38) \cdot 1,1 + 81,38 \cdot 1) \\ = 17553,25 \text{ Вт} = 17,55 \text{ кВт} = 0,0151 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розраховуємо тепловтрати для металопластикових вікон за формулою (3.10):

$$Q_{вік} = 1,92 \cdot 1 \cdot 43(88,88 \cdot 1,05 + (88,88 + 25) \cdot 1,1 + 25 \cdot 1) = 23690,78 \text{ Вт} \\ = 23,69 \text{ кВт} = 0,0204 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розраховуємо тепловтрати для дверей за формулою(3.10):

$$Q_{дв} = 3,33 \cdot 1,05 \cdot 43 \cdot 1,62 \cdot 1,05(2,27 \cdot 1 + (2,27 + 2,27) \cdot 1,1) = 907,7 \text{ Вт} \\ = 0,907 \text{ кВт} = 7,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розрахуємо тепловтрати через перекриття горищ за формулою(3.10):

$$Q_{гор} = 0,77 \cdot 356,59 \cdot 43 \cdot 0,9 = 10626,03 \text{ Вт} = 10,63 \text{ кВт} \\ = 9,140 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розрахуємо тепловтрати через підлогу будівлі за формулою(3.10):

$$Q_{п} = 1,56 \cdot 356,59 \cdot 43 \cdot 0,3 = 7176,02 \text{ Вт} = 7,18 \text{ кВт} = 6,173 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розрахуємо загальні втрати тепла з огорожувальних конструкцій за формулою(3.11):

					ДП 1910-С 005	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = Q_{\text{з.ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{п}}. \quad (3.11)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$Q = 17,55 + 23,69 + 0,907 + 10,63 + 7,18 = 59,96 \text{ кВт} = 0,0516 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Результати розрахунку теплових втрат наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Тепловтрати через зовнішні огороження будівлі, Вт

Огородженн я	Орієнтація	R, м ² ·К/Вт	F, м ²	K, Вт/(м ² ·К)	Δt, °С	b _н	1+Σ β	Q _о , Вт
Зовнішні стіни	Зх	1,07	125,5	0,93	43	1	1,05	5269,68
	Сх	1,07	123,88	0,93		1	1,1	5449,36
	Пд	1,07	81,38	0,93		1	1	3254,39
	Пн	1,07	81,38	0,93		1	1,1	3579,82
Вікна металопласт икові	Зх	0,52	88,88	1,92	43	1	1,05	7704,83
	Сх	0,52	88,88	1,92		1	1,1	8071,73
	Пд	0,52	25	1,92		1	1	2064
	Пн	0,52	25	1,92		1	1,1	2270,4
Двері металопласт икові	Сх	0,44	1,62	2,27	43	1	1,1	173,94
	Пд	0,44	3,24	2,27		1	1	316,25
	Пн	0,44	1,62	2,27		1	1,1	173,94
Двері металеві	Зх	0,3	1,62	3,33	43	1	1,05	243,57
Горище	-	1,3	356,59	0,77	43	0,9	-	10626,03
Підлога	-	0,64	356,59	1,56	43	0,3		7176,02
Всього:								56373,95

Також порахуємо втрати теплової енергії у будівлі через природну вентиляцію. Визначимо за формулою(3.12):

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot n_{\text{об}} \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}), \quad (3.12)$$

де

$n_{\text{об}}$ – кратність повітрообміну у приміщеннях, приймаємо $n_{\text{об}}=0,7 \text{ год}^{-1}$;

V – опалювальний об'єм приміщень будівлі, [м³], який визначимо наступним чином(3.13):

					ДП 1910-С 005	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = (a - 2\delta_{\text{ст}})(b - 2\delta_{\text{ст}}) \cdot H_{\text{пов}} \cdot n_{\text{пов}}, \quad (3.13)$$

де

a – довжина основного фасаду, [м];

b – довжина торцевого фасаду, [м];

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина зовнішньої стіни (з урахуванням внутрішньої штукатурки), [м].

$H_{\text{пов}}$ – висота поверху, [м];

$n_{\text{пов}}$ – кількість поверхів.

Розрахуємо об'єм за формулою(3.13):

$$V = (68 - 2 \cdot 0,415)(22 - 2 \cdot 0,415) \cdot 3 \cdot 2 = 8531,93 \text{ м}^3.$$

Підставляємо значення у формулу(3.12):

$$\begin{aligned} Q_{\text{інф}} &= 0,337 \cdot 0,7 \cdot 8531,93 \cdot (22 - (-21)) = 86545,34 \text{ Вт} = 86,55 \text{ кВт} \\ &= 0,0744 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}. \end{aligned}$$

Сумарні теплові втрати будинку(3.14), [Вт]:

$$Q_{\Sigma} = Q + Q_{\text{інф}}, \quad (3.14)$$

Підставляємо значення у формулу(3.14):

$$Q_{\Sigma} = 86,55 + 59,96 = 146,51 \text{ кВт} = 0,126 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Покажемо на діаграмі(рис.3.1 та рис.3.2) наявні розрахункові тепловтрати через огорожувальні конструкції.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63



Рисунок 3.1-Тепловтрати через огорожувальні конструкції

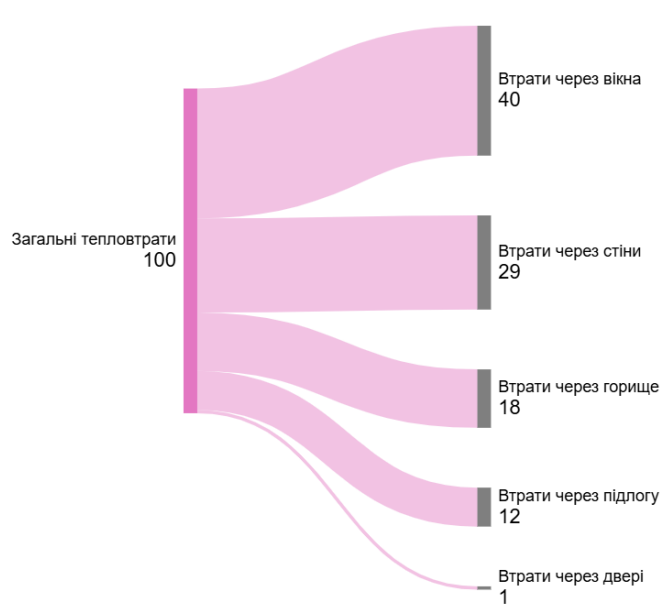


Рисунок 3.2- Тепловтрати через огорожувальні конструкції у відсотках
(діаграма Санкея)

3.3. Аналіз розрахункових та фактичних даних по споживанню з приведенням до нормативних погодних умов

Щоб отримати об'єктивну оцінку енергоефективності будівлі ЗДО та визначити реальний потенціал енергозбереження, необхідно виконати порівняльний аналіз фактичного і розрахункового споживання теплової енергії.

На основі даних обліку та журналів обліку витрат палива у твердопаливній котельні були зібрані дані щодо фактичного споживання тепла будівлею дитячого садка за період 2023-2025 років (таблиця 1.2). Тому пряме порівняння річних обсягів споживання є некоректним, оскільки кожен опалювальний сезон є різним.

Щоб зробити порівняння коректним і прибрати вплив погоди, споживання тепла приводять до однакових умов. Для цього використовують метод градусо-днів опалювального періоду.

Річна витрата теплової енергії для існуючої будівлі, [Гкал/рік]:

$$Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} = Q_{\Sigma} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{со}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.15)$$

де

$t_{\text{с.о.}}$ – середня температура за опалювальний період [19];

n_o – кількість днів опалювального періоду [19].

1 ккал/год = 1,163 Вт.

Підставивши у формулу (3.15) отримаємо значення:

$$Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} = 146510 \cdot \frac{22 - (-0,3)}{22 - (-21)} \cdot 178 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 279,1 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо нормативне теплоспоживання (3.16):

$$Q_{\text{норм}} = Q_{\text{ліч}} \frac{\text{ГД}^{\text{норм}}}{\text{ГД}^{\text{факт}}}, \quad (3.16)$$

де

$Q_{\text{ліч}}$ - покази лічильника теплової енергії за розрахунковий період, Гкал;

$\text{ГД}^{\text{норм}}$ та $\text{ГД}^{\text{факт}}$ - нормативна [19] та фактична кількість градусо-днів.

За таблицею 1.2 беремо фактичне значення за лічильником:

- $Q_{\text{ліч 2023}} = 180,963 \text{ Гкал};$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $Q_{\text{ліч } 2024} = 137,193 \text{ Гкал};$
- $Q_{\text{ліч } 2025} = 181,743 \text{ Гкал}.$

Визначаємо градусо-днів опалювального періоду(3.17):

$$\text{ГД} = \Sigma(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн } i})K_{\text{днб}}, \quad (3.17)$$

Підставляємо значення у формулу(3.17):

$$\text{ГД} = (22 - (-0,3)) \cdot 178 = 3969,4 \text{ градусо-днів}.$$

Використовуючи формулу (3.16), проведено приведення фактичного споживання до стандартних погодних умов:

$$Q_{\text{норм } 2023} = 180,963 \cdot \frac{3969,4}{3422} = 209,91 \text{ Гкал};$$

$$Q_{\text{норм } 2024} = 137,193 \cdot \frac{3969,4}{3286} = 165,73 \text{ Гкал};$$

$$Q_{\text{норм } 2025} = 181,743 \cdot \frac{3969,4}{3481} = 207,24 \text{ Гкал}.$$

Проведений аналіз показав, що нормалізоване споживання теплової енергії ЗДО менше за розрахункове. Це свідчить про те, що будівля не забезпечується необхідною кількістю тепла в повному обсязі. Основними причинами є відсутність автоматичного регулювання подачі тепла залежно від погодних умов, пошкоджена або недостатня теплоізоляція трубопроводів у підвалі та недостатня потужність твердопаливної котельні. Отримані результати підтверджують необхідність проведення заходів з підвищення енергоефективності будівлі.

3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій

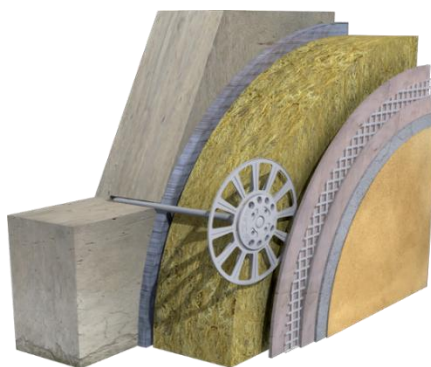
					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Захід №1: Утеплення зовнішніх стін закладу дошкільної освіти.

Заплановано виконати утеплення зовнішніх стін будівлі з метою підвищення енергоефективності та приведення їхнього опору теплопередачі у відповідність до чинних нормативних вимог [13].

Для досягнення нормативних показників теплового опору огорожувальних конструкцій передбачається влаштування додаткового шару теплоізоляції з подальшим оздобленням фасаду. Технологія передбачає нанесення захисно-декоративного шару штукатурки на основі складного розчину (цементно-вапняна суміш із піском) товщиною $\delta_2 = 0,02$ м. Це забезпечить надійний захист утеплювача від механічних пошкоджень і вологи, а також надасть будівлі садочка сучасного естетичного вигляду.

Для запобігання утворенню тріщин та підвищення механічної міцності фасадного покриття під шар штукатурки обов'язково закладається армувальна склосітка. Фінішний етап модернізації передбачає нанесення декоративної фасадної фарби, яка створює додатковий гідрофобний бар'єр, захищає поверхню від атмосферних впливів та суттєво подовжує термін експлуатації всієї системи утеплення (рис. 3.3).



1. Зовнішня стіна будівлі (із внутрішньою штукатуркою)
2. Клей
3. Теплова ізоляція
4. Штукатурка, зміцнена сіткою із скловолокном
5. Механічне кріплення
6. Фінішне покриття

Рисунок 3.3 – Технологія утеплення фасаду будівлі

					ДП 1910-С 005	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно визначити тип огорожувальної конструкції зовнішньої стіни - чи це основний фасад, чи цегляна кладка. Виходячи з отриманих значень коефіцієнта теплопередачі R [$\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$], слід обрати оптимальну товщину шару утеплювача, яка забезпечить необхідний рівень теплозахисту будівлі.

Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції, [м]:

$$\delta_{i3} = \left[R_{q \min} - \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{se}} \right) \right] \cdot \lambda_{i3} \quad (3.18)$$

де

δ_1, λ_1 – товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [$\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$] шару внутрішньої штукатурки будівлі;

δ_2, λ_2 – товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [$\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$] основного фасадного шару будівлі;

$\delta_{i3}, \lambda_{i3}$ – товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [$\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$] утеплювального шару будівлі, який потрібно обрати самостійно, обґрунтовуючи свій вибір з економічної та технологічної точки зору;

δ_4, λ_4 – товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [$\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$] зовнішньої штукатурки, виконаної зі складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімальне допустиме значення приведенного опору теплопередачі зовнішньої стіни згідно з нормативними вимогами [13]. Вибирається відповідно до температурної зони розташування будівлі.

