

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: «Аналіз ефективності використання енергії в адміністративній
будівлі»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОН-21

Матвієнко Вікторія Олександрівна

_____ (підпис)

Керівник:

к.т.н., доц. Бориченко Олена Володимирівна

_____ (підпис)

Консультанти:

Теплова частина
(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека
(назва розділу)

д.т.н., проф. Третькова Л.Д.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль
(назва розділу)

пров. інженер Прокопенко І.Д.
(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.

Студент (-ка) _____

Київ – 2026 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий 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 студенту

Матвієнко Вікторії Олександрівні

1. **Тема проєкту:** «Аналіз ефективності використання енергії в адміністративній будівлі», керівник проєкту к.т.н., доцент Бориченко Олена Володимирівна, затверджені наказом по університету від «26» травня 2026 р. №1910-с
2. **Термін здачі студентом закінченого проєкту:** “10” червня 2026 р.
3. **Вихідні дані до проєкту:** Результати енергетичного аудиту, план будівлі, дані про споживання енергоресурсів за останні три роки, однолінійна схема первинних з'єднань, загальний опис будівлі та наявного обладнання.
4. **Перелік розділів, які мають бути розроблені:**
 - а) електрична частина: - Схема електропостачання об'єкту та її аналіз; повірочний розрахунок навантажень будівлі; повірочний розрахунок системи освітлення будівлі; складання електричного балансу; аналіз систем обліку та моніторингу споживання; типові заходи з підвищення енергоефективності будівлі.
 - б) теплова частина: - Визначення теплового навантаження та тепловтрат; аналіз розрахункових та фактичних даних; розроблення типових заходів з підвищення енергоефективності будівлі.
 - в) охорона праці та пожежна безпека: - Охорона праці та пожежна безпека під час встановлення датчиків руху.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Схема електропостачання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.
2. Результати обстеження та заходи з підвищення енергоефективності енергетичної системи адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.
3. Схема теплопостачання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.
4. Результати обстеження та енергоефективні заходи з термомодернізації адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Теплова частина	к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.		
Охорона праці та пожежна безпека	д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.		

7. Дата видачі завдання “20” травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студенткою Матвієнко В.О.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Розрахунок електричної частини	21.05.-26.05	
2	Розрахунок теплової частини	27.05.-01.06	
3	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	02.06.-07.06	
4	Підготовка графічного матеріалу	07.06.-10.06.	
5	Захист дисертації	19.06.26	

Студент

Вікторія МАТВІЄНКО

Керівник проєкту

Олена БОРИЧЕНКО

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається із 6 розділів та містить 120 сторінок основного тексту. Робота включає 41 рисуноків, 34 таблиці та 43 джерел літератури зі списком посилань.

Метою даної роботи є підвищення енергетичної ефективності адміністративної будівлі шляхом проведення аналізу існуючого стану енергоспоживання, виявлення основних джерел втрат енергії та розроблення комплексу технічно й економічно обґрунтованих енергоефективних заходів. Для досягнення поставленої мети передбачено оцінку ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів будівлі, розрахунок потенціалу енергозбереження від впровадження заходів з утеплення огорожувальних конструкцій, модернізації системи теплопостачання, удосконалення систем освітлення та кондиціонування, а також використання відновлюваних джерел енергії у вигляді сонячної електростанції.

Реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити споживання енергетичних ресурсів, скоротити експлуатаційні витрати на утримання будівлі, підвищити комфортність умов праці персоналу, знизити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити економічний ефект за рахунок зменшення витрат на енергоносії.

Ключові слова: енергетична ефективність, енергозбереження, адміністративна будівля, енергетичний аудит, термомодернізація, утеплення огорожувальних конструкцій, система опалення, твердопаливний котел, сонячна електростанція, фотоелектричні модулі, інвертор, акумуляторна батарея, електроспоживання, тепловтрати, відновлювані джерела енергії, енергоефективні заходи, економія енергоресурсів, термін окупності, економічна ефективність.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of six sections and contains 120 pages of the main text. The work includes 41 figures, 34 tables, and 43 references.

The aim of this work is to improve the energy efficiency of an administrative building by analyzing the current state of energy consumption, identifying the main sources of energy losses, and developing a set of technically and economically justified energy efficiency measures. To achieve this aim, the assessment of the efficiency of fuel and energy resource utilization in the building is carried out, as well as the calculation of the energy-saving potential from the implementation of measures such as thermal insulation of building envelopes, modernization of the heating system, improvement of lighting and air conditioning systems, and the use of renewable energy sources in the form of a solar power plant.

The implementation of the proposed measures will reduce energy consumption, lower operational costs for building maintenance, improve the comfort of working conditions for personnel, reduce negative environmental impact, and ensure economic benefits by decreasing energy expenses.

Keywords: energy efficiency, energy saving, administrative building, energy audit, thermal modernization, building envelope insulation, heating system, solid fuel boiler, solar power plant, photovoltaic modules, inverter, battery storage, electricity consumption, heat losses, renewable energy sources, energy efficiency measures, energy resource savings, payback period, economic efficiency.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

IRR – внутрішня норма прибутковості;

LED – світлодіодні лампи;

NPV – чистий дисконтований дохід;

АСКОЕ – автоматизованої системи контролю та обліку енергоресурсів;

В – вентиляція;

ВМП – металопластикові вікна з подвійним заскленням;

ДБН – Державні будівельні норми України;

ДД – дерев'яні двері;

ДМО – металопластикові двері з одинарним заскленням;

ДМП – металопластикові двері з подвійним заскленням;

ДСТУ – Державний стандарт України;

е/е – електрична енергія;

ЕМ – електричні мережі;

ЕМ – електричні мережі;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ЗС – зовнішні стіни;

ЗТП – закрита трансформаторна підстанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

м – після модернізації;

НАПБ – нормативний акт з пожежної безпеки;

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ном – номінальний;

НПАОП – нормативно-правовий акт з охорони праці;

ОДГ – оперативно-диспетчерська група;

ОК – огорожувальні конструкції;

П – підлога;

Пд – південь;

ПДВ – податок на додану вартість;

ПЗВ – пристрій захисного вимкнення;

ПК – персональний комп'ютер;

ПрАТ – приватне акціонерне товариство;

ПТЕЕС – Правила технічної експлуатації електроустановок
споживачів;

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;

РУ – розподільний пристрій;

РЩ – розподільний щит;

СЕС – сонячна електростанція;

СОК – світлопрозорі огорожувальні конструкції;

ТП – тверде паливо;

ТП – технічний поверх;

ХВП – холодне водопостачання;

ЦП – цокольний поверх;

ЩО – щит освітлення.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ.....	13
1.1 Короткий опис об'єкту.....	13
1.2 Короткий опис інженерних мереж.....	16
1.3 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів та оцінка тарифної політики	18
1.3.1 Електрична енергія	19
1.3.2 Холодна вода	21
1.3.3 Теплова енергія	23
1.3.4 Загальне споживання енергоресурсів	25
1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності адміністративної будівлі у сфері енергоефективності	28
Висновки до розділу 1	29
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЮ БУДІВЛЕЮ.....	30
2.1 Схема електропостачання об'єкту та її аналіз	30
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії.....	32
2.3 Повірочний розрахунок навантажень адміністративної будівлі.....	33
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення	35
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.....	40
2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії.....	41
2.7.1 Енергоефективний захід по заміні кондиціонерів.....	42
2.7.2 Енергоефективний захід зі встановлення датчиків руху на освітленість.....	45

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Висновки до розділу 2	47
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДИ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ	48
3.1 Нормативні вимоги щодо ефективності адміністративних будівель	48
3.2 Визначення теплового навантаження адміністративної будівлі.....	51
3.2.1 Конструкція зовнішніх стін	56
3.2.2 Світлопрозорі огорожувальні конструкції	57
3.2.3 Дверні конструкції	59
3.2.4 Конструкція неопалювального технічного поверху	60
3.2.5 Підлога над неопалювальним цокольным поверхом.....	61
3.2.6 Розрахунок теплових втрат	62
3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.....	67
3.3.1 Енергоефективний захід з утеплення стін.....	67
3.3.2 Енергоефективний захід з утеплення підлоги над неопалювальним цокольным поверхом.....	72
3.3.3 Енергоефективний захід із заміни твердопаливного котла	73
3.3.4 Енергоефективний захід з утеплення перекриття технічного поверху.....	76
Висновки до розділу 3	77
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	80
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту	80
4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів	82
4.3 Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів	84
Висновки до розділу 4	86
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТИ.....	87
5.1 Доцільність встановлення СЕС на адміністративній будівлі Новоархангельських ЕМ	87
5.2 Кліматичні умови, інсоляція на території селища Новоархангельськ ...	88

5.3 Розташування, вибір оптимальної потужності, сонячних модулів, акумулятора та інвертора для СЕС	90
5.4 Розрахунок собівартості проєкту, терміну окупності та оцінки ризиків та страхування	95
Висновки до розділу 5	99
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ	101
6.1 Характеристика об'єкту енергоаудиту	101
6.2 Характеристика робіт зі встановлення датчиків руху.....	102
6.3 Вибір місця встановлення датчиків, планування обсягу і тривалості робіт.....	105
6.4 Моніторинг робочого місця та оцінка професійних ризиків	111
6.5 Технічні та організаційні заходи безпеки під час встановлення датчиків руху.....	113
6.6 Розрахунок струму навантаження та перевірка відповідності апаратів захисту.....	118
6.7 Система захисту від пожеж, вибухів та наслідків проявів дії блискавки для адміністративної будівлі.....	122
Висновки до розділу 6	124
ВИСНОВКИ.....	126
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	128

ВСТУП

Енергетична ефективність є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасної економіки та складовою забезпечення енергетичної безпеки держави. Постійне зростання вартості енергетичних ресурсів, необхідність раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище обумовлюють актуальність впровадження енергоефективних технологій у будівлях різного призначення.

Значна частина адміністративних будівель України була збудована за застарілими будівельними нормами, що призводить до високих теплових втрат через огорожувальні конструкції, неефективної роботи інженерних систем та надмірного споживання енергетичних ресурсів. У зв'язку з цим особливого значення набуває проведення енергетичних аудитів, аналіз ефективності та раціональності використання теплової й електричної енергії, а також розроблення комплексу заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності будівель.

Одним із найбільш дієвих шляхів зниження енергоспоживання є впровадження енергоефективних заходів, що включають термомодернізацію будівель, модернізацію систем теплопостачання, освітлення та кондиціонування, застосування сучасних засобів керування електроспоживанням, а також використання відновлюваних джерел енергії. Реалізація таких заходів дозволяє суттєво скоротити витрати на енергоносії, підвищити комфортність перебування людей у приміщеннях та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження в даному дипломному проєкті є адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ. Предметом дослідження є показники споживання паливно-енергетичних ресурсів будівлі та заходи щодо підвищення ефективності їх використання.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У дипломному проєкті розглядаються питання ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів адміністративної будівлі, аналізується стан споживання теплової та електричної енергії, визначаються основні джерела енергетичних втрат та обґрунтовуються енергоефективні заходи щодо їх зменшення. Запропоновані рішення спрямовані на зниження споживання енергетичних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат, підвищення комфортності умов праці та забезпечення раціонального використання енергії в адміністративній будівлі.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дипломного проектування є адміністративна будівля Новоархангельських електричних мереж, розташована за адресою: вул. Котляревського, 67, смт Новоархангельськ. Новоархангельські ЕМ є структурним підрозділом ПрАТ «Кіровоградобленерго», діяльність якого спрямована на забезпечення надійного та безперебійного електропостачання споживачів на території селища Новоархангельськ та навколишніх населених пунктів. Будівля використовується для розміщення адміністративних приміщень та забезпечення робочих місць працівників.

Будівля введена в експлуатацію у 2000 році та на даний час знаходиться у задовільному технічному стані. Загальна площа будівлі становить 733,7 м². Будівля має два поверхи, а також цокольний поверх (напівпідвальне приміщення) та технічний поверх даху, які є неопалювальними. У центральній частині будівлі розташований головний вхід. Зовнішній вигляд будівлі показано на рис.1.1. та рис.1.2..



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд будівлі Новоархангельських ЕМ

					ДП 2108.008 ПЗ						
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Матвієнко В.О.			Загальний опис об'єкту			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		.Бориченко О.В.								13	132
Реценз.								НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.									
Затвер.											



Рисунок 1.2 – Зображення будівлі Новоархангельських ЕМ

У будівлі постійно працює близько 30 співробітників. Основна частина працівників працює за стандартним графіком — п'ятиденний робочий тиждень з двома вихідними днями (5/2), проте враховуючи те, що об'єкт належить до критичної інфраструктури, окремі працівники перебувають у приміщенні також у вихідні та неробочі дні для забезпечення безперервного функціонування підприємства та оперативного реагування на можливі аварійні ситуації. Такий режим роботи впливає на рівень споживання енергоресурсів.

Організаційна структура Новоархангельських ЕМ ПрАТ «Кіровоградобленерго» побудована з метою забезпечення ефективного управління виробничими процесами, технічного обслуговування електричних мереж та безперебійного електропостачання споживачів. Структура підприємства включає керівництво, виробничі та допоміжні підрозділи, які взаємодіють між собою для виконання основних завдань підприємства.

Керівництво підприємством організовує роботу підрозділів, контролює виконання виробничих завдань та відповідає за технічний стан електричних

мереж і обладнання. Для забезпечення ефективної діяльності підприємства функціонують різні служби та відділи.

До організаційної структури Новоархангельських ЕМ входять:

- служба експлуатації електричних мереж;
- оперативно-диспетчерська служба;
- служба ремонту та технічного обслуговування обладнання;
- абонентська та виробничо-технічна служби;
- адміністративний та господарський персонал.

Оперативно-диспетчерська служба здійснює контроль за режимами роботи електричних мереж, координує виконання аварійно-відновлювальних робіт та забезпечує оперативне реагування у разі виникнення аварійних ситуацій. Виробничо-технічний персонал проводить обслуговування та ремонт електрообладнання, трансформаторних підстанцій і ліній електропередач.

Важливе місце в структурі підприємства займає служба охорони праці, яка контролює дотримання правил безпечної експлуатації електроустановок та проводить інструктажі з техніки безпеки для працівників.

Організаційна структура підприємства забезпечує чіткий розподіл обов'язків між працівниками, підвищує ефективність управління та сприяє стабільній роботі системи електропостачання.

На першому поверсі знаходяться службові та допоміжні приміщення, зокрема кімната відпочинку, диспетчерська, сходові клітини, навчальний кабінет, приймальня та бухгалтерія. На другому поверсі розміщені каса, сходові клітини та побутова кімната. У будівлі також передбачені санітарно-побутові приміщення — по одному туалеті на кожному поверсі, а також кухня, яка розташована на першому поверсі.

Зовнішні стіни будівлі виконані з цегли на цементно-піщаному розчині та покриті штукатуркою. Покрівля виконана по дерев'яних рейках, які вкриті стяжкою, після чого влаштований гідроізоляційний шар та перекриття з металопрофілю.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлені світлопрозорі конструкції, зображені на рисунку 1.3, у вигляді металопластикових вікон та дверей зі склопакетами, проте у внутрішніх приміщення будівлі приблизно половина дверей є дерев'яними. Покриття підлоги виконане з лінолеуму. Конструкція огорожувальних елементів впливає на рівень теплових втрат будівлі.



Рисунок 1.3 – Світлопрозорі огорожувальні конструкції в адміністративній будівлі

1.2 Короткий опис інженерних мереж

Для опалення будівлі використовується власна система теплопостачання. Джерелом тепла є котел, зображений на рисунку 1.4, на твердому паливі (дровах), який розташований у цокольному (напівпідвальному) приміщенні. Система опалення виконана за горизонтальною двотрубною схемою з подачею теплоносія до опалювальних приладів, розташованих у приміщеннях будівлі.

Система гарячого водопостачання здійснюється від бойлера, який розташований у напівпідвальному приміщенні, а також додатково у вбиральнях використовують проточні водонагрівачі. Система холодного

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

водопостачання здійснюється від свердловини. Вода подається до водонапірної башти, після чого розподіляється по будівлі між споживачами.



Рисунок 1.4 – Котел на твердому паливі

Вентиляція приміщень здійснюється природним способом через віконні отвори, а також з використанням кондиціонерів.

Електропостачання будівлі здійснюється від трансформаторної підстанції ЗТП-1/1. Дана будівля відноситься до споживачів III категорії надійності електропостачання та живиться від зовнішньої електричної мережі. Система електропостачання відповідає діючим нормам та забезпечує надійне живлення електрообладнання.

Освітлення у всіх приміщеннях будівлі здійснюється за допомогою світильників, зображених на рисунку 1.5, у кожному з яких встановлено по 4 світлодіодні трубчасті лампи потужністю 18 Вт кожна. Така система освітлення дозволяє забезпечити достатню освітленість робочих зон та одночасно зменшити споживання електричної енергії порівняно з традиційними джерелами світла.

Майже у кожному службовому кабінеті встановлені кондиціонери, які використовуються для підтримання комфортного мікроклімату в зимовий та літній періоди року. Кондиціонери відсутні у коридорах, санітарних приміщеннях, побутових кімнатах та кімнатах відпочинку.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рисунок 1.5 - Зображення світильників з світлодіодними трубчастими лампами

Технічний стан будівлі та інженерних систем безпосередньо впливає на рівень енергоспоживання, тому під час проведення енергетичного аудиту проводиться аналіз втрат теплової та електричної енергії, а також води, з метою розробки заходів щодо підвищення енергоефективності будівлі.

1.3 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів та оцінка тарифної політики

Об'єктом використовуються наступні види енергоносіїв: електрична енергія, тепла енергія та вода. Споживання енергетичних ресурсів варіюється протягом року. Динаміку зміни обсягів споживання електроенергії, водопостачання та твердого палива Новоархангельськими ЕМ за три роки (2023-2025 рр.) у натуральних та грошових одиницях можна знайти у таблицях 1.1-1.4. відповідно. Для добових графіків споживання наявних даних недостатньо.

1.3.1 Електрична енергія

Таблиця 1.1 –Обсяги споживання електричної енергії адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

Місяць		Споживання е/е, кВт·год	Вартість споживання е/е, грн	Споживання е/е кВт·год	Вартість споживання е/е, грн	Споживання е/е, кВт·год	Вартість споживання е/е, грн
		1	2	3	4	5	6
		2023		2024		2025	
1	Січень	446,00	2765,20	428,00	3381,20	465,00	4743,00
2	Лютий	428,00	2653,60	409,00	3231,10	490,00	4998,00
3	Березень	413,00	2560,60	428,00	3381,20	453,00	4620,60
4	Квітень	417,00	2752,20	449,00	3547,10	442,00	4508,40
5	Травень	449,00	2963,40	449,00	3816,50	439,00	4477,80
6	Червень	448,00	3001,60	430,00	3999,00	430,00	4386,00
7	Липень	512,00	3840,00	430,00	3999,00	510,00	5355,00
8	Серпень	449,00	3367,50	530,00	4929,00	512,00	5376,00
9	Вересень	449,00	3367,50	430,00	3999,00	490,00	5047,00
10	Жовтень	405,00	3118,50	406,00	3775,80	430,00	4429,00
11	Листопад	409,00	3149,30	433,00	4026,90	409,00	4417,20
12	Грудень	465,00	3580,50	471,00	4380,30	447,00	4827,60

За отриманими даними на рисунку 1.6 зобразимо статистичну залежність споживання електроенергії щомісячно протягом 2023-2025 рр..

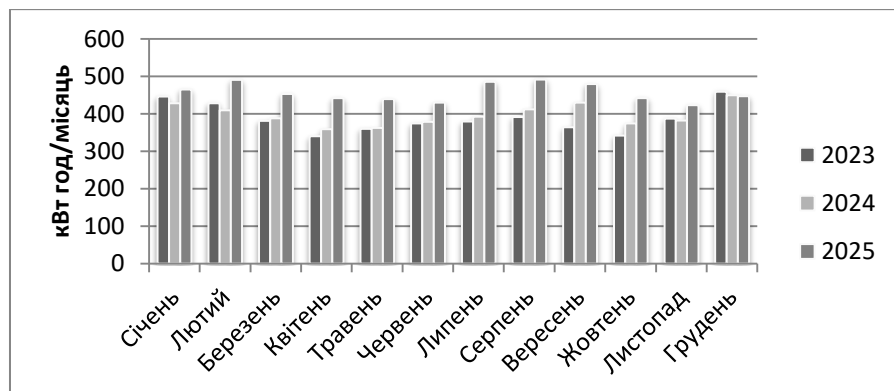


Рисунок 1.6 – Щомісячне споживання електричної енергії протягом 2023-2025 рр. адміністративною будівлею

Як можна спостерігати на представлених графіках, динаміка споживання електроенергії у 2023 - 2025 роках значно варіюється залежно від пори року. Споживання найбільше підвищується в зимові та літні місяці, що свідчить про зростання потреб у електроенергії. Це може бути пов'язане з використанням додаткових систем обігріву та охолодження в залежності від сезонних потреб, а саме використання кондиціонерів, а також зміні тривалості світлового дня протягом року, що призводить до потреби збільшення в освітленні.

На 2023-2025 роки діяли наступні тарифи на електроенергію для адміністративної будівлі, які зазначені в таблиці 1.2.

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

Таблиця 1.2 Тарифи на електроенергію для Новоархангельських ЕМ

Місяць		Тариф на спожиту е/е за 2023 рік, грн		Тариф на спожиту е/е за 2024 рік, грн		Тариф на спожиту е/е за 2025 рік, грн	
		без ПДВ	з ПДВ	без ПДВ	з ПДВ	без ПДВ	з ПДВ
		1	2	3	4	5	6
1	Січень	5,17	6,20	6,58	7,90	8,50	10,20
2	Лютий	5,17	6,20	6,58	7,90	8,50	10,20
3	Березень	5,17	6,20	6,58	7,90	8,50	10,20
4	Квітень	5,17	6,60	6,58	7,90	8,50	10,20
5	Травень	5,50	6,60	7,08	8,50	8,50	10,20
6	Червень	5,58	6,70	7,75	9,30	8,50	10,20
7	Липень	6,25	7,50	7,75	9,30	8,75	10,50
8	Серпень	6,25	7,50	7,75	9,30	8,75	10,50
9	Вересень	6,25	7,50	7,75	9,30	8,58	10,30
10	Жовтень	6,42	7,70	7,75	9,30	8,58	10,30
11	Листопад	6,42	7,70	7,75	9,30	9,00	10,80
12	Грудень	6,42	7,70	7,75	9,30	9,00	10,80

Додатково, зробимо аналіз споживання електричної енергії в грошовому еквіваленті та зобразимо його на рисунку 1.7.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

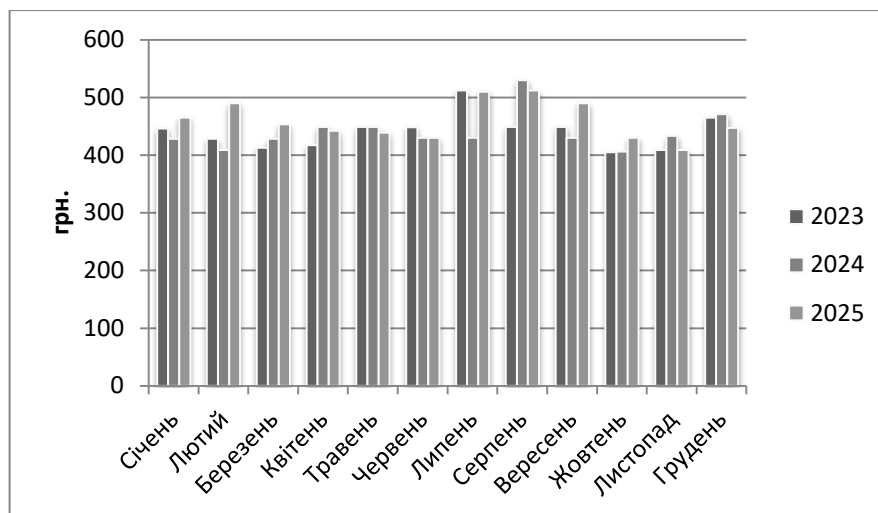


Рисунок 1.7 – Щорічне споживання електричної енергії протягом трьох років в грошовому еквіваленті

1.3.2 Холодна вода

Таблиця 1.3 – Динаміка зміни обсягів споживання холодного водопостачання адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

Місяць		Споживання води, м3	Вартість споживання води, грн	Споживання води, м3	Вартість споживання води, грн	Споживання води, м3	Вартість споживання води, грн
		1	2	3	4	5	6
		2023		2024		2025	
1	Січень	20,00	765,20	35,00	1911,00	70,00	3801,00
2	Лютий	15,00	573,90	35,00	1911,00	65,00	3529,50
3	Березень	20,00	765,20	37,00	2020,20	60,00	3258,00
4	Квітень	18,00	688,68	40,00	2184,00	70,00	3801,00
5	Травень	25,00	956,50	35,00	1911,00	70,00	3801,00
6	Червень	25,00	956,50	40,00	2184,00	75,00	4072,50
7	Липень	20,00	765,20	55,00	3003,00	75,00	4072,50
8	Серпень	20,00	765,20	68,00	3712,80	70,00	3801,00
9	Вересень	65,00	2486,90	65,00	3549,00	75,00	4072,50
10	Жовтень	55,00	2104,30	63,00	3439,80	70,00	3801,00
11	Листопад	45,00	1721,70	79,00	4313,40	70,00	3801,00
12	Грудень	50,00	1913,00	70,00	3822,00	75,00	4072,50

За отриманими даними на рисунку 1.8 зобразимо графічно статистичну залежність споживання води щомісячно протягом 2023-2025 рр..

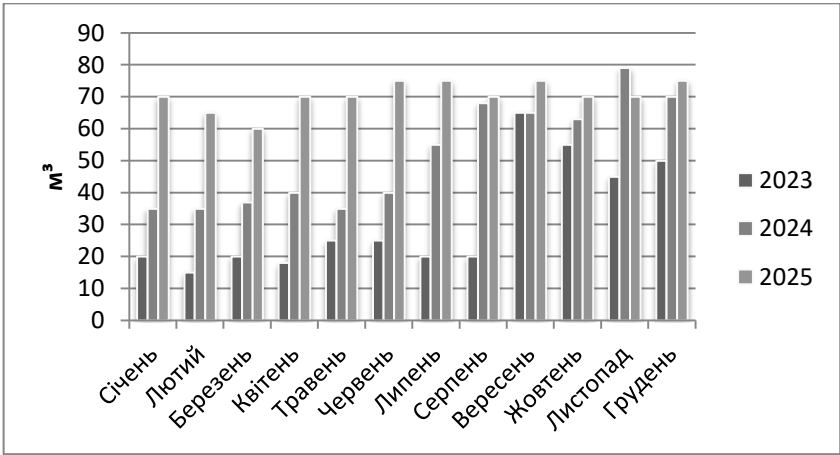


Рисунок 1.8 – Щомісячне споживання води протягом 2023-2025 рр. адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

Таблиця 1.4 - Тарифи на воду

Місяць	Тариф на ХВП за 2023 рік, грн	Тариф на ХВП за 2024 рік, грн	Тариф на ХВП за 2025 рік, грн
Холодна вода	38,26	54,60	54,30

Аналіз графіка щомісячного споживання води за 2023–2025 роки показує тенденцію до поступового збільшення обсягів використання води. Найменше споживання спостерігається у 2023 році, тоді як у 2025 році показники є найвищими майже в усі місяці. Такі зміни можуть бути пов’язані зі збільшенням кількості працівників, зростанням потреб у господарсько-побутовому водоспоживанні, а також сезонними коливаннями. Крім того, збільшення витрат води може бути спричинене можливими витоками у системі водопостачання, зокрема через несправність сантехнічного обладнання, прокапування кранів або витоки води у санвузлах. Найвищі показники споживання спостерігаються у літньо-осінній період. Отримані результати свідчать про необхідність впровадження водозберігаючих заходів та підвищення ефективності використання ресурсів.

1.3.3 Теплова енергія

Теплопостачання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ здійснюється за допомогою твердопаливного котла, який працює на дровах. Дана система забезпечує підтримання температурного режиму в приміщеннях протягом опалювального періоду та використовується як основне джерело теплової енергії.

Використання дров як палива є економічно доцільним для даного об'єкта, однак така система опалення має певні недоліки. До них належать необхідність постійного контролю роботи котельного обладнання, ручне завантаження палива, нерівномірність теплопостачання та можливі тепловтрати в системі. Ефективність опалення значною мірою залежить від якості палива, технічного стану котла та рівня теплоізоляції будівлі. Ціна за паливо протягом трьох років варіювалась в діапазоні 1150 – 2100 грн/м³. Споживання та ціну за 1 м³ твердого палива за період 2023-2025 рр. можна знайти в таблиці 1.5 та 1.6.

Таблиця 1.5 - Тарифи на тверде паливо

Найменування	Тариф за 2023 рік, грн/м ³	Тариф за 2024 рік, грн/м ³	Тариф за 2025 рік, грн/м ³
Дрова	1150,00	1500,00	2100,00

Закупівля твердого палива (дров) для потреб адміністративної будівлі здійснювалася один раз на рік у літній період. Такий підхід обрано з огляду на те, що в теплу пору року ринкова вартість дров, як правило, є нижчою порівняно з опалювальним сезоном, що дозволяє зменшити витрати на паливо. У зв'язку з цим ціна дров протягом кожного року вважається фіксованою та не змінюється залежно від місяця споживання.

Обсяг закупівлі визначався на основі фактичного споживання палива за попередній рік із додатковим резервом у розмірі 10 %. Такий запас

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

передбачався для забезпечення безперебійної роботи системи опалення у разі більш суворих погодних умов, збільшення тривалості опалювального періоду або виникнення інших непередбачених обставин. Застосування даного підходу дозволяло гарантувати наявність необхідного запасу палива протягом усього опалювального сезону, споживання палива а також збільшення потреб важності від сезону можна побачити графічного на рисунку 1.9.

Таблиця 1.6 –Динаміка зміни обсягів споживання твердого палива адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

Місяць		Споживан- ня ТП, м ³	Вартість ТП, грн	Споживан- ня ТП, м ³	Вартість ТП, грн	Споживан- ня ТП, м ³	Вартість ТП, грн
		1	2	3	4	5	6
		2023		2024		2025	
1	Січень	26	29900,00	31	46500,00	29	60900,00
2	Лютий	23	26450,00	25	37500,00	25	52500,00
3	Березень	17	19550,00	19	28500,00	20	42000,00
4	Квітень	8	9200,00	9	13500,00	8	16800,00
5	Травень	0	0	0	0	3	6300,00
6	Червень	0	0	0	0	0	0
7	Липень	0	0	0	0	0	0
8	Серпень	0	0	0	0	0	0
9	Вересень	2	2300,00	3	4500,00	2	4200,00
10	Жовтень	13	14950,00	11	16500,00	12	31500,00
11	Листопад	27	31050,00	30	45000,00	31	65100,00
12	Грудень	34	39100,00	34	51000,00	37	77700,00
13	Разом	150	172500,00	162	243000,00	167	350700,00

Споживання дров має чітко виражений сезонний характер. Найбільші обсяги спостерігаються в холодний період року — з жовтня по березень, з піком у грудні–січні. У цей час витрати є максимальними через потребу в опаленні. У весняні місяці споживання різко зменшується, а влітку

практично відсутнє. Починаючи з вересня, знову спостерігається поступове зростання.

Порівняння за роками показує, що значних відхилень немає — усі три роки мають подібну динаміку, що свідчить про стабільний режим використання палива, залежний переважно від температурних умов.

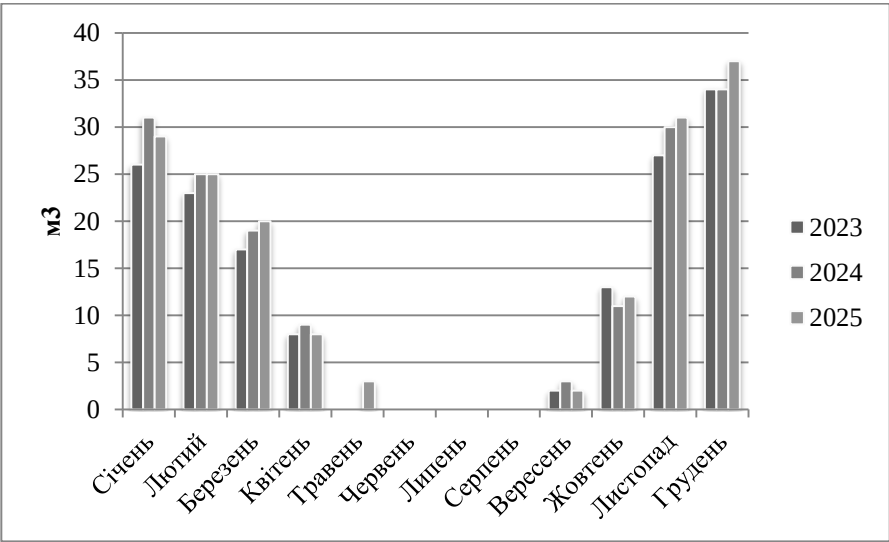


Рисунок 1.9 - Щомісячне споживання твердого палива протягом 2023-2025 рр. адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

1.3.4 Загальне споживання енергоресурсів

У процесі аналізу енергоспоживання адміністративної будівлі було розглянуто основні види енергоресурсів, а саме: електричну енергію та водоспоживання.

Структуру споживання енергетичних ресурсів в натуральних одиницях, грошовому еквіваленті та відсотковому співвідношенні можна знайти в таблиці 1.7.

Структура затрат на споживання енергоресурсів за 2023-2025 рр. представлена на рисунках 1.10-1.12.

Таблиця 1.7 – Загальне споживання енергоресурсів

2023			
Енергоресурс	Електроенергія	Вода	Тверде паливо
Одиниця вимірювання	кВт·год	м³	м³
Загальне споживання	5290,00	378,00	150,00
Вартість	37119,90	14462,28	172500,00
%	72	28	
2024			
Енергоресурс	Електроенергія	Вода	Тверде паливо
Одиниця вимірювання	кВт·год	м³	м³
Загальне споживання	5293,00	622,00	162,00
Вартість	46466,10	33961,20	243000,00
%	58	42	
2025			
Енергоресурс	Електроенергія	Вода	Тверде паливо
Одиниця вимірювання	кВт·год	м³	м³
Загальне споживання	5517,00	845,00	167,00
Вартість	57185,60	45883,50	350700,00
%	56	44	

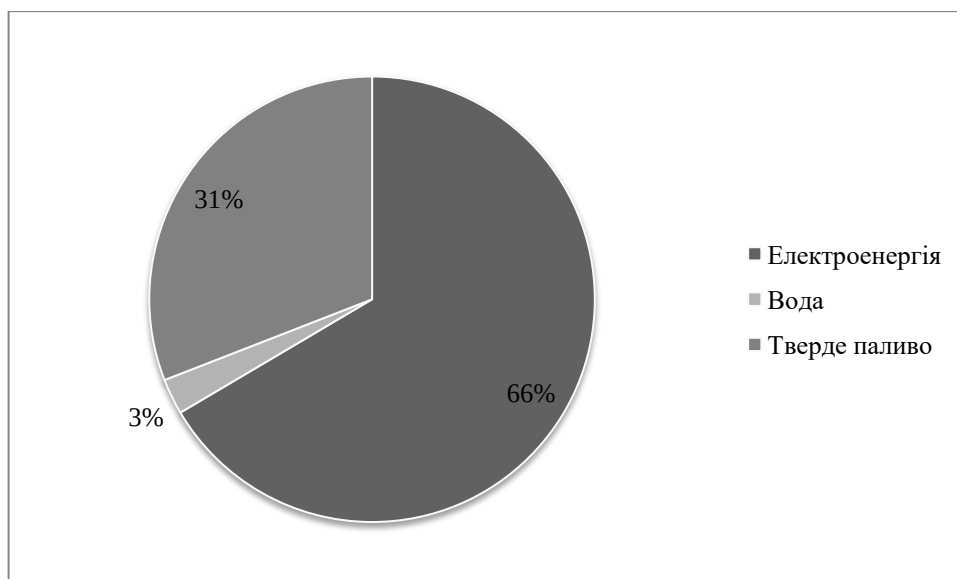


Рисунок 1.10 – Діаграма споживання енергоресурсів у 2023 році, в грошових одиницях адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