На мою думку, для утеплення доцільно обрати такий матеріал теплоізоляційний з мінеральної вати на основі базальтового волокна з густиною $150 \text{ кг} / \text{м}^3$, оскільки вона має високу щільність, не деформується, є негорючою та забезпечує довговічну й безпечну теплоізоляцію.

$$\delta_{i3} = \left[4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,58} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{1}{23} \right) \right] 0,050 = 0,145 \text{ м} = 150 \text{ мм}.$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Після підрахунку результат потрібно округлити до значень, що відповідають існуючим на ринку теплоізоляційних матеріалів: 50 мм, 100 мм, 120 мм, 150 мм, 170 мм, 200 мм, 250 мм.

1) Визначимо опір теплопередачі стіни після утеплення $[m^2K/Вт]$ визначимо за формулою[18]:

$$R_{yt} = \left(\frac{1}{h_{si}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{se}} \right) = \left(\frac{1}{h_{si}} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) + \frac{1}{h_{se}} \right) \quad (3.19)$$

За формулою (3.19) визначимо опір теплопередачі $[m^2 \cdot K/Вт]$ утепленого огороження:

$$R_{yt.3C1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,58} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,15}{0,050} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{1}{23} = 4,07 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стін після ізоляції з нормативним значенням [13] :

$$R_{yt.3C} \geq R_{q \min}$$

$$4,07 > 4$$

2) Зменшення теплових втрат через зовнішні стіни за рахунок утеплення, $[Вт]$:

$$\Delta Q_{3C1} = \sum \left(\left(\frac{1}{R_{3C1}} - \frac{1}{R_{yt.3C1}} \right) \cdot F_{3C1_i} \cdot (t_{вн} - t_{п.о.}) \right) \cdot b_u (1 + \Sigma \beta); \quad (3.20)$$

$$\Delta Q_{3C1} = \left(\left(\frac{1}{1,07} - \frac{1}{4,07} \right) \cdot 125,5 \cdot 43 \right) \cdot 1,05 + \dots + \left(\left(\frac{1}{1,07} - \frac{1}{4,07} \right) \cdot 81,38 \cdot 43 \right) \cdot$$

$$1,1 = 13002,22 \text{ Вт} = 13,002 \text{ кВт}.$$

3) Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення зовнішніх стін будівлі, $[Гкал/рік]$:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} = (\Delta Q_{\text{3С1}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.20)$$

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} = (13002,22) \frac{22 - (-0,3)}{22 - (-21)} \cdot 178 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 24,77 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

4) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} \cdot T, \quad (3.21)$$

де

T – тариф на теплову енергію [грн/Гкал].

При тарифі на теплову енергію $T=3889,5$ грн/Гкал, підставимо значення у формулу(3.21):

$$\Delta E = 24,77 \cdot 3889,5 = 98819,92 \text{ грн.}$$

5) Простий термін окупності заходу з утеплення зовнішніх стін, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} \quad (3.22)$$

де

I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та будівельно-монтажні роботи та інші витрати. Приблизні витрати на впровадження даного заходу становлять 638600 грн. Підставимо значення в формулу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{638600}{98819,92} = 6,46 \text{ років.}$$

Захід №2: Утеплення горищного перекриття. Для зниження значних тепловтрат через верхню частину будівлі та приведення опору теплопередачі до

					ДП 1910-С 005	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормативних вимог пропонується виконати комплексну теплоізоляцію горищного перекриття. Технологічне рішення передбачає влаштування утепленої підлоги горища шляхом укладання шару мінераловатних плит на основі базальтового волокна. Утеплювач розміщується між існуючими або спеціально встановленими дерев'яними лагами безпосередньо на залізобетонну плиту перекриття. Вибір мінеральної вати обґрунтований її високою щільністю, пожежною безпекою та здатністю «дихати», що вкрай важливо для забезпечення здорового мікроклімату в ігрових та спальних кімнатах садочка на останньому поверсі.

Поверх шару теплоізоляції передбачається встановлення ходового покриття з деревностружкових плит товщиною 1,5 см. Це дозволить персоналу закладу безпечно пересуватися горищем для обслуговування комунікацій та покрівлі, забезпечуючи рівномірний розподіл навантаження на конструкцію (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Утеплення горищного перекриття

1) Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції горищного перекриття, [м]:

$$\delta_{із} = \left[R_{q \min} - (R_{\Gamma} + \frac{\delta_{\text{пок}}}{\lambda_{\text{пок}}}) \right] \cdot \lambda_{із} \quad (3.23)$$

де

R_{Γ} – опір теплопередачі існуючого горищного перекриття, [м²·К/Вт];

$\delta_{із}$, $\lambda_{із}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару (вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна 225 кг/м³);

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$\delta_{\text{пок}}, \lambda_{\text{пок}}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], шару покриття (плити деревноволокнисті та деревностружкові 600 кг/м³);

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття техповерху відповідно до вимог [13], що обирається залежно від температурної зони розташування міста.

$$\delta_{\text{із}} = \left[6 - \left(1,3 + \frac{0,015}{0,12} \right) \right] \cdot 0,054 = 0,247 \text{ м} = 250 \text{ мм}.$$

Після підрахунку результат потрібно округлити до значень, що відповідають існуючим на ринку теплоізоляційних матеріалів: 50 мм, 100 мм, 120 мм, 150 мм, 170 мм, 200 мм, 250 мм.

2) Опір теплопередачі горищного перекриття після утеплення [м²·К/Вт]:

$$R_{\text{ут.Г}} = R_{\Gamma} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{\delta_{\text{пок}}}{\lambda_{\text{пок}}}, \quad (3.24)$$

$$R_{\text{ут.Г}} = 1,3 + \frac{0,25}{0,054} + \frac{0,015}{0,12} = 6,054 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі після утеплення горищного перекриття повинен перевищувати мінімальні вимоги [13]:

$$R_{\text{ут.Г}} \geq R_{q \min}$$

$$6,054 \geq 6$$

3) Зменшення тепловтрат за рахунок утеплення горищного перекриття, [Вт]:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\Gamma} = \left(\frac{1}{R_{\Gamma}} - \frac{1}{R_{\text{ут.}\Gamma}} \right) \cdot F_{\Gamma} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot b_u; \quad (3.25)$$

де

F_{Γ} – площа горищного перекриття, [м²].

Підставивши значення у формулу(3.25) , отримаємо:

$$\Delta Q_{\Gamma} = \left(\frac{1}{1,3} - \frac{1}{6,054} \right) \cdot 356,59 \cdot (22 - (-21)) \cdot 0,9 = 8809,8 \text{ Вт.}$$

4) Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення перекриття техповерху, [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Gamma} = (\Delta Q_{\Gamma}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.26)$$

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Gamma} = 8809,8 \cdot \frac{22 - (-0,3)}{22 - (-21)} \cdot 178 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 16,78 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

5) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Gamma} \cdot T, \quad (3.27)$$

де T – тариф на теплову енергію [грн/Гкал].

$$\Delta E = 16,78 \cdot 3889,5 = 65265,81 \text{ грн.}$$

Орієнтовна вартість реалізації цього заходу складає $B = 642\,000$ грн.

6) Простий термін окупності заходу з утеплення горищного перекриття, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{642000}{65265,81} = 9,83 \text{ років.}$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захід №3: Утеплення перекриття підвалу. Пропонується здійснити утеплення перекриття над неопалювальним підвалом шляхом наклеювання плит ППС- плити пінополістирольні, на щільності 15 кг/м³ (рис.3.5); при цьому вважаємо , що інженерні комунікації переносити не потрібно. Ззовні доцільно нанести шар штукатурки: розчин складний (пісок, вапно, цемент) товщиною $\delta_2 = 0,01$ м.



Рисунок 3.5 – Утеплення перекриття підвалу

Після утеплення перекриття підвалу мінімальний опір теплопередачі повинен бути:

$$R_{\text{ут.П}} \geq R_{q \min}$$

1) Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції перекриття підвалу, [м]:

$$d_{\text{із}} = \left(R_{q \min} - \left(R_{\text{П}} + \frac{d_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} \right) \right) \cdot \lambda_{\text{із}}, \quad (3.28)$$

де $R_{\text{П}}$ – опір теплопередачі наявного перекриття над підвалом, [м²·К/Вт];
 $\delta_{\text{із}}$, $\lambda_{\text{із}}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності , [Вт/(м·К)], шару теплоізоляції;
 $\delta_{\text{шт}}$, $\lambda_{\text{шт}}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності , [Вт/(м·К)], шару штукатурки зі складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для перекриття техповерху відповідно до вимог [13], що обирається залежно від температурної зони розташування міста.

$$d_{iz} = \left(6 - \left(0,64 + \frac{0,01}{0,87} \right) \right) \cdot 0,055 = 0,294 \text{ м} = 300 \text{ мм.}$$

2) Опір теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом після утеплення [$\text{м}^2\text{К/Вт}$] визначимо за формулою:

$$R_{\text{ут.П.}} = R_{\Pi} + \frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{d_{шт}}{\lambda_{шт}}, \quad (3.29)$$

$$R_{\text{ут.П.}} = 0,64 + \frac{0,3}{0,055} + \frac{0,01}{0,87} = 6,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

$$6,1 \geq 6$$

3) Зменшення теплових втрат за рахунок утеплення перекриття [Вт]:

$$\Delta Q_{\Pi} = \left(\frac{1}{R_{\Pi}} - \frac{1}{R_{\text{ут.П.}}} \right) \cdot F_{\Pi} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot b_u, \quad (3.30)$$

де

F_{Π} – площа перекриття підвалу, [м^2].

$$\Delta Q_{\Pi} = \left(\frac{1}{0,64} - \frac{1}{6,1} \right) \cdot 356,59 \cdot (22 - (-21)) \cdot 0,3 = 6433,42 \text{ Вт.}$$

4) Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення перекриття підвалу, [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.П.}} = \Delta Q_{\Pi} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.31)$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.П}} = 6433,42 \cdot \frac{22 - (-0,3)}{22 - (-21)} \cdot 178 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 12,26 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

5) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.П}} \cdot T, \quad (3.32)$$

$$\Delta E = 12,26 \cdot 3889,5 = 47685,27 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Орієнтовна вартість реалізації цього заходу складає В = 464 000 грн.

6) Простий термін окупності заходу з утеплення горищного перекриття [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{464000}{47685,27} = 9,72 \text{ років.}$$

3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем будівлі та джерел енергії

Захід №1: Теплоізоляція трубопроводів та промивка системи опалення.

У процесі тривалої експлуатації інженерних систем будівель, ефективність системи опалення суттєво знижується через відсутність або пошкодження теплоізоляції на розподільчих трубопроводах, що проходять через неопалювані приміщення, такі як підвали, технічні поверхи та горища, що призводить до неконтрольованих втрат тепла в зонах, де гріти повітря немає потреби, а також через внутрішнє забруднення та замулення системи, оскільки за роки роботи на внутрішніх стінках труб відкладаються накипи.

Трубопроводи виконані із конструкційної вуглецевої сталі 20 ($\lambda=50,2(\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}})$), зовнішній діаметр 76,1 мм, внутрішній – 65 мм, а загальна довжина труб у неопалювальних зонах 110 метрів.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал, який використовується для теплоізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях, повинен мати низький коефіцієнт теплопровідності, тому обираємо спінений поліетилен. Він повинен мати теплопровідність не більше 0,038 Вт/(м·К). Товщина ізоляційного шару не повинна бути нижчою за внутрішній діаметр труби, а саме 65 мм., це забезпечить раціональне та ефективне зменшення неконтрольованих тепловтрат.

Згідно із технічними умовами витрата теплоносія на опалення складає 2,15 м³/год, тиск теплоносія в подавальній магістралі складає 0,93 МПа, в зворотній 0,37 МПа. Температурний графік взимку 95-70°C. Для проведення розрахунків прийняти середню температуру теплоносія 80°C.

За час експлуатації трубопроводів в них утворився накип товщиною 3 мм ($\lambda=0,1$ Вт/(м·К)), що зменшує тепловіддачу і збільшує гідравлічні втрати.

Використовуючи граничні умови III роду розрахуємо тепловий потік, Вт/м, через подавальні та зворотні труби до очистки від накипу, після очистки та після утеплення труб. Температуру повітря в підвальному приміщенні приймемо 10°C. Розрахунок теплового потоку на погонний метр проводиться за формулою:

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \sum \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_1} + \frac{1}{\pi d_i \alpha_2}}, \quad (3.33)$$

де t_1 – середня температура води в трубопроводах, °C;

t_2 – температура зовнішнього повітря, °C;

d_1 – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

d_i – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

λ – теплопровідність матеріалу трубопроводу, Вт/(м·К);

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від води до трубопроводу, Вт/(м² ·К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до трубопроводу, Вт/(м² ·К).

Коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 2500$ Вт/(м² ·К), а $\alpha_2 = 10$ Вт/(м² ·К).

Розраховуємо тепловий потік без ізоляції. Знаючи загальну витрату теплоносія та діаметр труб можна визначити швидкість рідини, м/с, за формулою:

$$w = \frac{G}{3600 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{вн}}}{2}\right)^2}, \quad (3.34)$$

де G – витрата теплоносія, м³/год;

$d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Підставивши значення у формулу (3.34), отримаємо:

$$w = \frac{2,15}{3600 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,059}{2}\right)^2} = 0,22 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Отримане значення швидкості потоку потрібно порівняти із допустимим:

$$w_{\text{доп}} \leq 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$w \leq w_{\text{доп}}.$$

Визначимо втрати теплоти, Вт/м з одного погонного метра трубопроводу:

$$q_1 = \frac{t_{\text{р.о.}} - t}{\frac{1}{\pi d_{\text{вн}} \alpha_1} + \frac{1}{2\pi \lambda_{\text{нак}}} \ln \frac{d_{\text{нак}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{1}{2\pi \lambda_{\text{ст}}} \ln \frac{d_{\text{зв}}}{d_{\text{нак}}} + \frac{1}{\pi d_{\text{зв}} \alpha_2}}, \quad (3.35)$$

$$q_1 = \frac{80 - 10}{\frac{1}{\pi \cdot 0,059 \cdot 2500} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,1} \ln \frac{0,065}{0,059} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50,2} \ln \frac{0,076}{0,065} + \frac{1}{\pi \cdot 0,076 \cdot 10}} = 121,61 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Утворення накипу зменшує діаметр трубопроводу, яким рухається теплоносій, що призводить до необхідності збільшувати швидкість його руху до

					ДП 1910-С 005	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гранично допустимих, збільшується гідравлічний опір. Це призводить до додаткових затрат на електроенергію та створює шум. Окрім цього, накип погіршує умови теплообміну між теплоносієм та матеріалом труб та елементів системи опалення, що призводить до зменшення температури на радіаторах.

Розрахунок теплового потоку після очистки від накипу.

Знаючи загальну витрату теплоносія та діаметр труб можна визначити швидкість рідини за формулою (3.34):

$$w = \frac{2,15}{3600 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,065}{2}\right)^2} = 0,18 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Отримане значення швидкості потоку потрібно порівняти із допустимим:

$$w_{\text{доп}} \leq 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$w \leq w_{\text{доп}}.$$

Після очистки від накипу зменшиться швидкість руху теплоносія трубами, що зменшить витрати електроенергії на роботу насосів та шум в приміщеннях. Температура на радіаторах підвищиться, що забезпечить більш комфортні умови в приміщеннях взимку. Але для зменшення втрат теплоти з поверхні трубопроводів необхідно зробити теплову ізоляцію труб в неопалюваних приміщеннях.

Розрахунок теплового потоку після ізоляції.

Теплова ізоляція труб в неопалюваних приміщеннях має відповідати наступним стандартам:

- теплопровідність матеріалу ізоляції має бути не нижче, ніж 0,035 Вт/м·К;
- діаметр ізоляції не менше внутрішнього діаметру трубопроводу.

Для утеплення будемо використовувати теплоізоляцію для базальтових труб із фольгованим покриттям:

					ДП 1910-С 005	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $\lambda_{yt} = 0,038 \text{ Вт/(м·К)}$.

Визначимо критичний діаметр ізоляції (3.36) :

$$d_{кр} = \frac{2 \cdot \lambda_{із}}{\alpha_{зв}}, \quad (3.36)$$

де

$\lambda_{із}$ – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, Вт/(м² · К) ;

α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні ізоляції в повітря, Вт/(м² · К).

$$d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,038}{10} = 0,0076 \text{ м} = 7,6 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку:

$$d_{кр} \leq d_{зов},$$

Отже, використання даного матеріалу є доцільним. Визначимо втрати теплоти з одного погонного метра трубопроводу при товщині ізоляції 50 мм відповідно до формули (3.35):

$$q_1 = \frac{80 - 10}{\frac{1}{\pi \cdot 0,065 \cdot 2500} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50,2} \ln \frac{0,076}{0,065} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,038} \ln \frac{0,15}{0,065} + \frac{1}{\pi \cdot 0,15 \cdot 10}} = 18,32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Зменшення теплового потоку, Вт/м, від трубопроводу до повітря становитиме:

$$\Delta q = 121,61 - 18,32 = 103,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

В грошовому еквіваленті річна економія становитиме(3.37):

$$E = \Delta q \cdot l \cdot 178 \cdot T \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.37)$$

де

l - довжина трубопроводу, м;

					ДП 1910-С 005	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Т- тариф на теплову енергію, грн/Гкал.

$$E = 103,29 \cdot 110 \cdot 178 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} 3839,5 = 160\,242,3 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на теплову ізоляцію становлять 3000 грн/м, а монтажні роботи 110 грн/м. Тоді капітальні вкладення складатимуть:

$$K = 110 \cdot (3000 + 110) = 342000 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності заходу з утеплення трубопроводів в неопалювальних приміщеннях, [років] визначається за формулою (3.38):

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E}, \quad (3.38)$$
$$T_{\text{ок}} = \frac{342000}{160242,3} = 2,13 \text{ років.}$$

Захід №2: Модернізація джерела теплової енергії шляхом заміни твердопаливного котла. Існуюча система теплопостачання ЗДО забезпечується тепловою енергією від окремо розташованої твердопаливної котельні. Внаслідок тривалої експлуатації котельне обладнання має значний фізичний та моральний знос, що призводить до підвищених витрат палива та зниження ефективності виробництва теплової енергії.

Для підвищення ефективності виробництва теплової енергії пропонується встановлення сучасного твердопаливного котла Alter Trio UNI Plus потужністю 300 кВт[21] (рис.3.6).

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81



Рисунок 3.6 – Твердопаливний котел Altep Trio UNI Plus

Занесемо характеристики твердопаливного котла в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4- Технічна характеристика котла Altep Trio UNI Plus

Показник	Значення
Марка котла	Altep Trio UNI Plus
Номинальна теплова потужність	300 кВт
Тип котла	Водогрійний твердопаливний
Паливо	Дрова, деревні брикети, кам'яне вугілля
ККД	До 90%
Макс. температура теплоносія	До 90 °С
Робочий тиск води	До 0,3 МПа
Об'єм води в котлі	690 л
Площа теплообмінника	28,5 м ²
Тип керування	Автоматичне регулювання тяги та вентилятора
Матеріал теплообмінника	Котлова сталь
Товщина сталі теплообмінника	6 мм
Маса котла	2450 кг
Термін служби	15 років
Країна виробник	Україна

Для визначення потенціалу енергозбереження розраховуємо річну витрату твердого палива для старого та пропонованого варіантів котельного обладнання. За базове річне споживання теплової енергії будівлі ЗДО приймаємо значення 2025 рік:

$$Q = 181,743 \text{ Гкал/рік.}$$

Визначаємо річні витрати палива для старого котла за формулою (3.39):

$$B_1 = \frac{Q}{Q_H^p \eta_1}, \quad (3.39)$$

де

Q – річна витрата теплової енергії будівлею, [Гкал/рік];

Q_H^p – нижча теплота згоряння дров, для розрахунку приймаємо $Q_H^p = 1,86$ Гкал/м³ [14];

η_1 – коефіцієнт корисної дії старого котла, що становить 0,75.

Підставивши значення у формулу (3.39), маємо:

$$B_1 = \frac{181,743}{1,86 \cdot 0,75} = 130,3 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначаємо річні витрати палива для нового енергоефективного котла за формулою(3.39):

$$B_2 = \frac{181,743}{1,86 \cdot 0,9} = 108,57 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначаємо річну економію твердого палива за формулою (3.40):

$$\Delta B = B_1 - B_2, \quad (3.40)$$
$$\Delta B = 130,3 - 108,57 = 21,71 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Розраховуємо річну економію грошових витрат за формулою (3.32):

$$\Delta E = 21,71 \cdot 3700 = 80327 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Орієнтовна вартість реалізації цього заходу складає $B = 400\,000$ грн.

Простий термін окупності заходу з заміни старого котла [років]:

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

$$T_{\text{ок}} = \frac{400000}{80327} = 4,97 \text{ років.}$$

Захід №3: Модернізація системи водоспоживання шляхом заміни застарілих сантехнічних пристроїв на енергоефективні. У будівлі ЗДО функціонує децентралізована система гарячого водопостачання та розгалужена мережа холодного водопостачання. Наразі в 7 гігієнічних кімнатах та 7 буфетних встановлено застарілі вентильні змішувачі, а також зливні бачки унітазів старого зразка. Через специфіку користування водою дітьми молодшого та дошкільного віку часто виникають ситуації, коли крани залишаються не повністю закритими, що призводить до значних перевитрат води та нерівномірності щомісячного споживання. Для заходу з енергозбереження пропонується заміна 14 існуючих змішувачів у санвузлах та буфетних на порційні натискні змішувачі [22] (рис.3.7) які подають воду лише 10-15 секунд після натискання та заміну запірної – зливної арматури в бачках унітазів на двооб'ємні механізми зливу на 3 та 6 літрів.[23] (рис. 3.8).



Рисунок 3.7- автоматичний змішувач EUROSMART COSMOPOLITAN T



Рисунок 3.8 – комплект арматури для бачка Water House

					ДП 1910-С 005	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звичайний вентиляний змішувач має середню пропускну здатність $q_1 = 12$ л/хв. Приймаємо, що одна особа вмикає воду в середньому на 1,5 хвилини на день.

Розрахуємо річне споживання води через старі змішувачі за формулою (3.41):

$$V_1 = N \cdot n \cdot t \cdot q_1, \quad (3.41)$$

де

N - кількість людей у закладі;

n - кількість робочих днів закладу на рік;

Підставивши у формулу, отримаємо:

$$V_1 = 132 \cdot 210 \cdot 1,5 \cdot 0,012 = 498,96 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Порційний змішувач завдяки вбудованому аератору та обмеженню часу подачі води знижує середню витрату до $q_2 = 5$ л/хв. Час безпосереднього миття рук залишається тим самим 1,5 хв/день.

Річне споживання води через порційні змішувачі визначається за формулою(3.41):

$$V_2 = 132 \cdot 210 \cdot 1,5 \cdot 0,005 = 207,9 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначаємо річну економію за формулою (3.42):

$$\Delta V_1 = V_1 - V_2, \quad (3.42)$$

$$\Delta V_1 = 498,96 - 207,9 = 291,06 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Далі розрахуємо для застарілих бачків. Застарілий зливний бачок при кожному натисканні використовує повний об'єм води $q_3 = 9$ літрів. Приймаємо, що кожна особа користуються зливом у середньому 2 рази за робочий день.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо річне споживання води на злив за формулою (3.41):

$$V_3 = 132 \cdot 210 \cdot 2 \cdot 0,009 = 498,96 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сучасний бачок із двооб'ємною кнопкою дозволяє робити малий злив об'ємом 3 літри та повний 6 літрів. Середня витрата води на один злив дорівнює 3,9 літрів.

Рахуємо річне споживання води на злив із новими бачками за формулою (3.41):

$$V_4 = 132 \cdot 210 \cdot 2 \cdot 0,0039 = 216,22 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначаємо річну економію за формулою (3.42):

$$\begin{aligned} \Delta V_2 &= V_3 - V_4, \\ \Delta V_2 &= 498,96 - 216,22 = 21,71 \text{ м}^3/\text{рік}. \end{aligned} \quad (3.42)$$

Визначимо загальну річну натуральну економію води за формулою (3.43):

$$\begin{aligned} \Delta V_{\Sigma} &= \Delta V_1 + \Delta V_2, \\ \Delta V_{\Sigma} &= 291,06 + 282,74 = 573,8 \text{ м}^3/\text{рік}. \end{aligned} \quad (3.43)$$

Розраховуємо річну економію грошових витрат за формулою (3.32):

$$\Delta E = 573,8 \cdot 54,3 = 31157,34 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Орієнтовна вартість реалізації цього заходу складає $B = 49\,000$ грн.