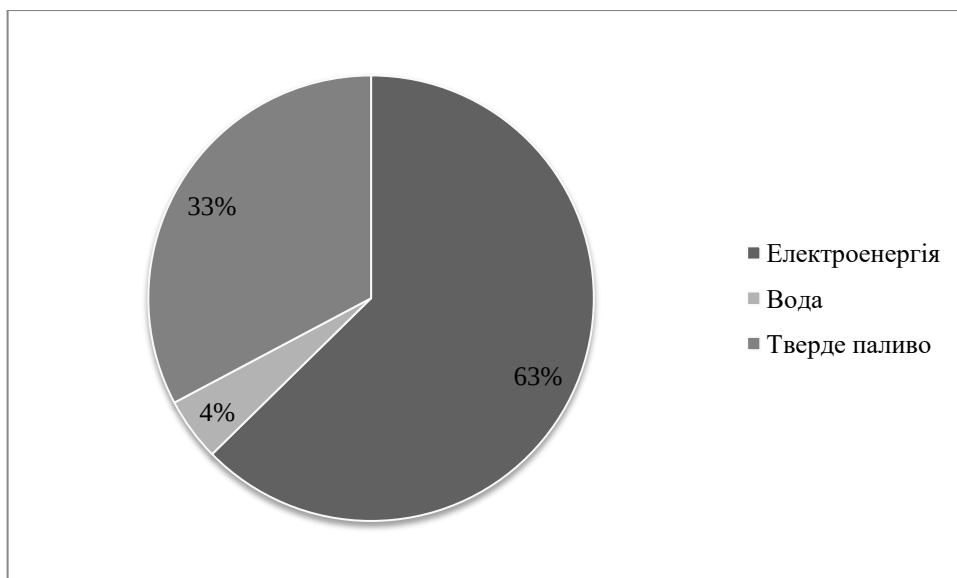


Рисунок 1.11 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2024 році, в грошових одиницях адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

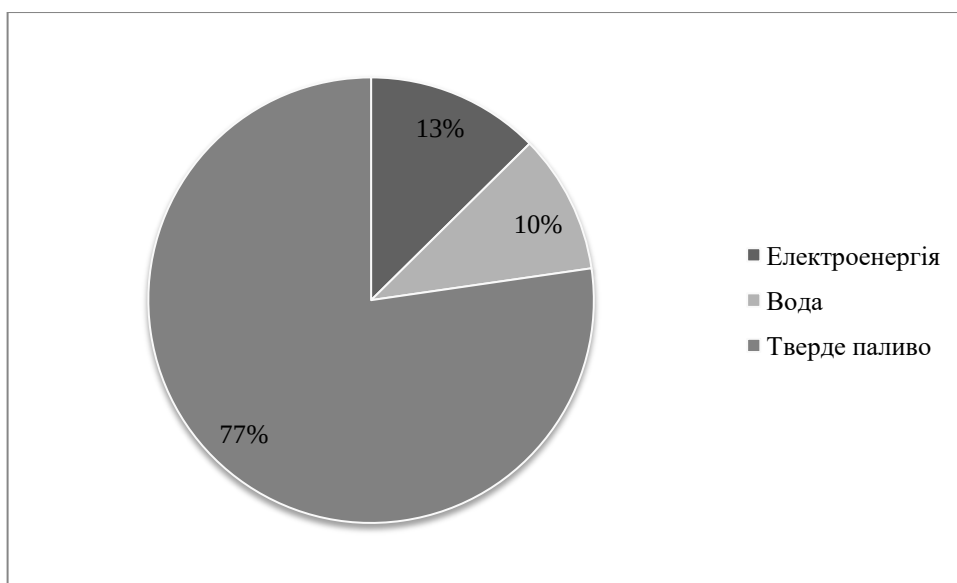


Рисунок 1.12 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2025 році, в грошових одиницях адміністративною будівлею Новоархангельських ЕМ

На основі отриманих даних встановлено, що динаміка споживання енергоресурсів є відносно стабільною, однак спостерігається потенціал до зменшення витрат. У порівнянні з електроенергією, витрати на водоспоживання протягом трьох років демонструють значне зростання. Зокрема, обсяг використання води збільшився майже у два рази, що свідчить

про негативну динаміку та неефективне використання водних ресурсів. Така тенденція потребує впровадження заходів з оптимізації водоспоживання та підвищення контролю за його витратами.

1.4 Коротка характеристика попередньої діяльності адміністративної будівлі у сфері енергоефективності

Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ у попередні роки здійснювала заходи, спрямовані на підтримання належного рівня енергоефективності та раціонального використання енергетичних ресурсів. Основна увага приділялася забезпеченню стабільної роботи систем електропостачання, освітлення, опалення та водопостачання, а також зменшенню непродуктивних втрат енергії під час експлуатації будівлі.

Одним із основних реалізованих заходів стало проведення заміни освітлювальних приладів у всій будівлі. Застарілі лампи розжарювання та менш енергоефективні джерела світла були замінені на сучасні LED-лампи, що дозволило знизити споживання електричної енергії системою освітлення, покращити якість освітлення приміщень та зменшити витрати на обслуговування. Заміна освітлення проводилася у службових кабінетах, коридорах, допоміжних та адміністративних приміщеннях будівлі.

Також у будівлі регулярно проводилися роботи з технічного обслуговування електромереж, перевірки стану електрообладнання та підтримання справності систем опалення. Для забезпечення раціонального використання електроенергії здійснювався контроль за режимами роботи електроприладів та освітлення.

Під час проведення енергетичного аудиту було виконано аналіз основних напрямків споживання енергоресурсів у будівлі та оцінено технічний стан інженерних систем. У результаті обстеження було встановлено, що будівля потребує подальшого впровадження сучасних

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

енергоефективних заходів, спрямованих на зменшення споживання енергоресурсів.

Незважаючи на вже проведені заходи, будівля все ще потребує комплексної модернізації у сфері енергоефективності. Існують потенційні тепловтрати через огорожувальні конструкції, а також потреба у впровадженні сучасних енергоощадних технологій. У зв'язку з цим подальше підвищення енергоефективності адміністративної будівлі є актуальним напрямом для зменшення споживання енергоресурсів та покращення умов експлуатації будівлі.

Висновки до розділу 1

За результатами проведеного аналізу встановлено, що адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ перебуває у задовільному технічному стані, проте потребує впровадження додаткових заходів з підвищення енергоефективності. Аналіз споживання енергоресурсів показав тенденцію до збільшення витрат твердого палива, електроенергії та води протягом останніх років, що свідчить про необхідність більш раціонального використання ресурсів. Крім того, зростання тарифів на енергоносії призводить до збільшення експлуатаційних витрат будівлі. Незважаючи на вже реалізовані заходи, зокрема заміну освітлення на LED-лампи, існує потреба у подальшій модернізації інженерних систем та впровадженні сучасних енергозберігаючих технологій для зменшення споживання енергоресурсів і підвищення ефективності будівлі.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЮ БУДІВЛЕЮ

2.1 Схема електропостачання об'єкту та її аналіз

Важливою частиною аналізу ефективності використання електричної енергії адміністративної будівлі є розгляд існуючої системи електропостачання. Від того, як організовано подачу та розподіл електроенергії, залежить рівень її споживання, надійність роботи обладнання та можливість впровадження енергозберігаючих заходів.

Електропостачання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ здійснюється від трансформаторної підстанції ЗТП-1/1 через зовнішню електричну мережу та подається на ввід будівлі. Будівля належить до споживачів III категорії надійності електропостачання.

Живлення подається від розподільного пристрою РУ-0,4 кВ, який розділений на дві секції шин із секційним роз'єднувачем на 400 А. Від головних шин відходять чотири основні кабельні лінії, захищені запобіжниками та автоматами.

Перша потужна лінія, виконана чотирижильним алюмінієвим проводом АППВ-4×90, через автомат на 400 А живить кочегарку (два окремі котли). Друга лінія через запобіжники на 100 А та кабель АВВГ-4×50 підключена до розподільного щита РЩ-0,4 кВ першого поверху, який забезпечує живленням допоміжні приміщення (туалет, коридор, охорону, сходи), а також вишку радіостанції «МАЯК» та суміжний щит енергонагляду.

					ДП 2108.008 ПЗ			
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Матвієнко В.О.			АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЮ БУДІВЛЕЮ	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		.Бориченко О.В.					30	132
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Третя лінія з запобіжниками на 250 А через магістральний кабель АВВГ-4×90 живить розподільну шафу ЩО-2 другого поверху, яка розподіляє енергію між робочими кабінетами адміністрації (кабінети майстрів, начальника, диспетчерська ОДГ, зв'язок), а також живить додаткове обладнання кочегарки, сауну та бойлер. Четверта лінія через запобіжники на 100 А та кабель АВВГ-4×50 підключена до шафи ЩО-1 першого поверху, яка відповідає за робочі місця інженерів, комп'ютерну мережу, побутові розетки та систему освітлення актового залу і робочих кабінетів.

Загалом схема демонструє надійну радіальну структуру розподілу енергії з чітким розділенням силового, комп'ютерного та освітлювального навантаження по поверхах і службах будівлі. Зображення схема можна побачити на рисунку 2.1.

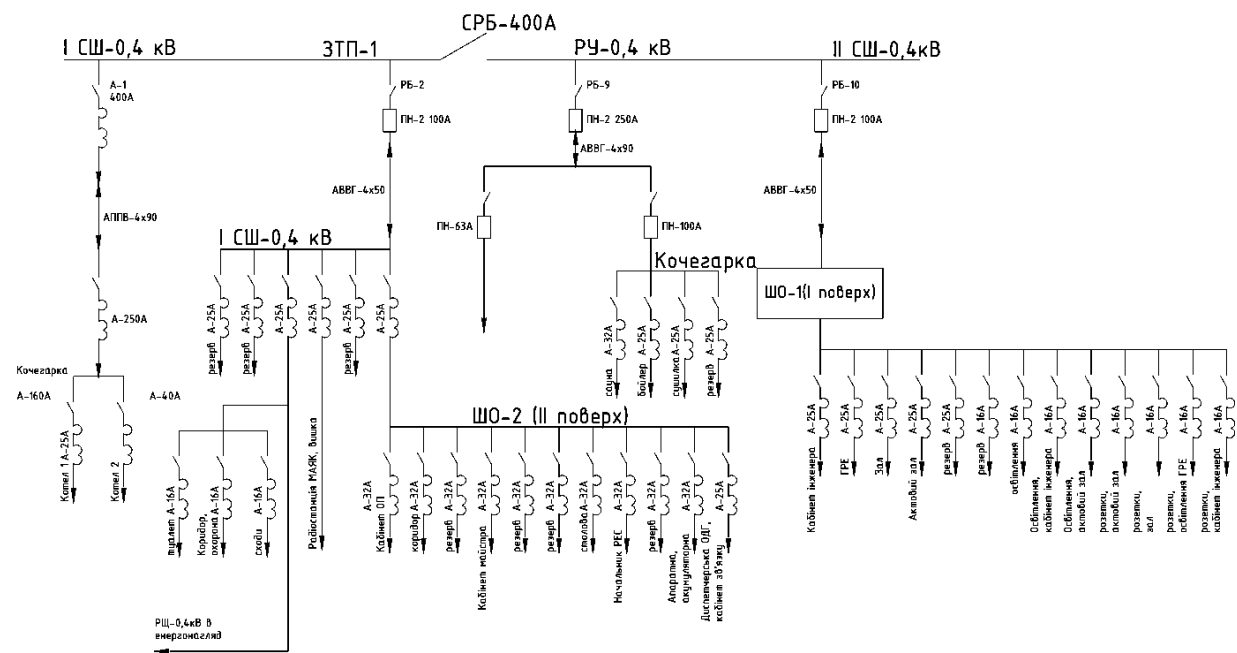


Рисунок 2.1 – Однолінійна схема первинних з'єднань адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

Дані про характеристики наявного електрообладнання та загальну встановлену потужність різним електрообладнанням, а також сумарні дані зведено у таблиці 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Характеристики наявного електрообладнання у будівлі Новоархангельських ЕМ

Найменування	Встановлена потужність, <i>Вт</i>	Кількість	Всього, <i>кВт</i>	Тип управління
Насоси:				
– опалення	100	1	0,10	Ручне
– ХВП	750	1	0,75	Автоматичне
Лампи:				
– світлодіодні	18	192	3,456	Ручне
Електрообладнання:				
– комп'ютер	300	30	9,00	---
– принтер	100	10	1,00	
– проектор	300	1	0,30	
– телевізор	150	1	0,15	
– холодильник	300	3	0,90	
– кондиціонер	2500	10	25,00	
– чайник	1500	5	7,50	
– мікрохвильова піч	800	2	1,60	
– проточний водонагрівач	3500	1	3,50	

Таблиця 2.2 – Загальна встановлена потужність наявного електрообладнання в адміністративній будівлі Новоархангельських ЕМ, [кВт]

№	Назва споживача	Рн, кВт	N, од	Кв
1	Комп'ютер	0,30	30	0,80
2	Принтер	0,10	10	0,50
3	Проектор	0,30	1	0,30
4	Телевізор	0,15	1	0,60
5	Холодильник	0,30	3	0,80
6	Кондиціонер	2,50	10	0,50
7	Чайник	1,50	5	0,20
8	Мікрохвильова піч	0,80	2	0,20
9	Проточний водонагрівач	3,50	1	0,20
10	Насос на ХВП	0,75	1	0,10
11	Насос на опалення	0,10	1	0,40
12	Світлодіодні лампи	0,018	192	0,80
Всього:			49,82	

Загальна встановлена потужність будівлі становить 49,82 кВт. Об'єкт має високу базову енергоефективність завдяки 100% світлодіодному освітленню (192 LED-лампи) та автоматизованій роботі насоса ХВП.

Головним споживачем є кондиціонери, на які припадає половина всієї потужності (25 кВт), тому загальна економія найбільше залежить від їхнього класу енергозбереження. Офісна техніка (ПК та принтери) сумарно споживає 10 кВт і потребує контролю сплячого режиму під час простою. Потужні нагрівальні прилади (водонагрівач, чайники) використовуються короткочасно ($K_B = 0,20$), тому не створюють критичного навантаження на мережу.

2.3 Повірочний розрахунок навантажень адміністративної будівлі

Повірочний розрахунок електричних навантажень виконується з метою уточнення фактичної встановленої та розрахункової потужності електроспоживачів адміністративної будівлі, а також перевірки відповідності існуючої системи електропостачання фактичним умовам експлуатації.

Почнемо розрахунок з визначення активного, реактивного та повного навантаження споживачів.

$$P_p = nP_{\text{ном}}k_{\text{в}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{ном}}$ - номінальна потужність електроприладу;

n - кількість електроприладів;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання електроприладу;

P_p – активна розрахункова потужність.

$$Q_p = nP_{\text{ном}}k_{\text{в}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

де Q_p – реактивна розрахункова потужність;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивного навантаження.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.3)$$

де S_p – повна розрахункова потужність.

Розрахунковий струм визначає за формулою, [А]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}. \quad (2.4)$$

Виконаємо розрахунок для всіх споживачів будівлі в програмному забезпеченні MS Excel та зведемо розрахунки до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок питомого навантаження адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Початкові дані										Проміжні потужності			n _{р.ε} , од	n _ε , од	K _p	Розрахункові потужності			Розрахунковий струм I _p , А
За умовою						За довідковими даними										P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВт·А	
Найменування ЕП	n _{шт}	Номінальна потужність, кВт				P _n .max/ P _n .min	k _ε	cosφ	tgφ	P _а , кВт	Q _а , квар	n _p ^2	14	15	16	17	18	19	20
		P _n	P _n Σ	P _n .max	P _n .min														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
Комп'ютер	30,0	0,3	9,0				0,80	0,95	0,33	7,20	2,37	2,70							
Принтер	10,0	0,1	1,0				0,50	0,95	0,33	0,50	0,16	0,10							
Проектор	1,0	0,3	0,3				0,30	0,90	0,48	0,09	0,04	0,09							
Телевізор	1,0	0,2	0,2				0,60	0,95	0,33	0,09	0,03	0,02							
Холодильник	3,0	0,3	0,9				0,80	0,80	0,75	0,72	0,54	0,27							
Кондиціонер	10,0	2,5	25,0				0,50	0,85	0,62	12,50	7,75	62,50							
Чайник	5,0	1,5	7,5				0,20	0,98	0,20	1,50	0,30	11,25							
Мікрохвильова піч	2,0	0,8	1,6				0,20	0,95	0,33	0,32	0,11	1,28							
Проточний водонагрівач	1,0	3,5	3,5				0,20	0,98	0,20	0,70	0,14	12,25							
СП 1	63,00		48,95	3,50	0,10	35,00	0,48			23,62	11,44	90,46	27,97	27,00	1,00	23,62	11,44	26,25	37,88
Насос на ХВП	1,00	0,75	0,75				0,10	0,80	0,75	0,08	0,06	0,56							
Насос на опалення	1,00	0,10	0,10				0,40	0,80	0,75	0,04	0,03	0,01							
СП 2	2,00		0,85	0,75	0,10	7,50	0,14			0,12	0,09	0,57	1,26	1,00	1,00	0,12	0,09	0,14	0,21
СП 1+СП 2 на шинях 0,4 кВ ТП	65,00		49,80	4,25	0,20	42,50	0,62			23,74	11,53		23,44	23,00	1,00	23,74	11,53	26,39	38,09
ЛЮ	192,00	0,018	3,46				0,80	0,95	0,33	2,76	0,91	0,06				2,76	0,91	2,91	4,20

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення

Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення виконується з метою перевірки відповідності фактичних параметрів освітлення нормативним вимогам та визначення ефективності використання електричної енергії. Розрахунок проводиться для коридору другого поверху адміністративної будівлі.

Джерелами штучного освітлення в будівлі є світлодіодні світильники, в кожному з яких встановлено чотири світлодіодні лампи потужністю 18 Вт кожна. Таким чином, потужність одного світильника становить:

$$P_{CB} = nP_{BC.BB} = 4 \cdot 18 = 72 \text{ Вт.} \quad (2.5)$$

де $P_{BC.BB}$ – встановлена потужність однієї світлодіодної лампи, [Вт].

Повірочний розрахунок починається з визначення геометричних параметрів приміщення та його площі, розрахунок проведемо для коридору другого поверху. Довжина становить 32,75 м, ширина 1,4 м, висота 3,0, а загальна площа приміщення становить 45,85 м². Також для розрахунку нам

необхідно знати робочу висоту підвісу світильників, оскільки для коридорів робочою поверхнею є підлога, то приймаємо робочу висоту на рівні 3,0 м.

Для визначення освітленості розрахуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{ab}{h_p(a+b)} = \frac{32,75 \cdot 1,4}{3,0 \cdot (32,75 + 1,4)} = 0,4475 \approx 0,45. \quad (2.6)$$

де h_p – робоча висота підвісу світильників, [м].

Подальший розрахунок освітленості виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку з урахуванням кількості світильників, світлового потоку ламп та коефіцієнта запасу.

Для коридору другого поверху встановлено 5 світильників, розміщення світильників можна побачити на рисунку 2.2. У кожному світильнику розміщено по 4 світлодіодні лампи потужністю 18 Вт зі світловим потоком $\Phi_{\text{л}} = 1800$ лм кожна. Загальна кількість ламп в коридорі становить 20 шт. Для даного приміщення коефіцієнт використання світлового потоку приймаємо на рівні $\eta = 0,45$, так як в коридорі біла стеля та світлі стіни. Коефіцієнт запасу для світлодіодних ламп приймаємо $k_z = 1,3$, а коефіцієнт нерівномірності – $z = 1,1$.

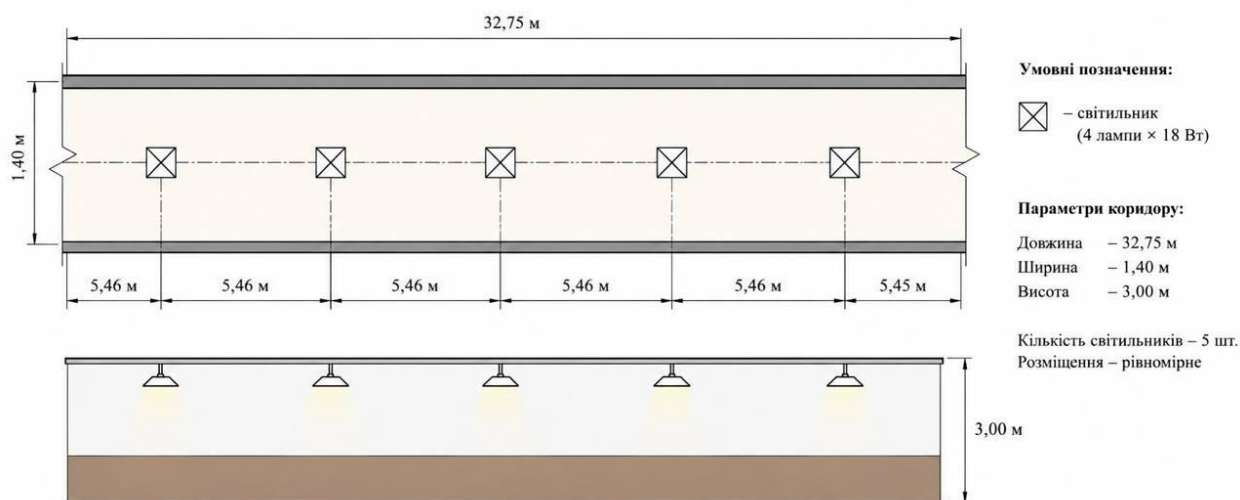


Рисунок 2.2 – Схема розміщення світильників в коридорі другого поверху адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Розрахуємо освітленість коридору за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} n \eta}{S k_3 z} = \frac{1800 \cdot 20 \cdot 0,45}{45,85 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 247 \text{ лк.} \quad (2.7)$$

За результатами повірного розрахунку встановлено, що середня освітленість коридору другого поверху становить 247 лк, що перевищує нормативне значення 100 лк для коридорів адміністративних будівель [1]. Отже, існуюча система внутрішнього освітлення забезпечує необхідні умови для безпечного пересування персоналу та відповідає нормативним вимогам щодо рівня освітленості.

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

Складемо баланс споживання електричної енергії електроспоживачами будівлі Новоархангельських ЕМ за 2025 рік.

Споживання електричної енергії відповідної одиниці обладнання розраховується за наступною формулою:

$$W_i = P n k_v T_{\text{роб}} \quad (2.8)$$

де P — встановлена потужність одиниці відповідного обладнання, яка береться з паспортних даних обладнання, [кВт];

n — кількість одиниць обладнання, [шт];

k_v — коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{\text{роб}}$ — тривалість роботи відповідного обладнання за рік, [год].

Використовуючи цю формулу, можна розрахувати споживання електричної енергії всіх інших електроспоживачів за рік, розрахунок зведено до таблиці 2.5.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Розрахунок річного споживання електричної енергії будівлею Новоархангельських ЕМ за 2025 р.

<i>Обладнання</i>	<i>Встановлена потужність, кВт</i>	<i>Загальна потужність, кВт</i>	<i>Коефіцієнт використання</i>	<i>Річне споживання, кВт·год</i>
<i>Комп'ютер</i>	0,30	9,00	0,80	1800,00
<i>Принтер</i>	0,10	1,00	0,50	125,00
<i>Проектор</i>	0,30	0,30	0,30	22,50
<i>Телевізор</i>	0,20	0,20	0,60	22,50
<i>Холодильник</i>	0,30	0,90	0,80	180,00
<i>Кондиціонер</i>	2,50	25,00	0,50	3125,00
<i>Чайник</i>	1,50	7,50	0,20	375,00
<i>Мікрохвильова піч</i>	0,80	1,60	0,20	80,00
<i>Проточний водонагрівач</i>	3,50	3,50	0,20	175,00
<i>LED-лампи</i>	0,018	3,46	0,80	692,00
<i>Насос на опалення</i>	0,10	0,10	0,40	10,00
<i>Насос на ХВП</i>	0,70	0,70	0,10	18,75
<i>Разом</i>	6625,75			

Розрахункове значення 6625,75 кВт·год перевищує фактичне значення споживання електроенергії протягом 2025 року на 16,8 %, що пояснюється завищеними припущеннями щодо режимів роботи обладнання та одночасності навантаження. Для подальших розрахунків енергозберігаючих заходів будемо використовувати фактичні дані.

Для проведення аналізу електроспоживання всі електроприймачі адміністративної будівлі були об'єднані в п'ять основних груп: офісне, кліматичне, побутове, освітлювальне та насосне обладнання. Такий поділ дозволяє визначити найбільш енергоємні групи споживачів та оцінити потенціал впровадження енергоефективних заходів для кожної з них окремо, даний баланс можна графічно побачити на рисунку 2.3 та 2.4.

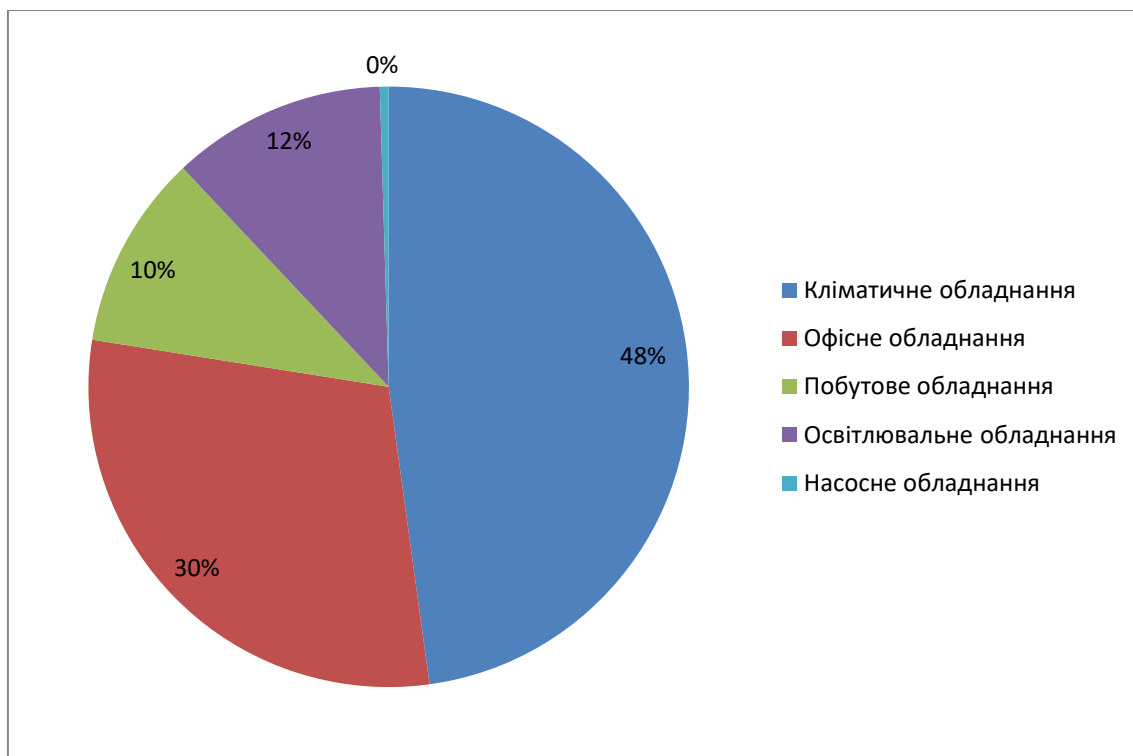


Рисунок 2.3 – Баланс електроспоживання протягом 2025 року різних типів обладнання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Аналіз структури енергоспоживання показав, що основними споживачами електричної енергії в адміністративній будівлі Новоархангельських ЕМ є кліматичне та офісне обладнання, на які сумарно припадає близько 78 % загального споживання. Тому, хоча й одним з основних споживачем електроенергії є офісне обладнання, що відповідає призначенню адміністративної будівлі, найбільш доцільними з точки зору енергозбереження будуть заходи, спрямовані на підвищення ефективності роботи систем кліматизації та освітлення, оскільки саме вони формують значний резерв економії електричної енергії без впливу на основні виробничі процеси.

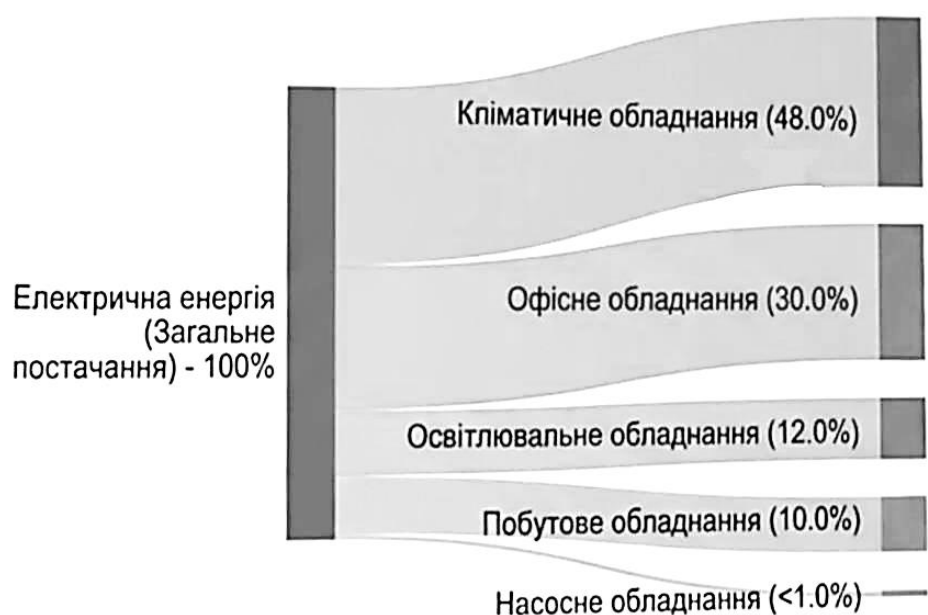


Рисунок 2.4 - Баланс споживання електричної енергії протягом 2025 року адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ (діаграма Санкея)

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

У адміністративній будівлі система обліку електричної енергії побудована на основі двох трифазних лічильників, інтегрованих до автоматизованої системи енергетичного моніторингу. Така структура дозволяє здійснювати диференційований облік електроспоживання за основними напрямками живлення.

Перший лічильник встановлено на основній лінії електропостачання, через яку здійснюється живлення основних електроспоживачів будівлі. Він фіксує базове навантаження об'єкта та забезпечує контроль загального споживання електричної енергії в нормальному режимі експлуатації.

Другий лічильник використовується для обліку резервних ліній електропостачання, які задіюються у випадку перемикавання навантаження або роботи резервних систем живлення. Це дозволяє контролювати енергоспоживання допоміжних та резервних контурів, а також оцінювати їх внесок у загальний баланс електроспоживання будівлі.

Інтеграція обох лічильників до автоматизованої системи моніторингу забезпечує оперативний збір даних, їх візуалізацію та аналіз у різних часових інтервалах. Це підвищує прозорість енергоспоживання та створює умови для ефективного енергетичного менеджменту.

В цілому, система обліку є сучасною та достатньо ефективною, оскільки забезпечує розмежування основного та резервного споживання. Водночас для підвищення точності аналізу енерговитрат доцільним є подальше деталізування обліку по окремих групах навантаження (освітлення, розеткові мережі, кліматичне обладнання тощо).

2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

Аналіз структури електроспоживання адміністративної будівлі показав, що найбільшу частку навантаження формують системи кліматичного забезпечення та освітлення. Саме ці групи споживачів характеризуються тривалим режимом роботи та значним впливом на загальний баланс електричної енергії. У зв'язку з цим вони визначені як пріоритетні напрямки для впровадження енергоефективних заходів.

З метою зменшення споживання електричної енергії та підвищення ефективності її використання доцільно розглянути комплекс технічних рішень, спрямованих на модернізацію обладнання та оптимізацію режимів його роботи. До таких заходів віднесено заміну існуючих кондиціонерів на сучасні енергоефективні моделі з вищим коефіцієнтом енергоефективності, а також впровадження систем автоматичного керування освітленням із використанням датчиків руху.

Запропоновані заходи дозволяють не лише знизити фактичне споживання електроенергії, але й мінімізувати випадки нераціонального використання ресурсів, зокрема роботи обладнання в періоди відсутності людей або при неповному навантаженні.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.1 Енергоефективний захід по заміні кондиціонерів

У рамках підвищення енергоефективності адміністративної будівлі та зменшення експлуатаційних витрат на електричну енергію пропонується реалізація заходу із заміни існуючих кондиціонерів на сучасні енергоефективні моделі.

Наявні системи кондиціонування характеризуються підвищеним рівнем споживання електроенергії та зниженим коефіцієнтом енергоефективності, а саме клас В, які встановлювались приблизно в 2013 році, порівняно з сучасними інверторними установками. Питоме споживання електроенергії кондиціонерів класу В становить у середньому 1,0–1,3 кВт, однак при роботі в режимі чималого навантаження, як в нашому випадку, може досягати значень до 1,8–2,0 кВт. Причиною цього є вже застаріла модель, так як середній термін експлуатації кондиціонерів становить приблизно 10-15 років. Також відсутність теплоізоляції в будівлі призводить до значних тепловтрат та викликає збільшення навантаження на систему кондиціонування. Все це призводить до значної частки витрат електроенергії на забезпечення мікроклімату в приміщеннях, що негативно впливає на загальний баланс енергоспоживання будівлі.

Для заміни пропонується встановлення кондиціонерів марки AUX Halo Black inverter ASW/AS-H09HER3DI, класу енергоефективності A+++, із питомим споживанням електричної енергії 0,8 кВт та номінальною потужністю 2,8 кВт, вартість якого складає 23600,00 грн, зображення якого можна побачити на рисунку 2.5 [2]. Також виробник вказує що термін експлуатації даної марки становить близько 20 років. Застосування даного обладнання забезпечує більш ефективне використання електричної енергії та підвищення загальної енергоефективності системи кондиціонування .

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рисунок 2.5 – Кондиціонер AUX Halo Black inverter класу енергоефективності A+++

У подальших розрахунках буде визначено річну економію електроенергії та грошових коштів від впровадження даного заходу, а також оцінено термін його окупності.

Почнемо розрахунок з визначення річного споживання старими та новими кондиціонерами за формулою:

$$W = P_i t n k_v k_c, \quad (2.9)$$

де P_i - питоме споживання електричної енергії, [кВт];

t – час роботи, [год/рік];

n – кількість кондиціонерів, [шт];

k_v - коефіцієнт використання (протягом дня);

k_c - коефіцієнт сезонності (так як кондиціонери працюють в залежності від погодних умов).

Підставимо значення та розрахуємо за формулою (2.9):

$$W_{ст} = 1,8 \cdot 1736 \cdot 10,0 \cdot 0,5 \cdot 0,2 = 3125 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$W_{н} = 0,8 \cdot 1736 \cdot 10,0 \cdot 0,5 \cdot 0,2 = 1389 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Тоді річна економія електроенергії становить :

$$\Delta W = W_{\text{ст}} - W_{\text{н}} = 3125 - 1389 = 1736 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.10)$$

Річна економія в грошових одиницях буде становити:

$$E = \Delta W T = 1736 \cdot 12 = 20832,00 \text{ грн.} \quad (2.11)$$

де T – тариф з ПДВ на електричну енергію для адміністративних будівель в Кіровоградській області станом на 2026 рік.

Орієнтовні інвестиції для реалізації заходу із заміни кондиціонерів у селищі Новоархангельськ становлять близько 28 900,00 грн за комплекс робіт на один кондиціонер, враховуючи закупівлю нового обладнання, демонтаж та утилізацію старого обладнання та додаткові монтажні роботи та витрати. Загалом вартість становить 289 000,00 грн.

Простий термін окупності заходу розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{289000}{20832,00} = 13,8 \text{ років.} \quad (2.12)$$

Заміна існуючих кондиціонерів є доцільним енергоефективним заходом, оскільки дозволяє зменшити споживання електроенергії та експлуатаційні витрати будівлі. Враховуючи, що термін служби обладнання нової марки становить близько 20 років, впровадження даного заходу є економічно обґрунтованим і забезпечує довготривалий ефект економії [2].

2.7.2 Енергоефективний захід зі встановлення датчиків руху на освітленість

У рамках підвищення енергоефективності адміністративної будівлі пропонується впровадження системи автоматичного керування освітленням шляхом встановлення датчиків руху та датчиків освітленості. Даний захід передбачає автоматичне вмикання та вимикання світильників залежно від присутності людей у приміщенні та рівня природного освітлення.

Впровадження зазначеної системи дозволяє суттєво зменшити час роботи освітлювальних приладів, особливо в коридорах, санвузлах, сходових клітинах та допоміжних приміщеннях, де освітлення часто залишається увімкненим без необхідної потреби.

Застосування датчиків руху та освітленості забезпечує раціональне використання електричної енергії, зниження експлуатаційних витрат та підвищення загального рівня енергоефективності будівлі без погіршення комфортних умов для персоналу.