Простий термін окупності заходу [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{49000}{31157,34} = 1,6 \text{ років}.$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Висновки по розділу 3

У цьому розділі було проаналізовано стан огорожувальних конструкцій дошкільного закладу освіти №4 в місті Жашків. За результатами розрахунків визначено фактичні значення опору теплопередачі та обчислено обсяги тепловтрат через елементи будівлі. Для мінімізації втрат теплової енергії та суттєвого підвищення загальної енергоефективності об'єкта було запропоновано наступні заходи з енергозбереження, які представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Заходи з підвищення рівня енергозбереження в будівлі ЗДО №4

№	Захід з енергозбереження	Витрати на впровадження, тис. грн	Річна економія теплової енергії, Гкал/рік	Річна економія витрат тис. грн	Простий термін окупності
1	Утеплення зовнішніх стін	638600	24,77	98819,92	6,46
2	Утеплення горищного перекриття	642000	16,78	65265,81	9,83
3	Утеплення перекриття підвалу	464000	12,26	47685,27	9,72
4	Теплоізоляція трубопроводів та промивка системи опалення	342000	41,2	160242,3	2,13
5	Модернізація котла	400000	21,71	80327	4,97
6	Модернізація системи водоспоживання	49000	1,09	31157,34	1,6
Σ		2 535 600	107,81	487 611,7	

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги

Енергоменеджмент є одним із ключових інструментів забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів у бюджетній сфері України. Особливо актуальним його впровадження є для закладів освіти, оскільки витрати на електричну та теплову енергію становлять значну частку місцевих бюджетів. У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності підвищення енергетичної безпеки держави розвиток систем енергоменеджменту набуває стратегічного значення.

Заклади дошкільної освіти належать до категорії об'єктів із високим потенціалом енергозбереження. Більшість таких будівель були зведені у 1960–1980-х роках за нормативами, що не враховували сучасних вимог до енергоефективності. Для них характерні значні тепловтрати через зовнішні стіни, покрівлю та віконні конструкції, відсутність автоматичного регулювання систем опалення, застарілі системи освітлення та недостатній контроль за споживанням енергоресурсів.

Останніми роками в Україні спостерігається активний розвиток систем енергоменеджменту в бюджетній сфері. Органи місцевого самоврядування впроваджують автоматизовані системи моніторингу споживання енергії, здійснюють регулярний аналіз енергетичних показників та розробляють програми підвищення енергоефективності. Особлива увага приділяється впровадженню програмного забезпечення для збору та аналізу даних про споживання електричної та теплової енергії, води та природного газу.

					ДП 1910-С 005							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Рекомендації для розвитку енергоменеджменту					Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Коломієць В.В.										
Перевір.		Лисенко О.М.										
Реценз.										НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.										
Затверд.												

Для полегшення роботи з впровадженням ефективних технологій для якісного використання електричної енергії з якомога меншими втратами опираються на міжнародні стандарти:

- Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1818-IX від 21.10.2021 [24]- даний закон визначає правові, економічні та організаційні засади забезпечення енергоефективності в усіх секторах економіки. Для об'єктів бюджетної сфери закон є важливим тому, що передбачає впровадження систем енергетичного менеджменту, проведення енергетичного моніторингу та реалізацію заходів щодо скорочення споживання енергетичних ресурсів.
- Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2019-VIII, редакція від 23.04.2026 [25] – визначає принципи роботи ринку електроенергії та підкреслює необхідність прозорих та ефективних механізмів взаємодії між споживачами й постачальниками енергії.
- ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. [26] – головний методологічний стандарт, який визначає вимоги до створення, впровадження, підтримки та вдосконалення системи енергоменеджменту.
- ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанова щодо застосування.[27] – стандарт, який спрямований на контроль та зменшення негативного впливу об'єкта на навколишнє середовище.

Серед сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту в закладах дошкільної освіти України можна виділити впровадження автоматизованих систем енергомоніторингу, використання LED-освітлення, модернізацію систем опалення із застосуванням автоматичних регуляторів температури, утеплення огорожувальних конструкцій будівель та встановлення енергоефективних вікон. Також поширюється використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій та теплових насосів. Важливою тенденцією є цифровізація процесів контролю споживання енергоресурсів, що дозволяє

					ДП 1910-С 005	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

своєчасно виявляти перевитрати та підвищувати ефективність використання бюджетних коштів. Комплексне впровадження зазначених заходів забезпечує зменшення енергоспоживання, скорочення експлуатаційних витрат та покращення умов перебування дітей у закладах дошкільної освіти.

4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів

Ефективне управління енергоспоживанням неможливе без організації якісної системи обліку та моніторингу використання енергетичних ресурсів. Саме своєчасне отримання достовірної інформації про обсяги споживання електричної та теплової енергії, води є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо підвищення енергоефективності об'єкта.

Проведений аналіз показав, що на об'єкті здійснюється комерційний облік основних енергоресурсів, однак існуюча система не забезпечує достатнього рівня оперативного контролю та детального аналізу енергоспоживання. Відсутність автоматизованого збору та обробки даних ускладнює своєчасне виявлення перевитрат енергетичних ресурсів та оцінку ефективності впроваджених енергозберігаючих заходів.

Для підвищення ефективності управління енергоресурсами рекомендується впровадити систему енергетичного моніторингу, яка дозволить здійснювати постійний контроль за споживанням електричної енергії, тепла та води. Основою такої системи повинні стати сучасні вузли обліку, оснащені цифровими засобами передачі даних та програмним забезпеченням для накопичення і аналізу інформації.

Однією з рекомендацій є створення єдиної бази даних споживання енергетичних ресурсів на базі спеціалізованих хмарних платформ енергомоніторингу наприклад, «Енергобаланс» або «Фініст», у якій буде накопичуватися інформація про щоденні, щомісячні та річні показники використання енергії. Це дозволить проводити порівняльний аналіз даних за

					ДП 1910-С 005	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різні періоди, визначати тенденції зміни споживання та своєчасно виявляти відхилення від нормативних показників.

Доцільним також є впровадження автоматизованої системи контролю споживання електричної енергії, яка забезпечить можливість дистанційного зчитування показників лічильників та формування аналітичних звітів. Для реалізації цього завдання пропонується встановлення багатофункціональних електронних лічильників типу «HiK 2303» або «Gama 300», які укомплектовуються зовнішніми контролерами чи GPRS-модемами типу «інПЛАТ» або «AnCom». Такий підхід дозволить скоротити час на обробку інформації та підвищити достовірність отриманих даних.

Для підвищення ефективності використання теплової енергії та води рекомендується модернізувати комерційні вузли обліку. Для обліку теплоносія доцільно використовувати сучасні ультразвукові теплолічильники Ultraheat UN50 або Multical 603, а для контролю системи водопостачання – імпульсні лічильники холодної води Sensus з інтегрованими модулями передачі даних. Це дасть змогу здійснювати регулярний контроль питомих витрат тепла на опалення будівлі, порівнювати їх з показниками попередніх років та оцінювати вплив погодних умов, режимів експлуатації та впроваджених енергоефективних заходів на загальний рівень енергоспоживання.

Важливим напрямком удосконалення системи моніторингу є призначення відповідальної особи, енергоменеджера або завгоспа закладу за ведення енергетичного обліку та аналіз отриманих даних. До її функцій повинні входити збір інформації через інтерфейс програмного комплексу, підготовка звітів, контроль дотримання встановлених лімітів споживання та розробка пропозицій щодо підвищення енергоефективності об'єкта. Узагальнену структуру автоматизованої системи контролю та обліку енергоресурсів наведено на рис 4.1.

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91



Рисунок 4.1- Автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів

Тому розвиток системи обліку та моніторингу споживання енергетичних ресурсів дозволить забезпечити постійний контроль за використанням електричної та теплової енергії, своєчасно виявляти втрати енергоресурсів, підвищити ефективність роботи інженерних систем будівлі та створити інформаційну основу для подальшого впровадження заходів з енергозбереження.

4.3 Рекомендації щодо організаційно- управлінських заходів

Впровадження навіть найсучаснішого інструментального обліку та програмного забезпечення не дасть очікуваного ефекту без належної організації інституційного управління, тому для об'єкта дослідження пропонується комплекс низьковитратних рішень, спрямованих на упорядкування процесу споживання ресурсів та чіткий розподіл відповідальності всередині колективу дитячого садка.

По- перше, ефективна робота системи базується на людському факторі, що передбачає призначення відповідальної особи та чіткий розподіл функцій, де:

- адміністративний рівень в особі завідувача ЗДО здійснює загальний контроль за дотриманням лімітів та координує співпрацю з муніципальним енергоменеджером,
- операційний рівень в особі завгоспа забезпечує щоденний візуальний контроль інженерних систем, зняття показників лічильників та первинний аналіз відхилень через інтерфейс хмарної програми.

По-друге, оскільки дитячий садок працює за чітким тижневим графіком, важливим є впровадження «Режим вихідного дня», що за наявності індивідуального теплового пункту (ІТП) з погодним регулюванням дозволяє налаштувати автоматику на зниження температури повітря в приміщеннях до +15...16 °С у суботу та неділю з автоматичним поверненням до нормативних +20...22 °С в ніч на понеділок, забезпечуючи заощадження до 15–20% теплової енергії за тиждень.

По-третє, обов'язковим елементом управління є постійний догляд за інженерними системами та будівлею, який включає щотижневий обхід підвальних приміщень завгоспом для контролю цілісності ізоляції із спіненого поліетилену на магістральних трубопроводах, негайне відновлення герметичності швів армованим скотчем у разі пошкоджень, контроль за тим, щоб радіатори в групах не були закриті щільними екранами, а також дотримання правил швидкого наскрізного провітрювання ігрових кімнат замість постійно відкритих кватирок.

По-четверте, енергозбереження має стати частиною внутрішньої культури закладу через:

- навчання та мотивацію персоналу, що реалізується шляхом проведення регулярних коротких інструктажів для працівників пральні та харчоблоку щодо раціонального використання електроплит;
- запровадження системи морального чи матеріального заохочення для колективу садка за умови досягнення реальної економії енергоресурсів відносно базової лінії споживання за результатами опалювального сезону.

Таким чином, поєднання чіткої організаційної структури, оптимізації

					ДП 1910-С 005	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимів роботи обладнання та підвищення дисципліни персоналу є обов'язковою умовою для мінімізації енергетичних втрат дитячого садка та отримання максимального ефекту від впроваджених технічних заходів.

Висновки по розділу 4

У четвертому розділі розглянуто особливості впровадження енергоменеджменту в закладах дошкільної освіти України. Встановлено, що такі об'єкти мають значний потенціал енергозбереження через застарілу інфраструктуру та недостатній рівень автоматизації обліку енергоресурсів.

Запропоновані заходи щодо вдосконалення системи моніторингу та обліку енергії, а також організаційно-управлінські рішення дозволяють підвищити ефективність використання електричної та теплової енергії, зменшити втрати та оптимізувати витрати бюджету.

Отже, комплексне впровадження технічних і організаційних заходів забезпечує підвищення енергоефективності закладів дошкільної освіти та покращення умов їх функціонування.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

5.1 Аналіз потенціалу відновлювальних джерел енергії

Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на сучасному етапі розвитку енергетики є пріоритетним напрямком для зниження операційних витрат споживачів, зменшення залежності від централізованих мереж та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Для вибору оптимального типу ВДЕ для досліджуваного об'єкта було проведено порівняльний аналіз технічного та економічного потенціалу основних альтернативних джерел енергії:

- **Вітрова енергія:** Використання вітрогенераторів на території розташування об'єкта є недоцільним. Середня річна швидкість вітру в регіоні є недостатньою для стабільної та ефективної роботи промислових або навіть малопотужних вітрових турбін та статус об'єкта накладають жорсткі обмеження через шумове навантаження, вібрації під час роботи та необхідність виділення значної прилеглої площі під санітарні зони й високі щогли.
- **Геотермальна енергія:** Застосування геотермальних теплових насосів має високий потенціал для систем опалення, проте впровадження таких систем потребує значних капіталовкладень на початковому етапі таких як буріння свердловин та масштабних земляних робіт.
- **Сонячна енергія:** На відміну від інших видів ВДЕ, сонячна енергетика має найвищий технічний потенціал для інтеграції в існуючу інфраструктуру об'єкта. Кліматичні умови регіону характеризуються достатнім рівнем для забезпечення ефективної генерації електроенергії протягом року

					ДП 1910-С 005			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлюваних джерел енергії на об'єкті	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Коломієць В.В.						
Перевір.		Лисенко О.М.						
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затверд.								

На основі проведеного аналізу альтернатив як найбільш технічно обґрунтоване рішення обрано технологію фотоелектричного перетворення сонячної енергії. Проектована сонячна електростанція орієнтована на роботу виключно під власне споживання об'єкта.

Основні цілі впровадження системи:

- Зниження фінансових витрат: Заміщення частини електроенергії, яка закуповується з централізованої мережі за високими тарифами для юридичних осіб, безкоштовною власною генерацією.
- Синхронізація профілів: Графік роботи ЗДО ідеально збігається за часом із профілем максимальної генерації СЕС. Це дозволяє максимізувати коефіцієнт корисного використання виробленої енергії безпосередньо в момент її генерації.
- Підвищення енергонезалежності: Зменшення операційної залежності об'єкта від дефіциту потужності в енергосистемі та коливань тарифів на ринку електричної енергії.