Для впровадження системи автоматичного керування освітленням пропонується встановлення датчиків руху марки Electrum CMS-003G, що забезпечують кут огляду 120/360° та дальність дії до 6 м. Такі технічні характеристики є достатніми для ефективного контролю освітлення у допоміжних приміщеннях будівлі. Для умов даної адміністративної будівлі, зокладу для коридорних зон, достатнім є встановлення орієнтовно 3 датчиків на один коридор, що забезпечує повне покриття робочої зони без “мертвих” зон спрацювання. Тому пропонується встановлення 12 датчиків по будівлі. Рекомендована висота монтажу становить 2,2–4,0 м, що відповідає оптимальним умовам роботи приладу та забезпечує коректне реагування на рух. Виробником також зазначено, що споживання зменшиться приблизно на 35% та термін експлуатації даного обладнання становить близько 10 років, що гарантує довготривале та надійне функціонування системи автоматичного

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

керування освітленням [3]. Зображення датчика можна побачити на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Датчик руху Electrum CMS-003G

З попередніх розрахунків можемо бачити, що споживання електроенергії освітлювальним обладнанням на рік складає 692 кВт·год. Орієнтовні інвестиції для встановлення 12 датчиків руху на освітлення з усіма необхідними монтажними роботами та затратами становлять 15 000,00 грн. Тому за формулами (2.10 – 2.12) проведемо розрахунок:

$$W_{\text{осв.ст}} = 692 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$W_{\text{осв.н}} = 692 \cdot (1 - 0,35) = 449,8 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\Delta W = W_{\text{осв.ст}} - W_{\text{осв.н}} = 692 - 449,8 = 242,2 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$E = \Delta W T = 242,2 \cdot 12 = 2906,40 \text{ грн},$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{12000,00}{2906,40} = 5,16 \text{ років}.$$

Встановлення датчиків руху та освітленості є доцільним енергоефективним заходом, що дозволяє зменшити споживання електроенергії на освітлення за рахунок автоматичного керування його роботою. У результаті розрахунків встановлено, що термін окупності впровадження даного заходу становить близько 5,16 років, що є прийнятним

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

для енергозберігаючих рішень у адміністративних будівлях. Реалізація заходу забезпечує зниження експлуатаційних витрат та підвищення загального рівня енергоефективності будівлі.

Висновки до розділу 2

Проведений аналіз енергоспоживання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ підтвердив високу надійність існуючої схеми живлення та достатню ефективність автоматизованої системи обліку. Попри те, що об'єкт уже має гарні стартові показники завдяки повному переходу на світлодіодне освітлення, дослідження річного балансу виявило суттєві резерви для економії, оскільки 48% електричної енергії витрачається на роботу кондиціонерів та не малу частку від споживання, а саме 12 % - на освітлення. Для мінімізації витрат та ліквідації нераціональних витрат технічно й економічно обґрунтовано два проекти модернізації: заміну застарілих кондиціонерів на вискооефективні інверторні системи класу A+++ із річною економією 1736 кВт·год та автоматизацію освітлення коридорів і допоміжних зон за допомогою датчиків руху, що зменшить споживання цієї групи на 35%. У підсумку, комплексне впровадження цих рішень дозволить значно оптимізувати експлуатаційні витрати будівлі та забезпечить тривалий енергозберігаючий ефект.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДИ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Нормативні вимоги щодо ефективності адміністративних будівель

Енергетична ефективність адміністративних будівель в Україні визначається відповідністю вимогам чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». Дані нормативи встановлюють комплекс вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, інженерних систем та параметрів мікроклімату приміщень, що забезпечують раціональне використання енергоресурсів та комфортні умови перебування людей, більш детальноше можна знайти в таблиці 3.1 [4-6].

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021, для адміністративних будівель приймається розрахункова температура внутрішнього повітря на рівні 20 °С при відносній вологості близько 50 %, що використовується при виконанні теплотехнічних розрахунків. Нормативами передбачено, що мікроклімат приміщень повинен відповідати санітарно-гігієнічним вимогам, забезпечуючи комфортні умови праці [4].

У холодний період року оптимальна температура в адміністративних приміщеннях становить 21–24 °С з допустимим підвищенням до 25 °С, а в теплий період — 23–25 °С з допустимим підвищенням до 28 °С. Відносна вологість повітря повинна підтримуватись у межах 40–60 %, що відповідає нормальному тепловологісному режиму приміщень, визначеному у додатку Б

					ДП 2108.008 ПЗ							
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Матвієнко В.О.			ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДИ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ			Літ	Аркуш	Аркушів		
Перевір.		.Бориченко О.В.								48	132	
Реценз.								НН ІЕЕ, кафедра ЕП				
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.										
Затвер.												

ДБН В.2.6-31:2021. Перевищення цих значень призводить до погіршення теплового комфорту, появи конденсації та зростання тепловтрат [4].

Таблиця 3.1 – Характеристики нормативних документів щодо енергетичної ефективності будівлі

Назва нормативного документа	Коротка характеристика	Рік видання
ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [4]	Основний нормативний документ, що встановлює вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та рівня енергоефективності будівель	2021
Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [6]	Визначає правові основи забезпечення енергоефективності будівель, вводить енергетичну сертифікацію та класи енергоефективності	2017
ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [5]	Регламентує вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також параметри мікроклімату в приміщеннях	2013

Крім температури та вологості, важливим параметром є швидкість руху повітря, яка відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 не повинна перевищувати 0,1–0,2 м/с у робочій зоні, що забезпечує відсутність протягів та рівномірний розподіл тепла. Також регламентується якість повітря, яка визначається кратністю повітрообміну та концентрацією вуглекислого газу. Для адміністративних будівель необхідно забезпечити такий рівень вентиляції, при якому концентрація CO₂ не перевищує 1000 ppm, що відповідає нормальним умовам перебування людей [5].

Нормативні вимоги до огорожувальних конструкцій встановлюють мінімально допустимі значення опору теплопередачі, які для більшості території України (Кіровоградська область - I кліматична зона) становлять

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

4,0 м²·К/Вт для зовнішніх стін, 7,0 м²·К/Вт для покриттів та 0,9 м²·К/Вт для віконних конструкцій. Такі значення забезпечують зменшення тепловтрат у холодний період року та запобігають перегріву будівлі влітку, що безпосередньо впливає на рівень енергоспоживання [5].

ДБН В.2.5-67:2013 також встановлює вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування, згідно з якими інженерні системи повинні забезпечувати підтримання нормативних параметрів мікроклімату при мінімальних витратах енергії. Це досягається шляхом застосування автоматичного регулювання теплових потоків, використання енергоефективного обладнання, а також впровадження систем вентиляції з рекуперацією тепла. Важливою умовою є забезпечення рівномірного розподілу температури в приміщенні та недопущення локальних перегрівів або переохолодження [5].

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», адміністративні будівлі підлягають обов'язковій енергетичній сертифікації, за результатами якої визначається клас енергоефективності від А до G. Цей показник характеризує рівень споживання енергії на опалення, вентиляцію, охолодження та гаряче водопостачання. Нові та реконструйовані будівлі повинні відповідати встановленим мінімальним вимогам, що стимулює застосування сучасних енергоощадних технологій [6].

Таким чином, нормативні вимоги до адміністративних будівель передбачають забезпечення температурного режиму на рівні близько 20 °С, підтримання відносної вологості у межах 50–60 %, обмеження швидкості руху повітря до 0,2 м/с, а також відповідність огорожувальних конструкцій встановленим теплотехнічним показникам. Дотримання цих вимог забезпечує не лише підвищення енергоефективності будівлі, але й створення комфортних умов праці, що є важливим фактором ефективності діяльності персоналу [4-6].

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.2 Визначення теплового навантаження адміністративної будівлі

Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ розташована в Кіровоградській області, тобто в I температурній зоні (див. рис.3.1). Повна площа будівлі становить 733,7 м², а його загальний будівельний об'єм – 2201,1 м³. Висота приміщень у чистому вигляді (від підлоги до стелі) складає 3,0 метри, що забезпечує комфортні умови для працівників та відповідає будівельним нормам. На рисунку 3.2 зображено один із фасадів.



Рисунок 3.1 – Карта-схема температурних зон України



Рисунок 3.2 – Східний фасад адміністративної будівлі
Новоархангельських ЕМ

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій встановлюються згідно з нормативними вимогами, які регламентовані державними будівельними нормами. Зокрема, вони визначені в таблиці 3.2 відповідно до ДБН В.2.6-31:2021. Ці значення залежать від типу конструкції (стіни, покрівля, перекриття тощо), кліматичної зони, в якій розташована будівля, а також від функціонального призначення приміщень. Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення належної енергоефективності будівлі, зниження тепловтрат і відповідності сучасним стандартам енергозбереження [4].

Основні кліматичні характеристики будівлі були визначені відповідно до регіональних кліматичних умов місцевості, де розташована будівля. Вибір параметрів здійснено з урахуванням середньорічної температури повітря, кількості опадів, тривалості опалювального періоду, розрахункових зимових температур та інших кліматичних показників, що впливають на енергоспоживання будівлі [4-6]. Детальна інформація про кліматичні параметри адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ представлена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції

№	Вид ОК	Значення $R_{q \min}$, для I температурної зони
1	Зовнішні стіни	$4 \text{ м}^2\text{К/Вт}$
2	Перекриття даху, що межує з неопалювальним техповерхом	$6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$
3	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	$0,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$
4	Зовнішні двері	$0,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}$

Таблиця 3.3 – Характеристики кліматичної зони для адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Фактична середня внутрішня температура за опалювальний період										20	°C
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										20	
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										8,1	
Розрахункова температура зовнішнього повітря										-22	
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період										-0,3	
Тривалість опалювального періоду										175	
Переважаючий напрям вітру										Пн-Зх	-
Температура зона регіону										I	
Середня місячна температура, °C											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6

Конструктивні характеристики будівлі мають суттєвий вплив на рівень її енергоефективності, оскільки визначають величину тепловтрат і загальне споживання енергії. Детальна інформація щодо огорожувальних конструкцій адміністративної будівлі, зокрема використаних матеріалів, їх товщини та опору теплопередачі, представлена в таблицях 3.4–3.8. Наведені дані дають можливість оцінити теплоізоляційні властивості будівлі та

обґрунтувати впровадження заходів, спрямованих на підвищення її енергетичної ефективності.

Таблиця 3.4 – Склад зовнішніх стін будівлі Новоархангельських ЕМ

Конструкція стіни	Характеристика стану ОК	Теплоізоляція
Цегла керамічна порожниста на цементно-піщаному розчині, $\delta = 0,38$ м. Штукатурка з цементно-піщаного розчину $\delta = 0,035$ м.	Задовільний	Відсутня

Таблиця 3.5 – Площа зовнішніх стін будівлі Новоархангельських ЕМ

Орієнтація	Зх	Сх	Пд	Пн
Площа стіни, m^2	158,76	166,86	70,41	66,9
Загальна площа, m^2	462,93			

Таблиця 3.6 – Характеристики світлопрозорих конструкцій в будівлі Новоархангельських ЕМ

	Площа одного	Тип матеріалу	Кількість				Тип заскл.
			Зх	Сх	Пд	Пн	
Площа вікон (m^2)	2,7	Металопластикові	19	22	0	3	2 заскл.
Площа вікон, m^2			118,8				
Загальний стан ОК			Задовільний				

Таблиця 3.7 – Площа вхідних дверей будівлі Новоархангельських ЕМ

Орієнтація	Кількість, <i>шт</i>	Тип матеріалу	Площа одного, m^2
Зх	1	Металопластикові	2,94
	4		1,89
	3	Дерев'яні	2,52
	4		1,6
Сх	1	Металопластикові	2,94
	2		1,89
	6	Дерев'яні	2,52
	1		1,6
Пд	2	Металопластикові	2,94
	6		1,89
Пн	1	Металопластикові	2,94
	4		1,89
	4	Дерев'яні	1,6
Загальна площа, m^2	82,02		
Загальна площа металопластикових, m^2	44,94		
Характеристика загального стану ОК	Нормальний		

Таблиця 3.8 – Площа та характеристики даху та підвалу будівлі Новоархангельських ЕМ

Тип	Перекрытия неопалубочного цокольного поверху	Перекрытия неопалубочного технического поверху
Площа, m^2	460,6	460,6
Склад ОК	Залізо-бетонна плита $\delta=0,22$ м, цементно-піщана стяжка $\delta=0,025$ м.	Залізо-бетонна плита $\delta=0,22$ м, цементно-піщана стяжка $\delta=0,025$ м.
Характеристика стану ОК	Нормальний	

3.2.1 Конструкція зовнішніх стін

Для перевірки відповідності зовнішніх стін нормативним вимогам з енергоефективності виконаємо розрахунок приведенного опору теплопередачі конструкції. Отримане значення порівняємо з нормативним опором теплопередачі для даної кліматичної зони та визначимо відповідність зовнішніх стін вимогам чинних норм.

Зовнішня стіна адміністративної будівлі складається з таких шарів:

- цегляна кладка з керамічної порожнистої цегли на цементно-піщаному розчині $\delta = 0,38$ м, $\lambda = 0,64$ Вт/м²К;
- штукатурка з цементно-піщаного розчину $\delta = 0,035$ м, $\lambda = 0,93$ Вт/м²К [7-8].

Термічний опір зовнішніх стін визначається за формулою, [(м²К)/Вт]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^k \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{se}} \quad (3.1)$$

де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, [Вт/(м²К)], [9];

R_i – тепловий опір i -го шару конструкції, [(м²К)/Вт];

δ_i – товщина i -го шару конструкції, [м], що задано для кожного типу огороження згідно з індивідуальним варіантом;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (параметри Б), [Вт/(мК)], [7-8] ;

k – кількість шарів огорожувальної конструкції .

Підставимо значення у формулу (3.1):

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,035}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,7898 \approx 0,79 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі стіни визначаємо за формулою, [Вт/(м²°C)] :

$$k_i = \frac{1}{R_{\Sigma}} \quad (3.2)$$

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_{3C} = \frac{1}{0,79} = 1,2658 \approx 1,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін $R_{qmin}=4 \text{ м}^2\text{K/Вт}$ [4],

$$R_{3C} = 0,79 \frac{\text{м}^2\text{K}}{\text{Вт}} < R_{qmin} = 4,00 \frac{\text{м}^2\text{K}}{\text{Вт}}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни є меншим за нормативне значення. Отже, конструкція не відповідає вимогам щодо теплового захисту будівель, що призводить до підвищених тепловтрат через зовнішні стіни.

3.2.2 Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Світлопрозорі конструкції в будівлі налічують 44 металопластикові вікна з подвійним застління, 17 металопластикових дверей з одинарним застлінням та 4 металопластикові двері з подвійним застлінням, всі конструкції встановлені в металевих плетіннях. На рисунку 1.4 зображено вхідні двері та вікна будівлі.

Загальна площа металопластикових вікон складає $F_{\text{вм}} = 118,8 \text{ м}^2$ та металопластикових дверей – $F_{\text{дм}} = 44,94 \text{ м}^2$.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Опір теплопередачі металопластикових вікон з подвійним заскленням $R_{\text{вмп}} = 0,5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, металопластикові двері з подвійним заскленням $R_{\text{дмп}} = 0,5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ та з одинарним заскленням $R_{\text{дмо}} = 0,35 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ [4].

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових вікон становить:

$$k_{\text{вмп}} = \frac{1}{0,5} = 2,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових дверей з подвійним заскленням становить:

$$k_{\text{дмп}} = \frac{1}{0,5} = 2,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових дверей з одинарним заскленням становить:

$$k_{\text{дмо}} = \frac{1}{0,35} = 2,8571 \approx 2,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікон та дверей $R_{\text{qmin}} = 0,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ [4],

$$R_{\text{вмп}} = 0,5 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\text{qmin}} = 0,90 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\text{дмп}} = 0,5 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\text{qmin}} = 0,90 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\text{дмо}} = 0,35 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\text{qmin}} = 0,90 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що приведений опір світлопрозорих огорожувальних конструкцій є меншим за нормативне значення. Отже, конструкція не відповідає вимогам та потребує впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

3.2.3 Дверні конструкції

Будівля, а саме майже всі приміщення другого поверху, обладнано одно- та двосекційними дерев'яними дверима, зображеними на рисунку 3.3. Дані конструкції є неутепленими та не мають дотягувачів. Загальна площа дверей становить $F_{\text{дд}} = 37,08 \text{ м}^2$.

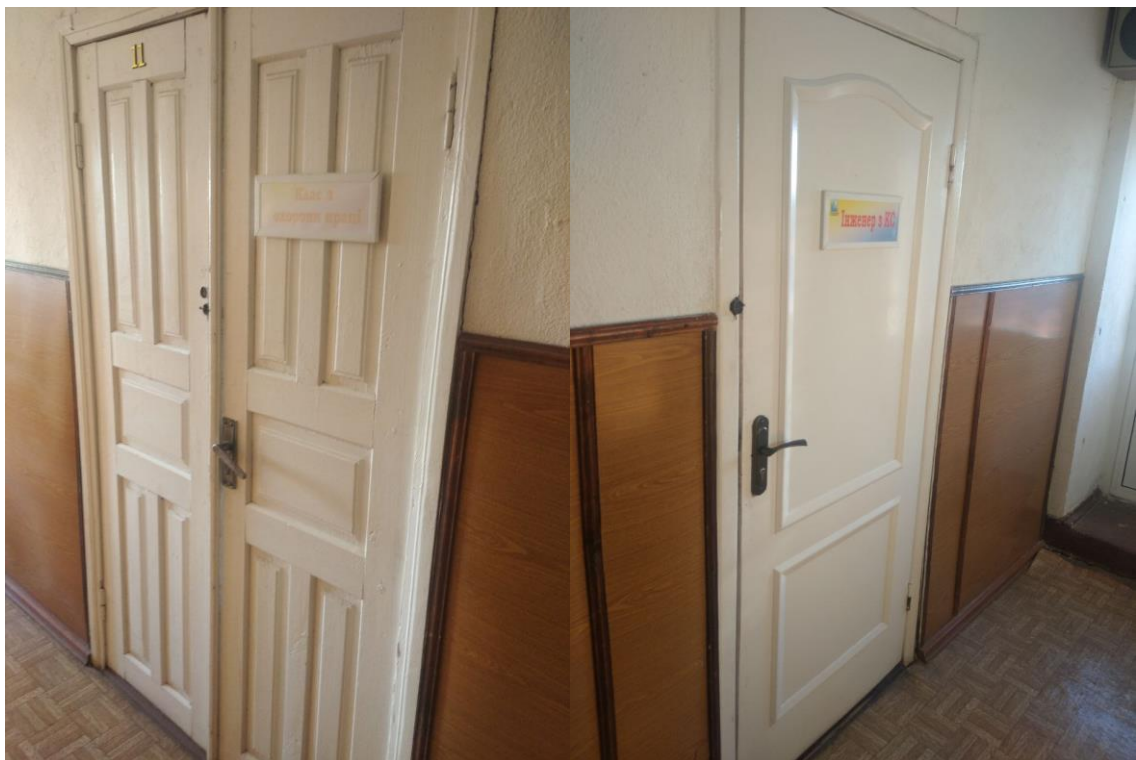


Рисунок 3.3 – Дверні дерев'яні конструкції встановлені в адміністративні будівлі Новоархангельських ЕМ

Термічний опір дерев'яних конструкцій становить $R_{\text{дд}} = 0,4 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ [4].