Крім того, в Україні діють державні та муніципальні програми підтримки сонячної енергетики, які передбачають фінансові стимули у вигляді грантів, податкових пільг, компенсацій або пільгового кредитування. Залучення таких інструментів значно покращує економічну вигідність встановлення СЕС для багатоквартирних будинків.

5.2 Опис кліматологічних характеристик місця розташування СЕС

Місто Жашків розташоване в зоні помірно континентального клімату, який вирізняється відносно м'якими зимами та теплим, тривалим літнім періодом. Середня температура повітря у січні становить приблизно $-5,0^{\circ}\text{C}$, а в липні – близько $+20,1^{\circ}\text{C} \dots +21,5^{\circ}\text{C}$. Найхолодніша температура, яка коли-небудь спостерігалась у регіоні, становила близько $-34,4^{\circ}\text{C}$ (зафіксована у січні 1935 року), а найвища – сягала $+41,0^{\circ}\text{C}$ (у серпні 1946 року).

Річна кількість опадів у Жашкові в середньому складає від 530 до 580 мм. Найбільша кількість опадів припадає на літні місяці — червень та липень

					ДП 1910-С 005	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(приблизно 65–70 мм), а найменше — на зимовий період (січень та лютий), коли місячна сума опадів становить близько 32–35 мм.

Узимку зазвичай формується стійкий сніговий покрив, середня висота якого в лютому коливається в межах 10–12 см. Проте через загальні тенденції зміни клімату в останні десятиліття спостерігається значна нестабільність снігового покриву: часті зимові відлиги призводять до повного танення снігу, через що окремі зимові періоди проходять майже безсніжно або з короткочасним утворенням снігового насту, що чергується з оголенням ґрунту.

Відповідно до нормативних вимог [19] в таблиці 5.1 представлено значення середньомісячної температури атмосферного повітря для території розташування об'єкта.

Таблиця 5.1 Середньомісячна температура Черкаської області

Середня місячна температура, °С											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-5	-4	-0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2	-2,7

З рис 5.1 можна побачити, що Жашків (Черкаська область) знаходиться у середній зоні сонячного випромінювання. Ці дані означають, що місто має значний потенціал у використанні відновлюваних джерел енергії, а саме сонячних електростанцій.

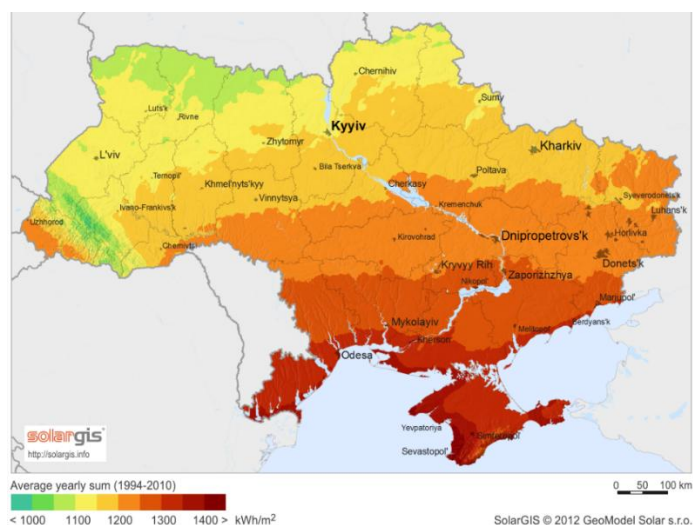


Рисунок 5.1 – Сонячне випромінювання України[29]

					ДП 1910-С 005	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після вибору місця розташування задаємо лінію горизонту (рис.5.2). Здійснюється симуляція сонячного випромінювання протягом року для даної локації.

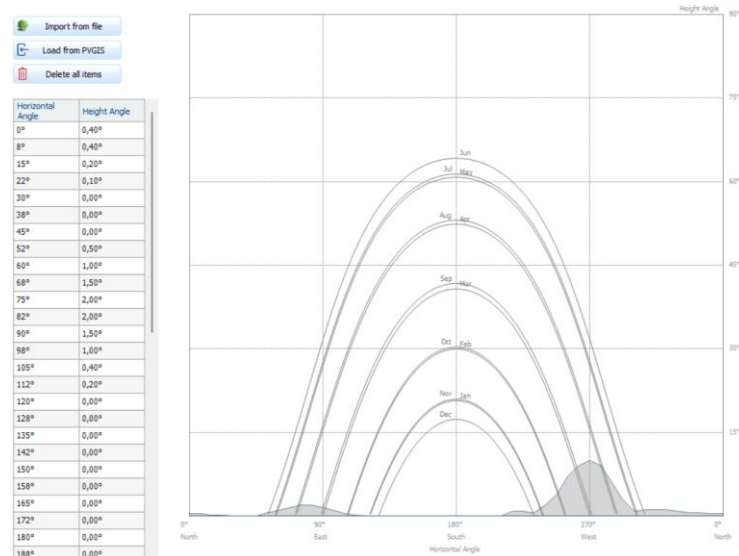


Рисунок 5.2 – Моделювання сонячного випромінювання з урахуванням лінії горизонту[30]

5.3 Вибір сонячних панелей

Основною технологічною ланкою виробництва електроенергії є фотогальванічні панелі, які перетворюють електромагнітну енергію сонячної радіації безпосередньо в електричний струм постійної напруги.

В таблиці 5.2 наведено параметри панелі для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації Longi Solar – LR5-72 HTH 525 M[31] .

Таблиця 5.2- Основні параметри фотогальмівних панелей компанії Longi Solar – LR5-72 HTH 525 M

№ п/п	Найменування показника	Longi Solar – LR5-72 HTH 525 M
1	Максимальна потужність, P_m , Вт	525
2	Струм короткого замикання, I_k , А	13,65
3	Напруга холостого ходу, U_{xx} , В	49,05
4	Напруга при максимальній потужності, $U_{мп}$, В	41,20

Продовження таблиці 5.2

5	Струм при максимальній потужності, I _{мп} , А	12,75
6	Номінальна температура, °С	45

Для знаходження кількості сонячних панелей необхідно порахувати площу сторони даху:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (5.1)$$

де

c – ширина сторони даху, [м];

a – ширина половини закладу, [м];

b – висота горища, [м].

Підставимо значення у формулу (5.1), отримаємо:

$$c = \sqrt{11^2 + 1,4^2} = 11,09 \text{ м.}$$

Площа однієї сторони даху дорівнює 356,59 м². Для розрахунку будемо використовувати тільки половину даху тому, що потрібно мати доступ для обслуговування. Тож приймаємо площу 300 м².

Площа однієї сонячної батареї становить 2,58 м², тому визначаємо кількість сонячних панелей з однієї сторони даху за формулою (5.2):

$$n = \frac{S_{\text{дах}}}{S_c}, \quad (5.2)$$

Підставляємо значення у формулу (5.2):

$$n = \frac{300}{2,58} = 116 \text{ шт.}$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При такій кількості панелей пікова потужність буде дорівнювати(5.3):

$$n \cdot P = 116 \cdot 525 = 60900 \text{ Вт.}$$

Але, так як на даний момент ЗДО має зниження поточної наповненості груп через стан в Україні, тому реальна потреба в електричній енергії для забезпечення технологічних процесів є значно меншою за максимальну. У зв'язку з відсутністю необхідності у генерації великих обсягів надлишкової енергії, пропонується встановити 30 сонячних панелей.

В такому випадку пікова потужність буде дорівнювати(5.3):

$$n \cdot P = 30 \cdot 525 = 15750 \text{ Вт.}$$

Слід враховувати, що фотоелектрична система характеризується непостійним характером генерації, яка залежить від добової та сезонної інсоляції і рідко досягає свого пікового значення. Для цього чинника та забезпечення стабільного енергопостачання закладу, у проєкті передбачено використання гібридного інвертора у поєднанні з буферною акумуляторною системою – це дозволяє акумулювати надлишки енергії в години максимального сонячного випромінювання та плавно перерозподіляти її в періоди зниженої генерації або повної відсутності сонця, забезпечуючи максимальну надійність та стабільний економічний ефект.

На рис. 5.3 наведені приблизні прогнози генерації сонячної енергії за рік помісячно.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

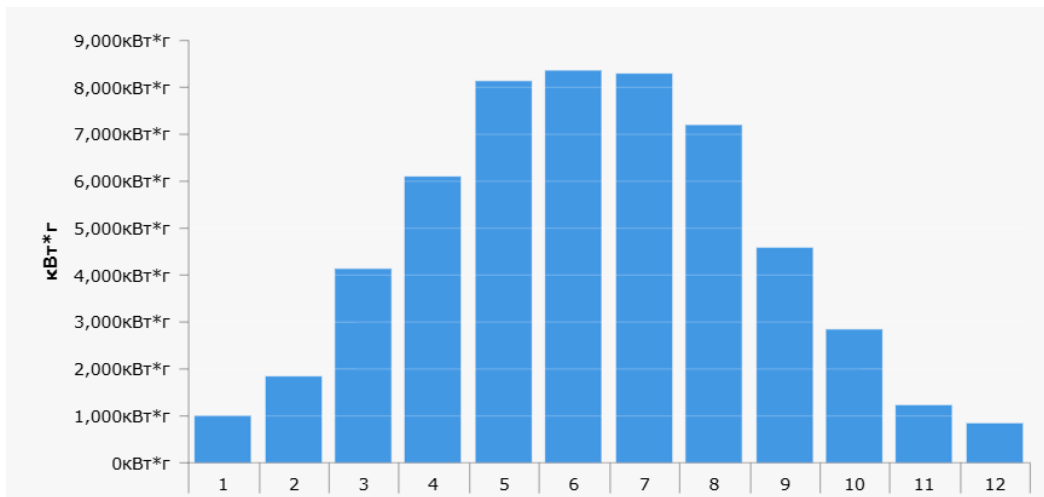


Рисунок 5.3- Прогноз генерування енергії сонячними панелями за рік[32]

5.4 Аналіз економічної доцільності та термінів окупності ВДЕ

Для реалізації проєкту необхідно визначити перелік основного обладнання та допоміжних матеріалів. У даному випадку орієнтовні ціни на матеріали та обладнання були отримані з відкритих джерел, що дозволило оцінити приблизну загальну вартість реалізації проєкту. Водночас слід враховувати, що ринкові ціни можуть змінюватися, тому перед безпосередньою закупівлею необхідно уточнити їх за актуальними даними або безпосередньо у постачальників. В таблиці 5.3 представлена вартість впровадження проєкту.

Таблиця 5.3 - Вартість впровадження проєкту

№	Товари (роботи, послуги)	Од.	Кіл-сть	Ціна, грн з ПДВ	Сума, грн з ПДВ
1	Інвертор Deye SUN-15K-SG01HP3-EU-AM2[33]	шт	1	95 000,00	95 000,00
2	Батареї LiFePO4 51.2V 100Ah 5.12 kWh[34]	шт	5	30 000,00	150 000,00
3	Фотомодулі Longi Solar LR5-72HTH-525M 525W[31]	шт	30	4 270,00	128 100,00

Продовження таблиці 5.2

4	Алюмінієвий блок 250 мм, з висотою Н=80 мм[35]	шт	30	145,00	4 350,00
5	Кабель сонячний Н1Z2Z2-К 1×4 мм²[36]	м	130	46,00	5 980,00
6	Кабель силовий ВВГнг-LS 4×6 мм²[37]	м	6	280,00	1 680,00
7	Запобіжники[38]	шт	8	143	1 144,00
8	Монтажний комплект[39]	комплект	1	15 000,00	15 000,00
9	Вартість робіт		%	12,00	48 150
				Всього	≈500 000

Розрахуємо щорічну економію енергоресурсів в коштах за формулою:

$$E = A \cdot P_T, \quad (5.4)$$

де

P_T - тариф на електроенергію , грн/кВт·год;

A - кількість виробленої енергії.

Підставивши у формулу (5.4), отримаємо:

$$E = 16500 \cdot 8,58 = 141570 \text{ грн/рік.}$$

Простий термін окупності даного заходу знайдемо за формулою:

$$T = \frac{B}{E}, \quad (5.5)$$

$$T = \frac{450000}{141570} = 3,17 \text{ років}$$

Крім безпосередніх капітальних витрат на придбання основного технологічного обладнання та виконання базових монтажних робіт, комплексне

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

впровадження фотоелектричної системи передбачає врахування супутніх першочергових та додаткових витрат. Довгострокова експлуатація фотоелектричної системи протягом її життєвого циклу передбачає врахування щорічних операційних витрат на поточне обслуговування та підтримання працездатності обладнання.