Коефіцієнт теплопередачі дерев'яних дверей за формулою (3.2) становить:

$$k_{\text{ДД}} = \frac{1}{0,4} = 2,50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі дерев'яних дверей $R_{q\min} = 0,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ [4],

$$R_{\text{ДД}} = 0,4 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{q\min} = 0,9 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що приведений опір дерев'яних конструкцій є меншим за нормативне значення. Отже, конструкція не відповідає вимогам та потребує впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

3.2.4 Конструкція неопалювального технічного поверху

В будівлі наявний неопалювальний технічний поверх, площа якого складає $F_{\text{ТП}} = 460,6 \text{ м}^2$. Для перевірки відповідності покрівлі нормативним вимогам з енергоефективності виконаємо розрахунок приведенного опору теплопередачі конструкції. Отримане значення порівняємо з нормативним опором теплопередачі та визначимо відповідність покрівлі вимогам чинних норм.

Перекриття адміністративної будівлі складається з наступних шарів:

- залізо-бетонна плита перекриття $\delta=0,22 \text{ м}$, $\lambda=2,04 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- бетонна стяжка $\delta=0,03 \text{ м}$, $\lambda=0,18 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- гравій керамзитовий $\delta=0,12 \text{ м}$, $\lambda=0,23 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- розчин цементно-піщаний $\delta=0,02 \text{ м}$, $\lambda=0,93 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, [7-8].

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термічний опір горища визначається за формулою (3.1):

$$R_{\text{ТП}} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,03}{0,18} + \frac{0,12}{0,23} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{10} = 1,0844 \approx 1,08 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі горища за формулою (3.2) становить:

$$k_{\text{ТП}} = \frac{1}{1,08} = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі неопалювального горища $R_{\text{qmin}} = 6,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ [1],

$$R_{\text{ТП}} = 1,08 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\text{qmin}} = 6,0 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що приведений опір технічного поверху є меншим за нормативне значення. Отже, конструкція не відповідає вимогам та потребує впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

3.2.5 Підлога над неопалювальним цокольним поверхом

В будівлі наявний неопалювальний цокольний поверх, площа якого складає $F_{\text{цп}} = 460,6 \text{ м}^2$. Для перевірки відповідності підлоги нормативним вимогам з енергоефективності виконаємо розрахунок приведенного опору теплопередачі конструкції. Отримане значення порівняємо з нормативним опором теплопередачі та визначимо відповідність вимогам чинних норм.

Підлога будівлі над неопалювальним з наступних шарів:

- залізо-бетонна плита перекриття $\delta=0,22 \text{ м}$, $\lambda=2,04 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;
- розчин цементно-піщаний $\delta=0,03 \text{ м}$, $\lambda=0,93 \text{ Вт/м}^2\text{К}$;

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лінолеум полівінілхлоридний без підоснови $\delta = 0,03$ м, $\lambda = 0,21$ Вт/м²К, [7-8].

Термічний опір підлоги визначається за формулою (3.1):

$$R_{\Pi} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{12} = 0,5357 \approx 0,54 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги за формулою (3.2) становить:

$$k_{\Pi} = \frac{1}{0,54} = 1,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі підлоги над неопалювальним підвалом $R_{q\min} = 5,0$ м²К/Вт [1],

$$R_{\Pi} = 0,54 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} < R_{q\min} = 5,0 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що приведений опір підлоги є меншим за нормативне значення. Отже, конструкція не відповідає вимогам та потребує впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

3.2.6 Розрахунок теплових втрат

Тепловтрати через зовнішні огороження визначаються за формулою, [Вт], [15]:

$$Q_o = \sum (K_i F_i \Delta t_i) b_u (1 + \Sigma \beta), \quad (3.3)$$

де

R_i – опір теплопередачі i -ого огороження, [м² К/Вт],

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_i – площа i -ої огорожувальної конструкції, [м²];

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, [°C];

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, [°C];

b_u – поправочний коефіцієнт урахування зменшення розрахункової різниці температур між кондиціонованим та некондиціонованим об'ємом/зоною, який обирається за додатком ; для усіх інших огорожень $b_u = 1$, [10];

$\Sigma\beta$ - 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 $\Sigma\beta = 0$ [11].

Для розрахунків приймаємо температури відповідно до таблиці 3.3.

Тепловтрати через зовнішні стіни розраховуємо за формулою (3.3):

$$Q_{3C} = 1,27 \cdot (158,76 \cdot 1,05 + 166,86 \cdot 1,1 + 70,41 \cdot 1,0 + 66,9 \cdot 1,1) \cdot (20 - (-22)) = 26362,97 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через світлопрозорі огорожувальні конструкції розраховуємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{СОК}} = \left(2,0 \cdot (51,3 \cdot 1,05 + 59,4 \cdot 1,1 + 8,1 \cdot 1,1) \cdot (20 - (-22)) \right) + \left(2,0 \cdot (2,94 \cdot 1,05 + 3,78 \cdot 1,0 + 1,89 \cdot 1,1) \cdot (20 - (-22)) \right) + \left(2,86 \cdot (7,56 \cdot 1,05 + 6,72 \cdot 1,1 + 13,44 \cdot 1,0 + 8,61 \cdot 1,1) \cdot (20 - (-22)) \right) = 16106,63 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дерев'яні дверні конструкції розраховуємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{ДД}} = 2,5 \cdot (13,96 \cdot 1,05 + 16,72 \cdot 1,1 + 6,4 \cdot 1,1) \cdot (20 - (-22)) \\ = 4209,45 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через технічний поверх розраховуємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{ТП}} = 0,93 \cdot 460,6 \cdot 1 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,9 = 16191,93 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через підлогу розраховуємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{П}} = 1,85 \cdot 460,6 \cdot 1 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,6 = 21473,17 \text{ Вт.}$$

Загальні тепловтрати крізь огорожувальні конструкції знайдемо за формулою, [Вт]:

$$Q_{\text{ОК}} = Q_{\text{ЗС}} + Q_{\text{СОК}} + Q_{\text{ДД}} + Q_{\text{ТП}} + Q_{\text{П}}. \quad (3.4)$$

Підставимо дані та розрахуємо за формулою (3.4):

$$Q_{\text{ОК}} = 26362,97 + 16106,63 + 4209,45 + 16191,93 + 21473,17 \\ = 84344,15 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через природну вентиляцію визначаються за формулою, [Гкал/год], [12]:

$$Q_{\text{В}} = 0,337 \cdot V_0 \cdot n_{\text{об}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (3.5)$$

де $n_{об}$ – кратність повітрообміну в адміністративній будівлі приймаємо $n_{об} = 1,0 \text{ год}^{-1}$;

V_0 – опалювальний об'єм приміщень в будівлі, складає $V_0 = 363,2 \cdot 3,0 + 370,5 \cdot 3,0 = 2201,10 \text{ м}^3$

Підставимо дані та розрахуємо за формулою (3.5):

$$Q_B = 0,337 \cdot 2201,10 \cdot 1,0 \cdot (20 - (-22)) = 31154,37 \text{ Вт} = 0,0268 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Розрахуємо загальні втрати тепла з огорожувальних конструкцій за формулою:

$$Q_{\Sigma} = Q_{ок} + Q_B. \quad (3.6)$$

Підставимо дані та розрахуємо за формулою (3.6):

$$Q_{\Sigma} = 84344,15 + 31154,37 = 115498,52 \text{ Вт}.$$

Зобразимо тепловтрати через огороження будівлі в графічному вигляді на рисунку 3.4.

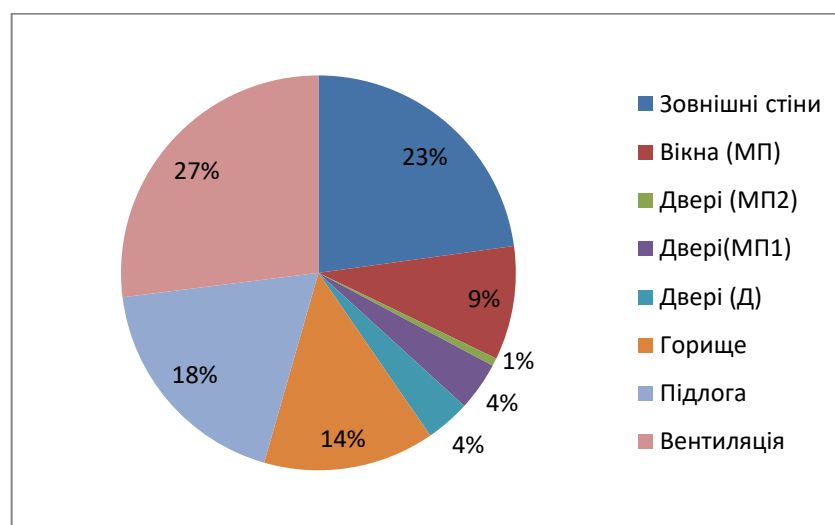


Рисунок 3.4 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Зведемо в таблицю 3.9 результати розрахунків теплового навантаження адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ.

Таблиця 3.9 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

Огородження	Орієнтація	R, (м²K)/Вт	k, Вт/(м²°C)	F, м²	Δt, °C	b _u	1 + Σβ	Q _i ,Вт
Зовнішні стіни	Зх	0,79	1,27	158,76	42	1	1,05	26362,97
	Сх			166,86	42	1	1,10	
	Пд			70,41	42	1	1,00	
	Пн			66,90	42	1	1,10	
Вікна (МП)	Зх	0,50	2,00	51,30	42	1	1,05	10761,66
	Сх			59,40	42	1	1,10	
	Пн			8,10	42	1	1,10	
Двері (МП2)	Зх	0,50	2,00	2,94	42	1	1,05	751,46
	Пд			3,78	42	1	1,00	
	Пн			1,89	42	1	1,10	
Двері(МП1)	Зх	0,35	2,86	7,56	42	1	1,05	4593,51
	Сх			6,72	42	1	1,10	
	Пд			13,44	42	1	1,00	
	Пн			8,61	42	1	1,10	
Двері (Д)	Зх	0,4	2,50	13,96	42	1	1,05	4209,45
	Сх			16,72	42	1	1,10	
	Пн			6,40	42	1	1,10	
Горище	-	1,08	0,93	460,6	42	0,9	1,00	16191,93
Підлога	-	0,54	1,85	460,6	42	0,6	1,00	21473,17
Вентиляція	-	-	-	-	-	-	-	31154,37
РАЗОМ								115498,52

Аналіз діаграми тепловтрат через огорожувальні конструкції адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ показав, що найбільші втрати теплової енергії серед конструктивних елементів відбуваються через зовнішні стіни і становлять 20 %. Значними також є тепловтрати через підлогу (17 %), вікна (14 %) та горищне перекриття (13 %). Через двері тепловтрати є порівняно невеликими та складають 8 % для дверей типу МП1, 3 % для дерев'яних дверей і лише 1 % для дверей типу МП2. Отримані результати свідчать про те, що найбільший ефект від впровадження заходів з енергозбереження може бути досягнутий шляхом додаткового утеплення зовнішніх стін, підлоги та горищного перекриття.

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ

3.3.1 Енергоефективний захід з утеплення стін

Проведена оцінка енергетичної ефективності адміністративної будівлі показала, що приведений опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає вимогам чинних нормативних документів. З метою підвищення енергетичної ефективності будівлі та зменшення втрат теплової енергії пропонується є утеплення зовнішніх стін будівлі площа яких становить 462,93 м². Реалізація даного заходу дозволить підвищити опір теплопередачі огорожувальних конструкцій до нормативного рівня, зменшити тепловтрати через стіни та скоротити споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Для утеплення зовнішніх стін пропонується застосувати систему фасадної теплоізоляції з використанням плит з мінеральної вати на основі базальтового волокна товщиною 0,15 м, теплопровідністю 0,047 Вт/(мК) та густиною 150 кг/м³. Після виконання утеплення буде проведено повторний розрахунок термічного опору конструкції та визначено очікуване зниження

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

тепловтрат і річне скорочення споживання теплової енергії. Зобразимо графічно структуру дано заходу на рисунку 3.5 [7-9;17-19].



Рисунок 3.5 – Структура утеплення стін будівлі Новоархангельських
ЕМ мінеральною ватою

Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції за формулою:

$$\delta_{i3} = \left[R_{q \min} - \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{se3}} \right) \right] \cdot \lambda_{i3} \quad (3.7)$$

де δ_1 , λ_1 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], внутрішньої штукатурки будівлі ;

δ_2 , λ_2 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], основного фасаду будівлі ;

δ_{i3} , λ_{i3} – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності , [Вт/(м·К)], ізоляційного шару будівлі, який потрібно обрати самостійно, обґрунтовуючи свій вибір з економічної та технологічної точки зору ;

δ_4 , λ_4 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], зовнішньої штукатурки будівлі із складного розчину;

$R_{q\ min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для зовнішньої стіни відповідно до вимог, що обирається за додатком 6 залежно від температурної зони розташування міста[13].

Підставимо дані та розрахуємо за формулою (3.7):

$$\delta_{i3} = \left[4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{0,93} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,03}{0,8} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,045 = 0,1427 \text{ м} = 150 \text{ мм}.$$

Термічний опір зовнішніх стін після модернізації визначається за формулою (3.1):

$$R_{3\text{См}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,035}{0,93} + \frac{0,15}{0,047} + \frac{0,03}{0,8} + \frac{1}{23} = 4,01879 \approx 4,02 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни після модернізації визначаємо за формулою (3.2):

$$k_{3\text{См}} = \frac{1}{4,02} = 0,2487 \approx 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін $R_{q\min}=4 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, [4] ,

$$R_{3\text{См}} = 4,02 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} > R_{q\min} = 4,00 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Зменшення теплових втрат після утеплення зовнішніх стін визначається за формулою:

$$\Delta Q_{3\text{См}} = \sum \left(\left(\frac{1}{R_{3\text{С}}} - \frac{1}{R_{3\text{См}}} \right) \cdot F_{3\text{С}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}) \right) \cdot b_u (1 + \Sigma \beta) \quad (3.8)$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Підставимо значення та розрахуємо формулу (3.8):

$$\Delta Q_{3\text{См}} = \left(\left(\frac{1}{0,79} - \frac{1}{4,02} \right) \cdot 158,76 \cdot 42 \right) \cdot 1,05 + \dots \\ + \left(\left(\frac{1}{0,79} - \frac{1}{4,02} \right) \cdot 66,9 \cdot 42 \right) \cdot 1,1 = 21112,52 \text{ Вт}$$

Щорічна економія енергоресурсів за рахунок утеплення визначається за формулою:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} = (\Delta Q_{3\text{С1}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} \quad (3.9)$$

Підставимо значення та розрахуємо формулу (3.9), [9]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{3См}} = (21112,52) \cdot \frac{20 - (-0,3)}{20 - (-22)} \cdot 175 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 36,85 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Переведемо визначену економію в необхідні одиниці виміру за формулою:

$$V = \frac{\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{3См}}}{Q_{\text{зг}} \eta_1} = \frac{36,85}{1,6 \cdot 0,7} = 37,07 \text{ м}^3/\text{рік} \quad (3.10)$$

де V – об'єм зекономлених дров після впровадження заходу;

η_1 – ККД котла, [%];

$Q_{\text{зг}}$ – нижча теплота згоряння дров, [Гкал/м³].

Річна економія грошових витрат, [грн/рік] [4;9]:

$$\Delta E = VT \quad (3.11)$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

де T – тариф на теплову енергію (в нашому випадку вартість на тверде паливо станом на 2026 рік).

Підставимо значення та розрахуємо формулу (3.11):

$$\Delta E = 37,07 \cdot 3000,00 = 111210,00 \text{ грн/рік}$$

Простий термін окупності заходу розраховується за формулою [9]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} \quad (3.12)$$

де I – необхідні інвестиції для реалізації заходу, [грн], що включають витрати на матеріали та будівельно-монтажні роботи та інші витрати, які можна приймати:

- згідно з комерційними пропозиціями фірм-виконавців робіт з утеплення фасадів «під ключ» [в грн/м² утепленого фасаду];
- за даними Асоціації енергоаудиторів України;
- за даними енергетичних сертифікатів будівель [13].

Орієнтовні інвестиції для реалізації заходу з утеплення зовнішніх стін будівлі площею 462,93 м² мінеральною ватою товщиною 150 мм і щільністю 75 кг/м³ у селищі Новоархангельськ становлять приблизно 615 500 грн. Ця сума включає вартість всіх необхідних матеріалів, підготовку фасаду, та риштування, логістику, вивіз сміття, організаційні витрати та повний монтаж.

Підставимо значення та розрахуємо формулу (3.12):

$$T_{\text{ок}} = \frac{615500,00}{111210,00} = 5,53 \text{ років.}$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами виконаного техніко-економічного розрахунку встановлено, що проєкт утеплення зовнішніх стін адміністративної будівлі мінеральною ватою є економічно та технічно доцільним.

3.3.2 Енергоефективний захід з утеплення підлоги над неопалювальним цокольним поверхом

Пропонується утеплити перекриття над цокольним поверхом (див. рисунок 3.6) виробами із екструдованого пінополістиролу щільністю 30 кг/м^3 та теплопровідністю $0,036 \text{ Вт/(мК)}$, використовуючи цементно-полістирольний розчин товщиною $0,015 \text{ м}$ та теплопровідністю $0,17 \text{ Вт/(мК)}$ Розрахуємо необхідну товщину утеплюючого матеріалу, опір теплопередачі після модернізації, зменшення тепловтрат, річну економію та термін окупності аналогічно формулам (3.7) - (3.12) та (3.1), [7-9].



Рисунок 3.6 – Утеплення перекриття неопалювального підвалу

$$\delta_{із} = \left[6 - \left(0,54 + \frac{0,015}{0,17} \right) \right] \cdot 0,055 = 0,295 \text{ м} = 300 \text{ мм};$$

$$R_{Пм} = 0,54 + \frac{0,3}{0,036} + \frac{0,015}{0,17} = 8,96 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\Delta Q_{Пм} = \left(\left(\frac{1}{0,54} - \frac{1}{8,96} \right) \cdot 460,6 \cdot 42 \right) \cdot 0,6 = 20199,23 \text{ Вт};$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{Пм}} = (20199,23) \cdot \frac{20 - (-0,3)}{20 - (-22)} \cdot 175 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 35,26 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

$$V = \frac{\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{Пм}}}{Q_{\text{зг}} \eta_1} = \frac{35,26}{1,6 \cdot 0,7} = 31,48 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}};$$

$$\Delta E = 31,48 \cdot 3000,00 = 94440,00 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Орієнтовні інвестиції для реалізації заходу з утеплення перекриття неопалювального цокольного поверху виробами з екструдованого пінополістиролу площею 460,6 м² у селищі Новоархангельськ становлять близько 492 000 грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{492000,00}{94440,00} = 5,21 \text{ років}$$

За результатами виконаного розрахунку встановлено, що проєкт утеплення є економічно та технічно доцільним.

3.3.3 Енергоефективний захід із заміни твердопаливного котла

У межах підвищення енергоефективності системи теплопостачання будівлі пропонується заміна існуючого твердопаливного котла на сучасний високоефективний котел.