Специфіка роботи СЕС для закладу дошкільної освіти мінімізує потребу в постійному технічному персоналі, проте для забезпечення стабільної номінальної генерації та надійності системи закладаються такі щорічні операційні витрати:

- витрати на сервісне клінінгове обслуговування (технічне миття робочих поверхонь від пилу, органічних та атмосферних забруднень двічі на рік для запобігання виникненню ефекту затінення і зниження ККД);
- планово-попереджувальний огляд електричних з'єднань, контактних груп силових кабелів, щитового обладнання, а також комплексна діагностика режимів роботи гібридного інвертора й інспекція стану акумуляторних батарей;
- відрахування на дрібний сервісний ремонт та планову заміну видаткових компонентів.

Обсяг щорічних операційних витрат приймається на рівні 1–3% від початкової капітальної вартості всього комплексу обладнання. Для конкретно цього проекту це приблизно 8500 грн на рік. Для визначення економічної ефективності проекту було використано ставку дисконтування, яка станом на червень 2026 рік є 15%. Така ставка дозволяє показати вартість майбутніх грошових потоків, беручи до уваги індекс інфляції та альтернативну вартість капіталу. Усі подальші інженерно-економічні розрахунки та оцінка доцільності інвестицій у фотоелектричну систему виконані відповідно до [40].

При розрахунку простого строку окупності використовувалась формула:

$$PBP = \frac{INV_t}{\sum_{t=0}^n CF_t}, \quad (5.6)$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

При розрахунку дисконтованого строку окупності використовувалась формула:

$$DPBP = \frac{\sum_{t=0}^n INV_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^n CF_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t}}, \quad (5.7)$$

При розрахунку чистої приведеної вартості проекту використовувалась формула:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t}, \quad (5.8)$$

При розрахунку внутрішньої норми рентабельності проекту використовувалась формула:

$$IRR = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=0}^n CF_t}{INV_t}} - 1, \quad (5.9)$$

Усі ключові результати фінансової оцінки наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4- Результати розрахунку фінансових показників

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Ефективність загальних інвестицій		
Простий термін окупності	3 років	7 міс
Дисконтований термін окупності	5 років	11 міс
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	%	25,7
Чиста приведена вартість (NPV)	Тис.грн.	278,11

Для оцінки економічної ефективності проекту виконано розрахунок грошових потоків з урахуванням інвестиційних та експлуатаційних витрат, очікуваної економії та ставки дисконту. На основі отриманих даних визначено

простий і дисконтований строки окупності, а також проаналізовано зміну чистої приведеної вартості проєкту протягом розрахункового періоду. Результати розрахунків наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок фінансових показників в Excel

Рік	Капітальні витрати, тис.грн	Експлуатаційні витрати, тис. грн	Економія, тис.грн	Грошовий потік, тис.грн	Кумулят. Грошовий потік, тис.грн	$K_i, i = 15\%$	Дисконт. Грошовий потік, тис.грн	Дисконт. Кумулят. Грошовий потік, тис.грн
0	500	0	0	-500	-500	1	-500	-500
1	0	8,5	141,57	133,07	-366,93	0,87	115,71	-384,29
2	0	8,5	141,57	133,07	-233,86	0,76	100,62	-283,67
3	0	8,5	141,57	133,07	-100,79	0,66	87,50	-196,17
4	0	8,5	141,57	133,07	32,28	0,57	76,08	-120,09
5	0	8,5	141,57	133,07	165,35	0,50	66,16	-53,93
6	0	8,5	141,57	133,07	298,42	0,43	57,53	3,60
7	0	8,5	141,57	133,07	431,49	0,38	50,03	53,63
8	0	8,5	141,57	133,07	564,56	0,33	43,50	97,13
9	0	8,5	141,57	133,07	697,63	0,28	37,83	134,95
10	0	8,5	141,57	133,07	830,7	0,25	32,89	167,85
11	0	8,5	141,57	133,07	963,77	0,21	28,60	196,45
12	0	8,5	141,57	133,07	1096,84	0,19	24,87	221,32
13	0	8,5	141,57	133,07	1229,91	0,16	21,63	242,95
14	0	8,5	141,57	133,07	1362,98	0,14	18,81	261,76
15	0	8,5	141,57	133,07	1496,05	0,12	16,35	278,11

Для врахування факторів невизначеності і ризиків проєкту проведений аналіз чутливості основних показників ефективності проєкту до варіацій тих параметрів, значення котрих по чинникам, що не контролюються на даному етапі проектування, можуть змінюватися або не можуть бути визначені достатньо точно[].

Оцінені коливання значень основних економічних показників ЗЕЕ: внутрішньої норми прибутковості (IRR), чистої приведеної вартості (NPV), простого та дисконтованого періодів окупності. Аналіз чутливості представлений в таблиці 5.6 та проведений на основі розрахунку залежності економічних показників проєкту від зміни параметрів проєкту в діапазоні $\pm 20\%$ з кроком 10%.

Таблиця 5.6-Результати розрахунків чутливості основних показників NPV та IRR

Сценарій	Збільшення		Базовий	Зменшення	
	20%	10%		10%	20%
Зміни капітальних витрат					
Чиста приведена вартість (NPV)	178,11	228,11	278,11	328,11	378,11
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	20,88	23,12	25,7	28,91	32,8
Зміни досягнення економії					
Чиста приведена вартість (NPV)	443,67	360,89	278,11	195,33	112,55
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	31,76	28,78	25,7	22,67	19,5
Зміни відсоткової ставки (ставки дисконту)					
Чиста приведена вартість (NPV)	74,07	67,89	68,89	55,55	49,37
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7

Проведений аналіз показав, що проєкт є достатньо стійким до впливу зовнішніх факторів, однак рівень його чутливості до окремих показників відрізняється. Найбільший вплив на ефективність має рівень досягнутої економії електроенергії: у разі її зменшення на 20% показник NPV суттєво знижується, що свідчить про важливість стабільної та ефективної роботи сонячної електростанції.

Помірний вплив мають капітальні витрати, збільшення вартості обладнання та монтажу призводить до зниження NPV, однак проєкт при цьому залишається економічно доцільним. Найменш значущим фактором виявилась ставка дисконту, зміна якої практично не впливає на внутрішню норму рентабельності (IRR) та лише незначно змінює значення NPV.

Можна зробити висновок, що навіть за несприятливих умов проєкт зберігає фінансову привабливість, оскільки показники NPV залишаються

додатними, а IRR перевищує ставку дисконту. Це підтверджує його надійність і відносно низький рівень ризику. Також графічно це показано на рис. 5.4 та рис.5.5.

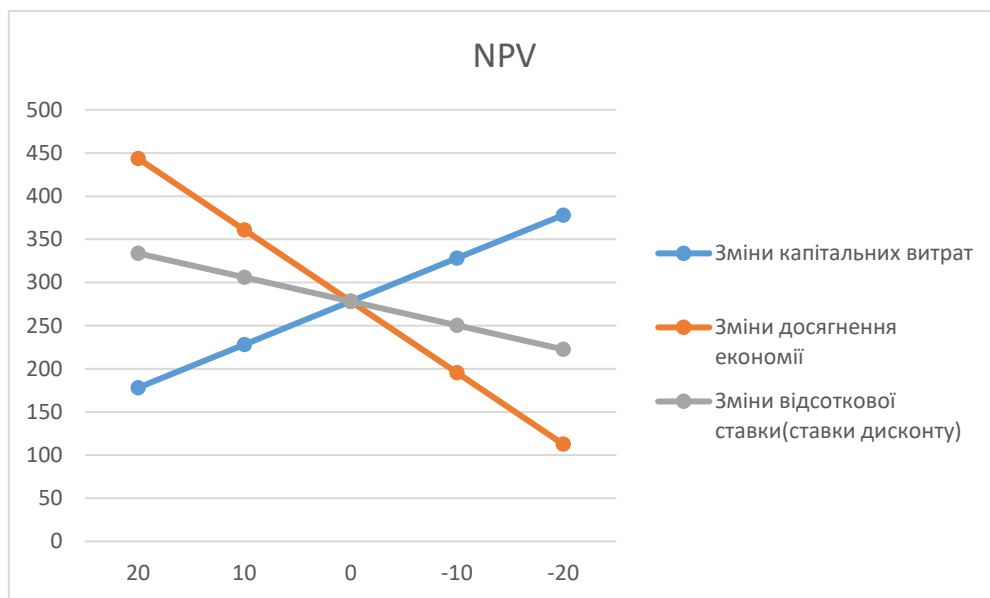


Рисунок 5.4 – Аналіз чутливості чистої приведеної вартості до різних змін

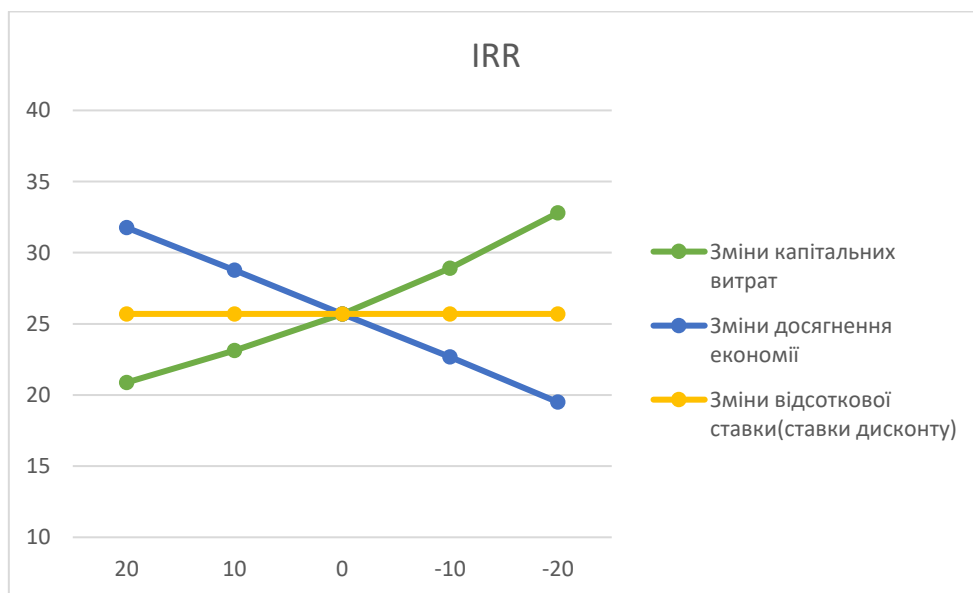


Рисунок 5.5 – Аналіз чутливості внутрішньої норми прибутковості до різних змін

Висновок по розділу 5

У розділі обґрунтовано доцільність впровадження сонячної електростанції для забезпечення потреб закладу дошкільної освіти. Аналіз кліматичних умов району розташування об'єкта показав достатній рівень сонячної інсоляції, що створює сприятливі умови для ефективного використання сонячної енергії. Розроблено проєкт гібридної фотоелектричної системи з акумуляторним накопиченням енергії, яка забезпечує надійне електропостачання та раціональне використання енергетичних ресурсів. Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність і доцільність реалізації проєкту, що дозволяє рекомендувати його впровадження як захід підвищення енергоефективності закладу.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОДЕРНІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

6.1 Вибір найефективнішого технічного засобу, доцільність використання якого обґрунтовано у попередніх розділах проєкту

Об'єктом дослідження у даному проєкті є будівля закладу дошкільної освіти №4 «Ромашка» м. Жашків, де проведений аналіз виявив, що існуюча система штучного освітлення виконана на застарілих та енергоємних люмінесцентних лампах потужністю 80 Вт, які є зношеними та створюють нераціональне навантаження на електричну мережу.

З метою підвищення енергоефективності та покращення умов безпеки на об'єкті пропонується виконати повну заміну існуючих люмінесцентних ламп на сучасні лінійні світлодіодні лампи «ЄВРОСВІТ PRO 18Вт 6400К L-1200» з цоколем G13[8] наведено на рис.6.1.



Рисунок 6.1- LED лампа ЄВРОСВІТ PRO 18Вт 6400К L-1200, T8, G13

Доцільність вибору цього технічного засобу з погляду охорони праці та виробничої санітарії обґрунтована тим, що традиційні люмінесцентні лампи

					ДП 1910-С 005			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Коломієць В.В.			Охорона праці та пожежна безпека під час модернізації системи штучного освітлення	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Третьякова Л.Д.						
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затверд.								

містять токсичні пари ртуті, які належать до першого класу небезпеки, а їхня заміна на світлодіодні трубки повністю виключає ризик ртутного отруєння дітей та персоналу у разі випадкового розбиття колби. Крім того, нові LED-лампи мають мінімальний коефіцієнт пульсації менше 5%, що усуває шкідливий для зору стробоскопічний ефект, а їхнє холодне денне світло з колірною температурою 6400 К знижує втому вихователів та повністю відповідає нормам[42] для дитячих установ.