Діючий котел має низький коефіцієнт корисної дії 0,7 (ККД), так як навно не було налагоджувальних робіт, зображення котла можна побачити на рисунку 1.4, що призводить до значних витрат палива та нераціонального використання енергоресурсів. У зв'язку з цим доцільним є впровадження нового обладнання з підвищеним ККД, що дозволить зменшити витрати палива та підвищити ефективність системи опалення.

Пропонується встановлення твердопаливного котла (див.рисунок 3.7) марки “ Metal-Fach Classic SEG BIO-75 Platinum Left ” потужністю 75 кВт, з

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ККД 0,95, який призначений для опалення будівель площею до 750 м². Вартість обраного котла становить 468000,00 грн, а загальні інвестиції (включаючи придбання нового котла, монтажні та пусконаладжувальні роботи, модернізація димоходу, демонтаж старого котла, обв'язка котельні, а також з резервом 10-15%) становлять 680000,00 грн. Приймаємо середнє річне споживання палива на рівні 160 м³ дров, а теплоту згоряння дров 1,6 Гкал/м³, а орієнтована вартість дров 3000,00 грн/м³ (вартість дров станом на період закупки у 2026 році) [14].



Рисунок 3.7 – Твердопаливний котел марки “Metal-Fach Classic SEG BIO-75 Platinum Left ”

Розрахуємо річну потребу будівлі в корисній тепловій енергії старим КОТЛОМ:

$$Q = B_1 \eta_1 Q_{зг} = 160 \cdot 0,7 \cdot 1,6 = 179,2 \text{ Гкал/рік} \quad (3.13)$$

де B_1 – середнє річне споживання твердого палива, [м³];

η_1 – ККД старого котла, [%];

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$Q_{зг}$ – нижча теплота згоряння дров, [Гкал/м³].

Визначимо витрати палива після заміни котла:

$$B_2 = \frac{Q}{Q_{зг} \eta_2} = \frac{179,2}{1,6 \cdot 0,9} = 124,4 \text{ м}^3 \text{ м}^3 \quad (3.14)$$

де B_2 – середнє річне споживання твердого палива після заміни котла, [м³];

η_2 – ККД нового котла, [%].

Розрахуємо економію палива:

$$\Delta E = B_1 - B_2 = 179,2 - 124,4 = 54,8 \text{ м}^3/\text{рік} \quad (3.15)$$

Розрахуємо економію в грошових одиницях за формулою (3.11):

$$\Delta E = 54,8 \cdot 3000,00 = 164400,00 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо простий термін окупності впровадженого заходу за формулою (3.12):

$$T_{ок} = \frac{680000,00}{164400,00} = 4,14 \text{ років}$$

За результатами виконаного розрахунку встановлено, що проєкт по заміні твердопаливного котла є економічно та технічно доцільним.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.4 Енергоефективний захід з утеплення перекриття технічного поверху

За результатами проведеного енергетичного обстеження встановлено, що існуюча конструкція перекриття технічного поверху не забезпечує нормативного рівня теплозахисту. Для зменшення тепловтрат пропонується виконати утеплення перекриття технічного поверху плитами з мінеральної вати на основі базальтового волокна товщиною 300 мм та щільністю 175 кг/м³, теплопровідність становить 0,052 Вт/(мК), приклад утеплення зображено на рисунку 3.8, [7-9;16].

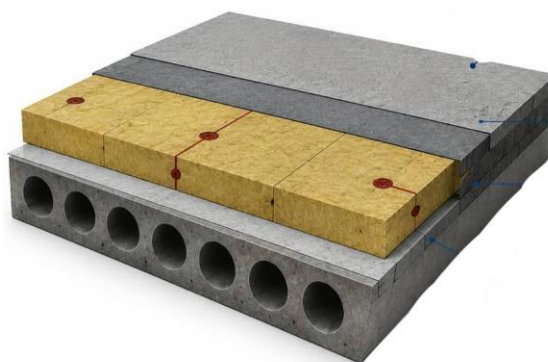


Рисунок 3.8 – Утеплення даху мінеральною ватою

Аналогічно проведемо розрахунок за формула (3.7 - 3.11).

$$\delta_{із} = \left[6 - \left(1,08 + \frac{0,02}{0,93} \right) \right] \cdot 0,055 = 0,2694 \text{ м} = 300 \text{ мм};$$

$$R_{ТПМ} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,03}{0,18} + \frac{0,12}{0,23} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,3}{0,052} + \frac{1}{10} = 6,8536 \approx 6,85 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\Delta Q_{ТПМ} = \left(\left(\frac{1}{1,08} - \frac{1}{6,85} \right) \cdot 460,6 \cdot 42 \right) \cdot 0,6 = 9052,86 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{рік}^{ТПМ} = (9052,86) \cdot \frac{20 - (-0,3)}{20 - (-22)} \cdot 175 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 15,8 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

$$V = \frac{\Delta Q_{рік}^{ТПМ}}{Q_{зг} \eta_1} = \frac{15,8}{1,6 \cdot 0,7} = 14,11 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}};$$

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$\Delta E = 14,11 \cdot 3000,00 = 42330,00 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Орієнтовні інвестиції для реалізації заходу з утеплення даху площею 460,6 м² у селищі Новоархангельськ становлять близько 1000 грн за комплекс робіт на 1 м², загалом вартість становить 460600 грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{460600,00}{42330,00} = 10,9 \text{ років}$$

За результатами виконаного розрахунку встановлено, що проєкт з теплення даху є технічно доцільним.

Висновки до розділу 3

У даному розділі проведено оцінку енергетичної ефективності адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ та визначено основні напрямки її підвищення. На основі аналізу чинної нормативної бази встановлено основні вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем адміністративних будівель.

Виконані розрахунки показали, що фактичні значення опору теплопередачі зовнішніх стін, світлопрозорих конструкцій, дверей, горищного перекриття та підлоги над неопалювальним цокольним поверхом не відповідають вимогам ДБН В.2.6-31:2021. Це свідчить про недостатній рівень теплового захисту будівлі та призводить до значних втрат теплової енергії в процесі експлуатації [4].

У результаті розрахунку теплового навантаження встановлено, що сумарні тепловтрати будівлі становлять 128,7 кВт. Найбільша частка втрат припадає на систему вентиляції (24 %), зовнішні стіни (20 %), підлогу над неопалювальним цокольним поверхом (17 %), вікна (14 %) та горищне

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перекриття (13 %). Отримані результати дозволили визначити найбільш пріоритетні напрямки термомодернізації будівлі.

Для підвищення енергетичної ефективності запропоновано комплекс технічних заходів, зокрема утеплення зовнішніх стін мінераловатними плитами, утеплення переkritтя над неопалювальним цокольним поверхом виробами з екструдованого пінополістиролу, утеплення переkritтя неопалювального технічного поверху та заміну існуючого твердопаливного котла на сучасний високоефективний котел. Реалізація зазначених заходів забезпечує зниження тепловтрат, скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів, зменшення експлуатаційних витрат та покращення умов перебування працівників у будівлі, для узагальнення сформуємо всі заходи до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Заходи з підвищення енергоефективності будівлі Новоархангельських ЕМ

№	Енергоефективний захід	Короткий опис	Економія	Орієнтовні капітальні витрати	Простий термін окупності
1	Утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій	Підвищення термічного опору стін за рахунок теплоізоляційного шару	23,17	615500 грн	5,53 років
2	Утеплення переkritтя неопалювального технічним поверхом	Влаштування теплоізоляційного шару по переkritтю з боку теплого приміщення для зменшення втрат через верхню огорожувальну конструкцію	8,82%	460600 грн	10,9 років
3	Заміна системи опалення	Демонтаж старого котла та встановлення сучасного твердопаливного котла з ККД 90%	34,25%	680000 грн	4,14 років
4	Утеплення переkritтя над неопалювальним цокольним поверхом	Улаштування теплоізоляції по переkritтю між опалювальним приміщенням та холодним цокольним поверхом для зменшення тепловтрат	19,68%	492000 грн	5,21 років

За результатами виконаних техніко-економічних розрахунків встановлено, що всі запропоновані заходи є технічно обґрунтованими та економічно доцільними. Їх впровадження дозволить суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності адміністративної будівлі, зменшити витрати на опалення та забезпечити відповідність об'єкта сучасним вимогам енергозбереження.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту

У сучасних умовах енергоменеджмент є одним із ключових інструментів забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів в адміністративних будівлях. Високий рівень енергоспоживання, зростання вартості енергоносіїв, необхідність підвищення енергетичної безпеки держави та виконання міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів обумовлюють актуальність впровадження сучасних систем енергетичного менеджменту [6].

Більшість адміністративних будівель України були введені в експлуатацію понад 20–30 років тому та характеризуються значними втратами теплової енергії через недостатню теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, фізично та морально застарілі системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та освітлення. Як наслідок, фактичне споживання енергетичних ресурсів часто перевищує нормативні показники, що призводить до додаткових фінансових витрат та зниження ефективності експлуатації будівель [6].

Однією із сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту є перехід від періодичного контролю до безперервного моніторингу енергоспоживання. Використання автоматизованих систем збору та аналізу даних дозволяє отримувати інформацію про споживання електричної енергії, теплової енергії та води в режимі реального часу, оперативно виявляти відхилення від нормативних показників та приймати управлінські рішення щодо оптимізації енергоспоживання [20].

					ДП 2108.008 ПЗ			
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Матвієнко В.О.					80	132
Перевір.		.Бориченко О.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		

Важливим напрямком розвитку енергоменеджменту є впровадження принципів міжнародного стандарту ISO 50001, який встановлює вимоги до створення, впровадження, підтримання та постійного вдосконалення системи енергетичного менеджменту. Використання даного стандарту дозволяє організаціям систематично підвищувати енергетичну результативність, скорочувати витрати на енергоресурси та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище [21].

Серед сучасних технологій особливого поширення набувають системи автоматичного керування інженерними мережами будівель (BMS – Building Management System, приклад системи показано на рисунку 4.1), які забезпечують централізоване управління освітленням, вентиляцією, кондиціонуванням, опаленням та іншими інженерними системами. Використання таких рішень дозволяє досягти економії енергоресурсів на рівні 10–30 % залежно від особливостей об'єкта [4].



Рисунок 4.1 – Система автоматичного керування інженерними мережами будівлі

Значна увага приділяється модернізації систем освітлення шляхом заміни традиційних джерел світла на світлодіодні світильники, впровадженню датчиків руху та освітленості, що забезпечує додаткове

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скорочення споживання електроенергії. Також активно впроваджуються відновлювані джерела енергії, зокрема сонячні електростанції та теплові насоси, які дозволяють частково забезпечувати енергетичні потреби будівлі власними ресурсами [22].

Нормативно-правове регулювання енергоменеджменту в Україні здійснюється відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність», Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», Закону України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання», а також вимог державних будівельних норм щодо енергоефективності будівель [6; 21].

Таким чином, сучасний розвиток енергоменеджменту в адміністративних будівлях характеризується широким впровадженням цифрових технологій, автоматизованих систем моніторингу та управління, енергоефективного обладнання і міжнародних стандартів управління енергоспоживанням. Реалізація зазначених заходів сприяє підвищенню енергоефективності будівель та зменшенню експлуатаційних витрат.

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

Одним із найважливіших елементів ефективного енергоменеджменту є створення сучасної системи обліку та моніторингу споживання енергетичних ресурсів. Саме достовірна та своєчасна інформація про фактичне використання електричної енергії, тепла та води дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення енергоефективності адміністративної будівлі.

Першочерговим заходом є впровадження автоматизованої системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ), приклад роботи зображено на рисунку 4.2. Дана система забезпечує автоматичний збір показників з вузлів обліку та передачу інформації до єдиної бази даних без участі персоналу. Це

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє мінімізувати помилки при зборі даних, підвищити оперативність контролю та забезпечити постійний аналіз споживання ресурсів [20].

Доцільним є впровадження спеціалізованих програмних комплексів енергоменеджменту, які забезпечують накопичення, обробку та аналіз великих обсягів інформації. Такі системи дозволяють формувати добові, тижневі та місячні звіти, будувати графіки навантаження, визначати пікові періоди споживання та прогнозувати майбутні витрати енергії [20].

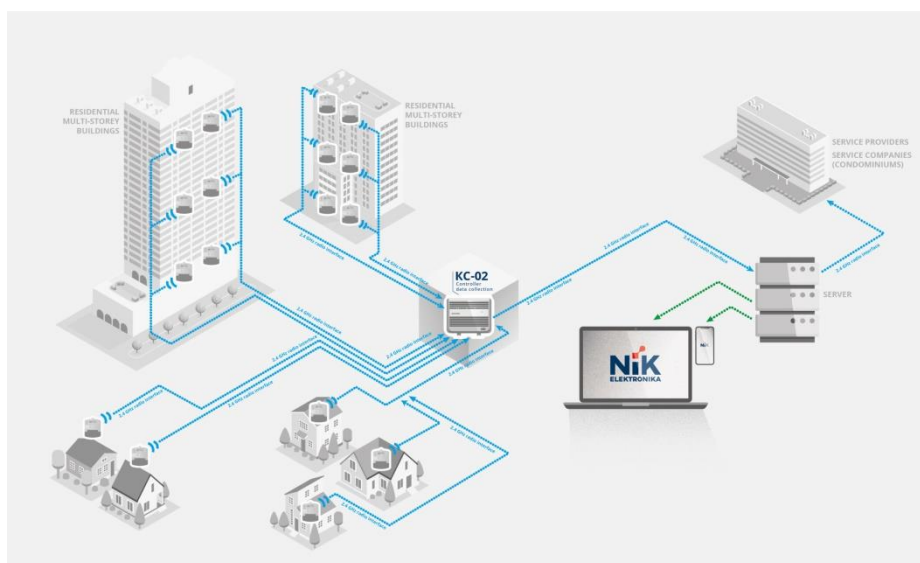


Рисунок 4.2 – Система автоматизованого контролю та обліку енергії

Для підвищення ефективності контролю рекомендується обладнати будівлю сучасними багатотарифними лічильниками електричної енергії, тепловісильниками та засобами дистанційного збору даних. Використання цифрових приладів обліку дозволить здійснювати контроль основних енергетичних показників у режимі реального часу та своєчасно виявляти нераціональне використання ресурсів.

Важливим напрямком є впровадження системи енергетичних показників (EnPI), яка передбачена стандартом ISO 50001. Енергетичні показники можуть включати питомі витрати електроенергії на один квадратний метр площі будівлі, питомі витрати теплової енергії на опалення та інші індикатори ефективності. Регулярний аналіз таких показників

дозволяє оцінювати результати впроваджених енергозберігаючих заходів та виявляти резерви економії [22].

Доцільно забезпечити інтеграцію систем моніторингу з автоматизованими системами управління будівлею. Це дозволить автоматично регулювати роботу систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення залежно від фактичних умов експлуатації приміщень.

Для підвищення ефективності аналізу даних рекомендується використовувати програмні засоби візуалізації інформації. Графічне відображення показників споживання енергії значно спрощує виявлення аномалій та прийняття управлінських рішень. Крім того, керівництво установи отримує можливість оперативно оцінювати результати реалізації заходів з енергозбереження [23].

Окрему увагу необхідно приділити питанням кібербезпеки та захисту інформації. Оскільки автоматизовані системи енергоменеджменту працюють з великими обсягами даних та часто мають віддалений доступ, необхідно забезпечити належний рівень захисту інформаційних ресурсів шляхом використання сучасних засобів шифрування та резервного копіювання даних.

Таким чином, розвиток систем обліку та моніторингу енергоспоживання дозволить забезпечити повний контроль використання енергоресурсів, своєчасно виявляти перевитрати та формувати обґрунтовані рішення щодо підвищення енергоефективності адміністративної будівлі.

4.3 Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів

Підвищення енергоефективності адміністративної будівлі неможливе без впровадження ефективних організаційно-управлінських заходів. Навіть за наявності сучасного обладнання та автоматизованих систем значна частина потенціалу енергозбереження залежить від якості управління процесами споживання енергетичних ресурсів.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із першочергових заходів є призначення відповідального за енергоменеджмент або створення відповідної робочої групи. До основних завдань відповідальної особи повинні входити контроль споживання енергоресурсів, аналіз показників енергоефективності, підготовка пропозицій щодо енергозбереження та координація роботи структурних підрозділів [22].

Важливим напрямком є розроблення енергетичної політики установи. У документі необхідно визначити основні цілі та завдання у сфері енергоефективності, механізми їх досягнення та критерії оцінювання результативності. Наявність чітко сформульованої політики сприяє системному підходу до управління енергоспоживанням.

Доцільним є впровадження системи регулярного енергетичного моніторингу та внутрішнього аудиту. Проведення періодичного аналізу показників споживання дозволить виявляти причини перевитрат енергоресурсів та оцінювати ефективність реалізованих заходів.

Важливу роль відіграє підвищення рівня обізнаності працівників щодо питань енергозбереження. Рекомендується проводити інформаційні кампанії, навчальні семінари та тренінги з раціонального використання електричної та теплової енергії. Практика показує, що зміна поведінки користувачів може забезпечити додаткове скорочення енергоспоживання без значних капіталовкладень.

Для стимулювання участі працівників у реалізації програм енергозбереження доцільно створити систему мотивації, яка передбачатиме заохочення за досягнення встановлених показників енергоефективності та впровадження раціоналізаторських пропозицій.

Крім того, рекомендується забезпечити регулярне проведення енергетичних аудитів будівлі із залученням спеціалізованих організацій. Результати аудиту дозволять визначити найбільш ефективні заходи модернізації та сформувати довгострокову програму підвищення енергоефективності.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із перспективних напрямків є впровадження принципів безперервного вдосконалення відповідно до циклу PDCA (Plan–Do–Check–Act), що лежить в основі стандарту ISO 50001. Застосування цього підходу забезпечує систематичне підвищення результативності енергетичного менеджменту та досягнення поставлених цілей, [22].

Отже, реалізація організаційно-управлінських заходів дозволить забезпечити ефективне функціонування системи енергоменеджменту, підвищити рівень контролю за використанням енергоресурсів та створити умови для постійного покращення енергетичних показників адміністративної будівлі.

Висновки до розділу 4

У результаті проведеного аналізу встановлено, що впровадження сучасних підходів до енергоменеджменту є необхідною умовою підвищення ефективності функціонування адміністративних будівель. Основними напрямками розвитку є вдосконалення систем обліку та моніторингу енергоспоживання, впровадження автоматизованих систем управління інженерними мережами, використання сучасного програмного забезпечення та реалізація організаційно-управлінських заходів.