Важливим фактором є і суттєве зниження пожежної небезпеки, адже на відміну від старих люмінесцентних світильників, де дроселі нагріваються до 100-120 °С, світлодіодні лампи потужністю 18 Вт мають низьку робочу температуру корпусу в межах 45-50 °С, що мінімізує ризик короткого замикання та займання.

Таким чином, заміна ламп на об'єкті ЗДО №4 дозволяє знизити встановлену потужність освітлення з 14,4 кВт до 3,24 кВт, одночасно забезпечуючи безпечні, безтоксичні та пожежобезпечні умови праці.

6.2 Вибір місця розміщення електротехнічного обладнання та планування обсягу і тривалість робіт

Вибір місця розміщення обладнання: Модернізація системи штучного освітлення закладу дошкільної освіти передбачає повну заміну існуючих застарілих люмінесцентних джерел світла на сучасні енергоефективні лінійні світлодіодні лампи. Нове електротехнічне обладнання розміщується безпосередньо в корпусах існуючих стельових та настінних світильників, які розташовані в групових кімнатах, спальнях, адміністративних приміщеннях, харчоблоці, пральні та коридори, сходові клітки. Таке конструктивне рішення дозволяє повністю зберегти наявну структуру освітлювальних мереж, виключає необхідність проведення додаткових будівельно-монтажних робіт та забезпечує відповідність нормативним рівням освітленості робочих поверхонь без зміни координат точок підвісу світильників.

					ДП 2105.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

Планування обсягу та тривалість робіт: З метою безпечної організації праці в умовах дитячого садка, весь комплекс електромонтажних робіт розбивається на наступні етапи:

- **Підготовчий етап:** проведення інструктажів з охорони праці, відключення відповідних лінійних автоматів у розподільчих щитах, перевірка відсутності напруги показчиком, доставка інструментів та нових ламп до місця виконання робіт, а також підготовка допоміжних висотних засобів.
- **Основний етап:** послідовний демонтаж старих люмінесцентних ламп, їх акуратне складування у спеціальну тару для подальшої безпечної утилізації, відключення або обхід старих пускорегулюючих апаратів у світильниках та безпосереднє встановлення нових світлодіодних ламп.
- **Фінальний етап:** подача напруги в мережу освітлення, візуальна перевірка працездатності всіх встановлених ламп, інструментальний контроль рівнів освітленості у приміщеннях за допомогою люксметра та прибирання робочих місць від залишків пакувальних матеріалів.

Склад бригади та часові регламенти: Для якісного та безпечного виконання зазначеного обсягу робіт формується бригада у складі двох осіб:

- **Керівник робіт (старший електромонтажник)-** має групу з електробезпеки не нижче IV, здійснює загальний нагляд, відповідає за відключення напруги в щитах, допуск до роботи та фінальні випробування системи.
- **Виконавець (електромонтажник) -** має групу з електробезпеки не нижче III, безпосередньо виконує заміну ламп та перекомутацію світильників, працюючи на засобах підмоцнування.

Зважаючи на те, що об'єктом є дитячий садок, усі роботи плануються виключно на вихідні дні, коли діти та вихователі відсутні в будівлі. Загальний обсяг заміни 180 ламп за умови чіткої організації праці та підготовленого інструменту виконується бригадою з 2-х людей за дві робочі зміни тривалістю по 8 годин кожна. Таке жорстке планування строків дозволяє повністю виключити ризик травмування дітей, захаращення евакуаційних коридорів

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

монтажним інструментом та забезпечує повну готовність оновленої системи штучного освітлення до початку нового навчального тижня.

6.3 Оцінка умов праці та визначення можливих небезпек для електротехнічних працівників

Під час виконання комплексу електромонтажних робіт із модернізації системи штучного освітлення в ЗДО №4 м. Жашків, на персонал Жашківської філії ПАТ «Черкасиобленерго» може діяти низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Відповідно до базових положень [41], роботодавець зобов'язаний забезпечити належний контроль та мінімізацію ризиків на робочих місцях. Ідентифікація та оцінювання небезпечних факторів при виконанні даного заходу проведена згідно з принципами національного стандарту [42].

Для забезпечення безпечних умов праці монтажної бригади визначено джерела виникнення потенційних ризиків, враховано параметри робочої зони та сформовано комплекс захисних інженерно-технічних і організаційних заходів:

Небезпека ураження електричним струмом: Джерелом виникнення цього фактора є електрична мережа живлення світильників напругою 230 В, розподільчі щити та відкриті струмопровідні частини. Потенційними наслідками для працівника є електричний удар, опіки, фібриляція серця або тяжка електротравма. Для захисту персоналу передбачено повне відключення живлення лінії освітлення перед початком робіт, вивішування попереджувальних плакатів «Не вмикати! Працюють люди», обов'язкова перевірка відсутності напруги покажчиком, а також використання монтажниками ізольованого слюсарно-монтажного інструменту та діелектричних рукавичок.

Падіння з висоти при виконанні висотних робіт: Цей фактор виникає під час монтажу ламп у стельові світильники на висоті 2,5-3,0 метри від рівня підлоги. Недотримання правил безпеки може призвести до забиття, вивихів, переломів кінцівок або струсу мозку при випадковому падінні з висоти. З метою

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

захисту, передбачено використання виключно справних, випробуваних драбин-стрем'янок з гумовими підп'ятниками проти ковзання, а також обов'язкове страхування монтажника, що перебуває на драбині, другим членом бригади з підлоги.

Несприятливий мікроклімат та запиленість робочої зони: Даний фактор зумовлений проведенням робіт у застійних зонах приміщень, а також виділенням будівельного пилу і сухих часток, що осипаються зі стелі під час демонтажу світильників. Це може викликати подразнення дихальних шляхів, слизової оболонки очей, переохолодження або перегрів організму та загальне зниження уваги працівників. Забезпечення оптимальної температури у приміщеннях, їх періодичне провітрювання та обов'язкове використання засобів індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіраторів типу «Пелюстка» або класу FFP1.

Механічна небезпека від гострих країв та уламків: Джерелом фактора є гострі кромки металевих корпусів старих світильників та крихкі скляні колби люмінесцентних ламп, руйнування яких загрожує порізами рук, механічними травмами шкіри або потраплянням дрібного скла в очі. Для безпеки працівників, обов'язковим є застосування таких засобів індивідуального захисту, як трикотажні рукавиці з щільним полімерним покриттям та захисні закриті окуляри під час демонтажу елементів над головою.

Хімічна небезпека від токсичних речовин: Основним джерелом є пари ртуті, що містяться всередині герметичних колб демонтованих люмінесцентних ламп та належать до першого класу небезпеки. У разі пошкодження цілісності скла виникає ризик гострого або хронічного хімічного отруєння організму. Заміна ламп має здійснюватися обережно, без докладання надмірних зусиль, із негайним укладанням демонтованих ртуть вмісних трубок у спеціальні картонні гофроупаковки. Складування відпрацьованих ламп на підлозі приміщень дитячого садка суворо заборонено.

Недостатня освітленість робочої зони: Цей фактор є наслідком вимкнення робочої лінії штучного освітлення для забезпечення електробезпеки

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

під час монтажу, що погіршує видимість і підвищує ризик помилкових дій або травмування інструментом. Для компенсації цього чинника організовується тимчасова освітленість робочих місць за допомогою мобільних переносних акумуляторних ліхтарів або прожекторів.

Психофізіологічні фактори важкості праці: Небезпека обумовлена тривалим перебуванням монтажника в незручній вимушеній позі з піднятими вгору руками та закинутою назад головою, що викликає статичне перевантаження м'язів, швидку втомлюваність і зниження концентрації уваги. Регулювання важкості праці виконується шляхом впровадження раціонального регламенту праці та відпочинку, який передбачає обов'язкові перерви по 10 хвилин через кожну годину інтенсивної роботи, а також періодичне чергування обов'язків між двома членами монтажно́ї бригади.

6.4 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів та засобів безпеки

Для забезпечення безпеки електромонтажників під час заміни ламп у ЗДО впроваджується комплекс технічних та організаційних засобів захисту. Інженерно-технічні рішення спрямовані на запобігання ураженню струмом, захист від коротких замикань та механічних пошкоджень. Матеріали та засоби, якими користуються робітники для реалізації цих заходів, наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Технічні заходи та матеріально-технічні засоби безпеки

Назва технічного заходу	Призначення та обґрунтування заходу	Чим безпосередньо користуються робочі
Автоматичне вимкнення живлення	Миттєво знеструмлює лінію у разі замикання фази на корпус світильника, запобігаючи перебуванню металевих елементів під напругою.	Автоматичні вимикачі типу «С» на 10 А[44] що встановлені в групових щитах освітлення[43].

Продовження таблиці 6.1

Захисна ізоляція струмопровідних жил	Повністю ізолює провідники від навколишнього середовища, унеможливаючи прямий дотик та пробій струму.	Трижильний мідний кабель марки ВВГнг 3х1,5 із ПВХ-пластикату[46], який не підтримує горіння [45]
Додаткова ізоляція контактних з'єднань	Захищає місця розгалуження та з'єднання проводів усередині світильника від випадкового дотику та окислення.	Полівінілхлоридна ізоляційна стрічка (ізолента) товщиною 0,15 мм [47]

Організаційні регламенти визначають безпечний порядок виконання робіт на висоті та в електроустановках. Інструменти, прилади та ЗІЗ, якими робітники користуються безпосередньо під час виконання монтажу, наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Організаційні заходи, робочий інструмент та засоби індивідуального захисту

Назва організаційного заходу	Порядок реалізації захисту на робочому місці	Чим безпосередньо користуються робітники
Перевірка відсутності напруги перед монтажем	Гарантує, що лінія повністю знеструмлена в щитку перед тим, як робітник почне демонтувати стару лампу руками.	Двополюсний показчик (індикатор) напруги до 1000 В
Захист рук від електричного струму	Використовується як основний або додатковий засіб захисту рук від випадкового контакту з залишками напруги в патронах.	Діелектричні безшовні рукавички з латексу[49], випробувані на напругу 1000 В[48]

Продовження таблиці 6.2

Виконання монтажу ручним інструментом	Дозволяє безпечно перекомутувати дроселі у світильнику без ризику пробою струму через ручку інструменту.	Слюсарно-монтажний інструмент з ізолювальними рукоятками (викрутки, пасатижі, кусачки)
Виконання монтажу ручним інструментом	Дозволяє безпечно перекомутувати дроселі у світильнику без ризику пробою струму через ручку інструменту.	Слюсарно-монтажний інструмент з ізолювальними рукоятками (викрутки, пасатижі, кусачки)
Безпечне підняття на висоту 2,5–3,0 м	Забезпечує стійке положення монтажника під час заміни стельових ламп та унеможливорює його падіння.	Мобільна алюмінієва драбина-стрем'янка з гумовими протиковзними підп'ятниками
Захист очей та органів дихання	Захищає обличчя від залишків пилу, штукатурки чи дрібних уламків, що можуть сипатися зі стельового світильника над головою.	Окуляри захисні закритого типу[50] та протипиловий респіратор класу FFP1[51]
Попередження про небезпеку ввімкнення	Виключає ризик того, що сторонні особи випадково ввімкнуть рубильник у щитку під час роботи монтажника.	Переносний пластиковий або картонний плакат безпеки з написом «Не вмикати! Працюють люди»[52]

Обраний перелік технічних матеріалів та організаційних засобів захисту забезпечує безперебійний захист монтажної бригади. Використання цього інвентарю повністю ліквідує ризик електротравматизму, падіння з висоти або механічних пошкоджень під час заміни ламп на об'єкті.

6.5 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів для визначеної будівлі.

Захист від наслідків проявів дії блискавки.

Будівля садочку є двоповерховою спорудою з цегляними несучими стінами та залізобетонними перекриттями, що забезпечує достатній рівень вогнестійкості конструкцій. Відповідно до вимог [53] будівля належить до об'єктів із підвищеними вимогами щодо забезпечення пожежної безпеки, оскільки призначена для перебування дітей.

Приміщення закладу є вибухобезпечними, оскільки у будівлі відсутні технологічні процеси, пов'язані із застосуванням горючих газів, легкозаймистих рідин або вибухонебезпечних речовин. Харчоблок функціонує на електричному обладнанні без використання газових установок, що значно знижує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Основну пожежну небезпеку в будівлі можуть становити електропроводка, освітлювальні мережі та електрощитове обладнання. Для зниження ризику займання у проєкті передбачено заміну застарілих ламп на LED-світильники, які характеризуються меншим тепловиділенням, нижчим споживанням електроенергії та підвищеним рівнем пожежної безпеки. Зменшення робочої температури освітлювальних приладів дозволяє знизити навантаження на електричні мережі та мінімізувати ймовірність перегріву кабельних ліній.

Для забезпечення пожежної безпеки будівля обладнується автоматичною системою протипожежного захисту. У приміщеннях передбачено встановлення димових і теплових пожежних сповіщувачів, які забезпечують своєчасне виявлення осередків займання та передачу сигналу на пульт централізованого спостереження.

Відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні та [54] будівля забезпечується первинними засобами пожежогасіння. Для гасіння можливих пожеж твердих горючих матеріалів у коридорах та на шляхах евакуації встановлюються порошкові вогнегасники типу ВП-5[55] кількості шести одиниць, які розміщуються на шляхах евакуації та в коридорах. Поблизу

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

головного розподільчого щита, поверхових електрощитів і в приміщенні харчоблоку розміщуються вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5[56] у кількості трьох одиниць, які призначені для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою.

Усі вогнегасники повинні мати відповідне маркування, інвентарні номери та інформацію про дату проведення технічного обслуговування. Їх перевірка та перезарядка здійснюються спеціалізованими організаціями згідно з чинними нормативними вимогами, що забезпечує постійну готовність засобів пожежогасіння до експлуатації у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Проведемо розрахунок захисного заземлення для будинку.

Максимальний допустимий опір заземлення для блискавкозахисту - не більше 10 Ом згідно [57]. Питомий опір ґрунту прийmemo $R_{гр} = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Для розрахунку опору одного вертикального електрода використовуємо формулу (6.1):

$$R_{од} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{2L}{d}\right), \quad (6.1)$$

де

ρ - питомий опір ґрунту, $200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

L - довжина вертикального електрода, 3 м;

d - діаметр електрода, 0,025 м.

Підставивши вихідні значення у формулу:

$$R_{од} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 3}{0,025}\right) = 59 \text{ Ом}.$$

Необхідна кількість вертикальних електродів n у контурі заземлення з урахуванням взаємного екранування розраховується за формулою(6.2):

$$n = \frac{R_{од}}{R_{доп}\eta}, \quad (6.2)$$

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

де

$R_{\text{доп}}$ - допустимий опір заземлення;

η - коефіцієнт використання вертикальних електродів, 0,7.

Підставляємо значення у формулу:

$$n = \frac{59}{10 \cdot 0,7} = 8,42 \approx 9 \text{ електродів.}$$

У результаті розрахунку визначено, що для забезпечення нормативного опору заземлення необхідно встановити 9 вертикальних електродів.

Система заземлення будівлі складатиметься з вертикальних оцинкованих сталевих стрижнів довжиною 3 м, які з'єднуються між собою сталеву смугою перерізом 40×4 мм. Усі елементи системи з'єднуються болтовими або зварними з'єднаннями та підключаються до контуру заземлення будівлі.

Запроектована система блискавкозахисту забезпечує ефективне відведення струму блискавки в землю, знижує ризик ураження людей електричним струмом та запобігає пошкодженню електрообладнання. Відповідно до оцінки виробничих небезпек рівень ризику для об'єкта характеризується як середній, проте за окремими показниками пожежної та електричної безпеки більшість ризиків належать до низького рівня.

Висновки по розділу 6

У цьому розділі дипломного проекту розглянуто питання охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту під час модернізації системи освітлення в ЗДО №4 м. Жашків. Визначено основні виробничі ризики та обґрунтовано комплекс технічних і організаційних заходів для забезпечення безпечного виконання робіт.

Запропоновані рішення охоплюють засоби електробезпеки, індивідуального захисту, пожежогасіння та блискавкозахисту, що відповідають

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

чинним нормативним вимогам України. Виконані розрахунки підтвердили достатність прийнятих заходів для забезпечення надійної та безпечної експлуатації об'єкта.

У цілому розроблені заходи гарантують належний рівень безпеки під час монтажних робіт і подальшої експлуатації енергоефективної системи освітлення.

					ДП 1910-С 005	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерев'янка Д. Г., Бориченко О. В., Шовкалюк М. М. Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 63 с.
2. Тариф на електроенергію. ТОВ «Черкасиенергозбут». URL:<https://energozbut.ck.ua/>
3. Тариф на теплову енергію. ТОВ «Черкаситеплокомуненерго». URL:<https://tke.ck.ua/>
4. Тариф на воду. URL:<https://zhashkiv.kp.org.ua/obgovorennya-tarifu-2025-rik-na-anadannya-poslug-z-centralizovanogo-vodopostachannya-ta-centralizovanogo-vodovidvedennya-15-59-56-16-10-2024/>
5. Системи електропостачання: Курсовий проєкт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. А. Попов, А. І. Замулко, В. В. Ткаченко, М. М. Федосенко, О. С. Ярмолук. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,30 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 92 с.
6. Охорона праці : курс лекцій на платформі дистанційного навчання «Система електронного навчання КРІ ОНЛАЙН» / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». URL: <https://do.ipk.kpi.ua/course/section.php?id=49872>
7. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення- Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 134 с. URL: https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf

8. LED лампу Expert 10,5 Вт A60 E27 220 В 4100 К.
URL:<https://epicentrk.ua/ua/shop/lampa-svetodiodnaya-expert-light-10-5-vt-a60-matovaya-e27-220-v-4100-k.html>
9. Датчик Feron LX-39. URL:<https://feron.ua/ua/elektrotovary-i-komplektuyushchie/datchiki-dvizheniya/datchik-dvizheniya-feron-lx39sen11-chnyy-22022/>
10. Реле часу МТА20-16 Таймер TEM 181 URL:
<https://luxelectro.com.ua/ru/tajmer-iek-tem-181-sutochnyj-16a-230v-detail.html?srsId=AfmBOopvG33GiBuYA6r73hxQNI5vwPd-7HFyFCkugOnoEA3fn4KMX7a8>
11. Закон України Про енергетичну ефективність будівель №2118-VIII від 22.06.2017. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
12. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель та споруд Економія енергії. – Київ. : Мінрегіон України, 2021. 33 с. URL:https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074186281496872415?doc_type=2
13. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель- Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудинформ», 2022. 27 ст. URL:https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf
14. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 156 с. URL:
https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/dstu_91902022_energetichna_efektivnist_budivel_metod_rozrakh.pdf
15. ДСТУ ISO 52000-1:2020. Енергетичні характеристики будівель. Частина 1. Загальні рамки. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
16. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд- Київ. : Мінрегіон України, 2017. 46 с. URL:https://dbn.co.ua/_ld/17/1776_-.2.6-220-2017-.pdf

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

- 17.ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій- Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 90 с.
URL:https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_b_v.2.6-101-2010.pdf
- 18.ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63с.
URL:<https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2023/05/dstu-9191-2022-teploizolyacziya-budivel-metod-vyboru-teploizolyaczijnogo-materialu-dlya-uteplennya-budivel.pdf>
- 19.ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія - Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 112 с.
- 20.Енергосервісні контракти та послуги у комунальній сфері: Розрахункова робота [Електронний ресурс] : рек. до виконання розрахунк. роботи : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.:М.М.Шовкалюк, О.І.Яценко – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 68 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/e9af70d9-feb7-4176-ad6b-e3318874c04e/content>
- 21.Твердопаливний котел TRIO UNI Plus 300 кВт. URL:<https://a-kotel.com.ua/kotel-promyshlennyj-altep-trio-uni-plus-300-kvt/>
- 22.Автоматичний змішувач EUROSMART COSMOPOLITAN T URL:https://www.grohe.ua/uk_ua/eurosmart-cosmopolitan-t-36317000.html
- 23.Комплект арматури для бачка Water House URL:<https://epicentrk.ua/ua/shop/komplekt-armatury-dlya-bachka-santehplast-1-2-66-54.html>
- 24.Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1818-IX від 21.10.2021.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		123

25. Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2019-VIII, редакція від 23.04.2026. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
26. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 44 с. URL:https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf
27. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанова щодо застосування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 33 с. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu.pdf>
28. European Commission. Energy Efficiency in Buildings – Factsheet [Електронний ресурс]. – Brussels : EU Publications, 2020. – Режим доступу: <https://energy.ec.europa.eu>
29. Сонячне випромінювання України
URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Solar_Map_of_Ukraine.png
30. Програмне забезпечення PV SOL premium. - URL: <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>
31. Longi Solar – LR5-72 HTH 525 M. - URL: <https://creativeplay.com.ua/ru/product/longi-solar-lr5-72hth-525m>
32. Правильне електроживлення.- URL: <https://sun-energy.com.ua/>
33. Інвертор Deye SUN-15K-SG01HP3-EU-AM2. URL: <https://deye.com.ua/product/tryfaznyj-vysokovoltnyj-hibrydnyj-invertor-deye-sun-15k-sg01hp3-eu-am2-15kw-eu-versiia-ip65/>
34. Батареї LiFePO4 51.2V 100Ah 5.12 kWh. URL: <https://prom.ua/m8876564055248338985-akkumulyatornaya-batareya-lifepo4.html?p=2862032540>
35. Алюмінієвий блок 250 мм. URL:<https://asmos.com.ua/shop/alyuminiyevyj-blok-250-mm-dlya-montazhy-ses-n80/?srsltid=AfmBOooqgsCVOooKP5zuKEhyhVEKKtKtcKlaPbRZybF1vSTkNvelORyH>

36. Кабель сонячний H1Z2Z2-K 1×4 мм². URL: <https://prom.ua/p27913856-kabel-dlya-solnechnyh.html>
37. Кабель силовий ВВГнг-LS 4×6 мм. URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/kabel-silovoy-odeskabel-kabel-odeskabel-vvgng-ls-4-6-0.html>
38. Запобіжник СН 10x38 gPV 16A 1000V. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/002625081>
39. Комплект кріплення на дах (4–40 панелей) – Енергія Природи. URL: <https://energiya-prirody.in.ua/.../p581763692-komplekt-sistemikriplennya.html>
40. Енергетичний менеджмент: Бізнес-план проєкту з енергоефективності: розрахункова робота: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Бориченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,84 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 44 с. – Назва з екрана. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52307>
41. Закон України Про охорону праці від 14.10.1992 р. № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
42. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 64 с. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/12100-2016.pdf>
43. ДСТУ EN 60898-1:2014. Апаратура електрична допоміжна. Вимикачі автоматичні для захисту від надструмів для побутового та аналогічного призначення. Частина 1. Вимикачі автоматичні для змінного струму – Київ. : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 80 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83046
44. Автоматичний вимикач 1-полюсний Schneider Electric RESI9 1P 10A C 6 kA R9F12110 URL: <https://rozetka.com.ua/ua/532905704/p532905704/>

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

- 45.ДСТУ EN 50575:2019. Кабелі силові, розподільчі та зв'язку. Кабелі для загального застосування в будівельних конструкціях стосовно вимог щодо реакції на вогонь – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 14 с. URL:https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81656
- 46.Кабель силовий 3ЗКМ ВВГнгд 3х1,5 мідь URL:
<https://epicentrk.ua/ua/shop/kabel-silovoy-vvgngd-3kh1-5.html>
- 47.ДСТУ EN 60454-3-1:2014. Стрічки липкі електроізоляційні. Частина 3. Технічні вимоги до окремих матеріалів. Лист 1. Стрічки з полівінілхлоридною (ПВХ) основою та термопластичним адгезивом– Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 12 с. URL:https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100237
- 48.ДСТУ EN 60903:2017. Робота під напругою. Рукавички з ізоляційного матеріалу – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 42 с. URL:
<https://sicame.ua/posts/posts/yevropeyska-yakis-dielektrychnykh-rukavychok-perchatok-vid-pidtverdzhena-v-kraini>
- 49.Рукавички діелектричні безшовні до 7500 В клас 1 URL:<https://prom.ua/ua/p2465238233-perchatki-dielektricheskie-besshovnye.html>
- 50.ДСТУ EN 166:2017. Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови– Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 32 с. URL:https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/tekst_dstu_en_166_2017_odyag_zakhisniy_zasobi_zakhistu_dlya_.pdf
- 51.Захисні окуляри OZON™ 7-029 A/F URL:<https://www.ozon.com.ua/prod/zakhysni-okulyary-ozon-7-029-a-f/>
- 52.ДСТУ ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 124 с. URL:https://www.ksv.biz.ua/publ/dstu/dstu_en_iso_7010_2019/3-1-0-3076
- 53.ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва- Київ: Мінрегіон України, 2016. - 39 с. URL:https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

- 54.ДСТУ EN 3-7:2017 Вогнегасники переносні. Частина 7. Властивості, вимоги до робочих характеристик та методи випробування. -28 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63167
- 55.Порошкові вогнегасники типу ВП-5
URL:<https://epicentrk.ua/ua/shop/vognegasnik-poroshkovyy-pozhzakhist-vp-5.html>
- 56.Вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5
URL:<https://epicentrk.ua/ua/shop/ognetushitel-uglekislotnyy-ou-3-5.html>
- 57.Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд : У47 методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи та індивідуальних завдань з охорони праці / уклад: О.Г.Вільсон та ін. – Київ: КНУБА, 2020. – 36 с. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/11/12_3_21.pdf

					ДП 1910-С 005	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		127