Запропоновані рекомендації передбачають впровадження автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів, використання сучасних засобів моніторингу та аналізу даних, створення ефективної системи управління енергоспоживанням відповідно до вимог стандарту ISO 50001. Реалізація зазначених заходів дозволить зменшити витрати на енергоресурси, підвищити енергетичну ефективність будівлі та забезпечити раціональне використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, розвиток системи енергоменеджменту в адміністративній будівлі є важливим інструментом забезпечення економічної ефективності, екологічної безпеки та сталого розвитку установи.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

5.1 Доцільність встановлення СЕС на адміністративній будівлі Новоархангельських ЕМ

Сучасні тенденції підвищення енергоефективності будівель передбачають широке використання відновлювальних джерел енергії, серед яких сонячні електростанції (СЕС) займають одне з ключових місць. Їх впровадження дозволяє зменшити залежність від централізованого електропостачання та частково компенсувати витрати на електроенергію за рахунок власної генерації.

Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ характеризується переважно денним режимом споживання електроенергії, що є сприятливим фактором для роботи СЕС, оскільки генерація електроенергії відбувається саме у світлий період доби. Це забезпечує можливість безпосереднього використання виробленої електроенергії для покриття власних потреб об'єкта.

Технічно встановлення СЕС може бути реалізоване на покрівлі будівлі або на вільних прилеглих територіях за умови забезпечення належного рівня сонячної інсоляції та відсутності суттєвого затінення. Використання існуючих конструктивних поверхонь дозволяє уникнути значних додаткових витрат на інфраструктурне розміщення обладнання.

Економічна доцільність впровадження СЕС визначається можливістю зниження витрат на електроенергію шляхом часткового заміщення мережевого споживання власною генерацією. У разі надлишкового виробітку електроенергії передбачається можливість її передачі в електричну мережу та

					ДП 2108.008 ПЗ			
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Матвієнко В.О.			ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		.Бориченко О.В.					87	132
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

реалізації за чинними механізмами обліку/продажу, що додатково підвищує загальну ефективність проєкту та скорочує термін його окупності.

5.2 Кліматичні умови, інсоляція на території селища Новоархангельськ

Оцінка доцільності встановлення сонячної електростанції неможлива без аналізу кліматичних умов та рівня сонячної інсоляції території розташування об'єкта. Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ знаходиться на території Кіровоградської області, яка характеризується помірно континентальним кліматом із теплим літом та відносно м'якою зимою. Такі кліматичні умови є сприятливими для використання сонячної енергії як джерела електропостачання, [11].

Кіровоградська область належить до регіонів України з достатньо високим рівнем сонячної радіації. Середньорічна тривалість сонячного сяйва становить близько 2000–2200 годин на рік, симуляцію сонячного випромінювання можна побачити на рисунку 5.1, що забезпечує ефективну роботу фотоелектричних модулів протягом більшої частини року. Найбільша інтенсивність сонячного випромінювання спостерігається у весняно-літній період, коли виробіток електроенергії сонячною електростанцією досягає максимальних значень, [28].

Середньорічний показник сумарної сонячної інсоляції на території області становить приблизно 1200–1400 кВт·год/м² за рік, що відповідає середнім та вище середніх показникам для території України. Карту сонячної інсоляції на території України зображено на рисунку 5.2. Такий рівень сонячного потенціалу дозволяє забезпечити економічно доцільну експлуатацію сонячних електростанцій різної встановленої потужності, [26–30].

Крім того, рельєф місцевості та відсутність значних природних перешкод на більшості території області сприяють рівномірному

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходженню сонячного випромінювання на поверхню фотоелектричних модулів. Це створює сприятливі умови для отримання стабільного виробітку електричної енергії протягом усього терміну експлуатації сонячної електростанції, [11].

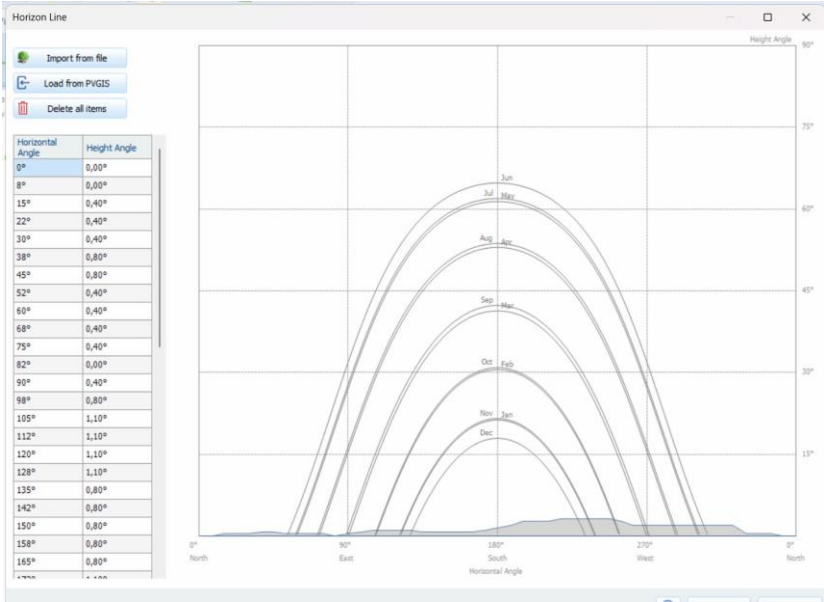


Рисунок 5.1 – Симуляція сонячного випромінювання відповідно до горизонту

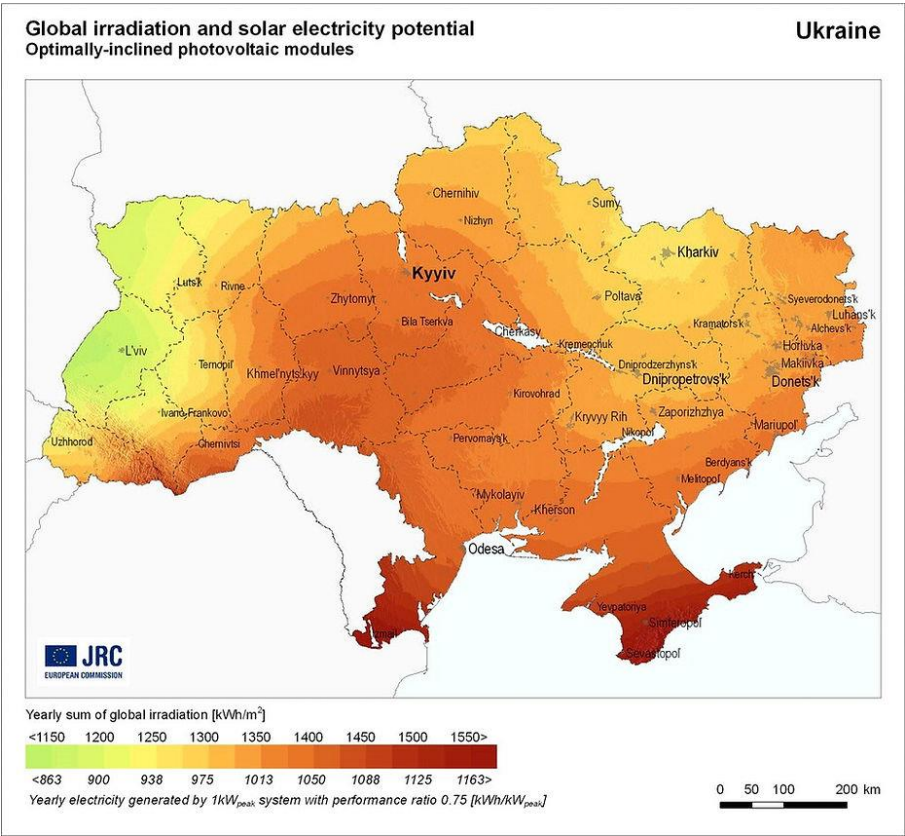


Рисунок 5.2 – Карта сонячної активності України

5.3 Розташування, вибір оптимальної потужності, сонячних модулів, акумулятора та інвертора для СЕС

Для встановлення сонячної електростанції пропонується використовувати всю доступну площу покрівлі адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ. Таке рішення дозволяє максимально ефективно задіяти наявний простір для розміщення фотоелектричних модулів та забезпечити найбільший можливий виробіток електричної енергії. Розташування сонячних панелей на покрівлі не потребує виділення додаткових земельних ділянок та не впливає на функціональне призначення прилеглої території. Вигляд адміністративної будівлі та доступної площі покрівлі за даними супутникової зйомки наведено на рисунках 5.3 та 5.4.



Рисунок 5.3 – Вигляд адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ із супутника



Рисунок 5.4 – Орієнтовне розташування сонячних модулів

Було виконано обстеження геометричних параметрів будівлі. Встановлено, що горище має двосхилу конструкцію, при цьому висота в найвищій точці становить 1,8 м. Для розміщення сонячних модулів планується використання обох частини покрівлі будівлі (західної та східної) шириною 6,5 м та довжиною 36,85 м кожна. Загальна площа однієї сторони покрівлі, придатна для встановлення фотоелектричних модулів, становить 239,5 м². Кут нахилу покрівлі складає 16°, що є прийнятним для ефективної роботи сонячної електростанції в кліматичних умовах Кіровоградської області. Річне споживання електричної енергії адміністративною будівлею на 2025 рік становить 5517 кВт·год.

Враховуючи сучасні характеристики фотоелектричних панелей, оптимальною є сонячна електростанція зі встановленою потужністю 7 кВт. Обрана потужність забезпечить повне покриття власних потреб адміністративної будівлі в електричній енергії та створить можливість накопичення виробленої електроенергії для резерву. Генерацію енергії сонячною станцією на 7 кВт можна побачити на рисунку 5.5, [31].

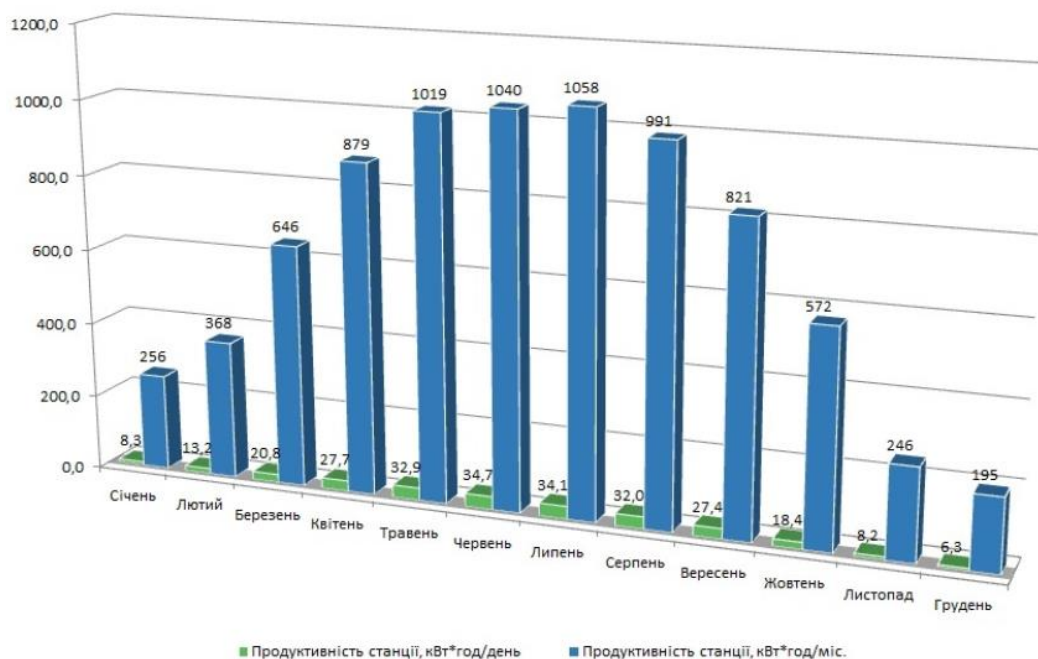


Рисунок 5.5 – Графік середньої продуктивності сонячної електростанції потужністю 7 кВт

Схему роботи даної станції можна побачити на рисунку 5.6.

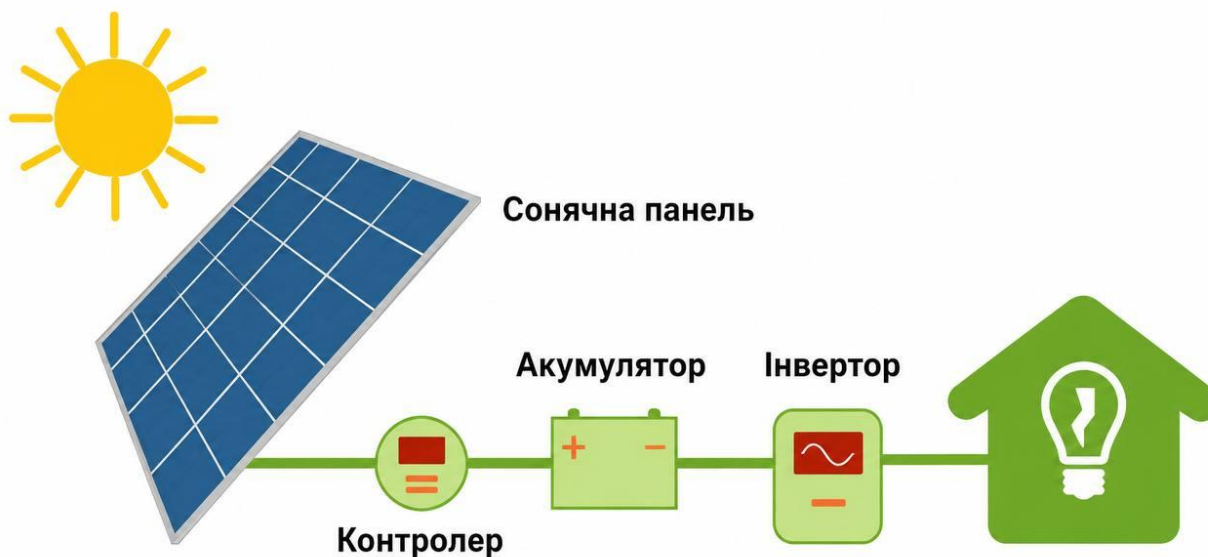


Рисунок 5.6 – Схема роботи автономної сонячної електростанції

Для проєктованої сонячної електростанції обрано монокристалічні фотоелектричні модулі Ulica 320 Вт, Mono, зображених на рисунку 5.7.

Порівняно з полікристалічними аналогами вони характеризуються вищим коефіцієнтом корисної дії, що дозволяє отримувати більшу кількість електричної енергії з одиниці площі. Крім того, монокристалічні панелі мають кращі експлуатаційні характеристики, зокрема вищу ефективність роботи за умов низької освітленості та менший рівень деградації протягом терміну служби, [31].



Рисунок 5.7 – Сонячні батареї Ulica 320 Вт, Mono

Характеристики фотоелектричних модулів:

- потужність 320 Вт,
- напруга холостого ходу 40,3 В,
- струм короткого замикання 10,3 А,
- робоча напруга 34,05 В,
- робочий струм 9,7 А,
- габаритні розміри 1650×992×35 мм.

Також обрано інвертор TT-11kW PLUS та акумулятор марки зображених на рисунка 5.8 та 5.9, [32-33].

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93



Рисунок 5.8 - Інвертор TT-11kW PLUS



Рисунок 5.9 – Аккумулятор LPBF48300 Felicity (LiFePO4 51,2V 300Ah 15kWh)

Характеристики інвертора:

- номінальна потужність 7200 Вт,
- тип системи – гібридний,
- ККД 93%,
- робочий діапазон напруги 90-450 В,
- габаритні розміри 148×433×554 мм.

Характеристики акумулятора:

- потужність 15 кВт,

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

- вихідна напруга 48 В,
- тип LiFePO₄,
- напруга 51,2 В,
- ємність 300А-год,
- життєвий цикл складає 26000 циклів при глибині заряду 80%.

5.4 Розрахунок собівартості проекту, терміну окупності та оцінки ризиків та страхування

Складемо собівартість проекту «під ключ» зі встановлення СЕС, загальні відомості наведемо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Собівартість проекту

№	Найменування витрат	Опис	Кількість	Ціна, грн	Загальна вартість, грн
1	Сонячні панелі	Ulica 320 Вт, Mono	22 шт.	4 356,00	95 832,00
2	Гібридний інвертор	TT-11kW PLUS, 7,2 кВт	1 шт.	64 400,00	64 400,00
3	Акумулятор	LPBF48300 Felicity	1 шт.	67 500,00	67 500,00
4	Кріплення	Система кріплень на похилий дах	22 комплекта	1 242,00	27 324,00
5	DC -запобіжники	20A DC 1000V PV 10x38	2 шт.	85,00	170,00
6	Кабель сонячний	TOP Cable, 6 mm	80 м.	66,50	5 320,00
7	Електрофурнітура	Автомати, щит, кабель силовий, захист від перенапруг та інші витрати на матеріали	1 комплект	12 420,00	12 420,00
8	Монтажні та пусконаладжувальні роботи	Встановленню та запуску сонячної електростанції	1 комплект	44 300,00	45 000,00
Всього:				317 946,00	

Загальна вартість реалізації проєкту сонячної електростанції потужністю 7 кВт визначається на основі вартості основного обладнання, монтажних робіт та допоміжних елементів системи.

Підрахувавши дані рисунку 5.5 сонячна генерація електричної енергії станції становить 8091 кВт·год/рік, що при тарифі на електричну енергію за яким підприємство сплачує 12 грн/кВт·год, щорічна економія складає 97 092,00 грн.

Проведемо розрахунок фінансових показників в програмному середовищі MS Excel. Розрахунки зображено на рисунку 5.10.

Час життя проекту	Капітальні витрати	Експлуатаційні витрати на рік	Щорічна економія	Грошовий потік	Кумулятивний грошовий потік	Ki, i = 15%	Дисконтний грошовий потік	Дисконтний кумулятивний грошовий потік	Ki, IRR= 29%	Дисконтний грошовий потік
0	317,946	0	0	-317,946	-317,946	1	-317,95	-317,95	1	-317,95
1	0	4,769	97,092	92,323	-225,623	0,87	80,28	-237,67	0,78	62,23
2	0	4,769	97,092	92,323	-133,3	0,76	69,81	-167,86	0,60	41,95
3	0	4,769	97,092	92,323	-40,977	0,66	60,70	-107,15	0,47	28,28
4	0	4,769	97,092	92,323	51,346	0,57	52,79	-54,37	0,36	19,06
5	0	4,769	97,092	92,323	143,669	0,50	45,90	-8,46	0,28	12,85
6	0	4,769	97,092	92,323	235,992	0,43	39,91	31,45	0,22	8,66
7	0	4,769	97,092	92,323	328,315	0,38	34,71	66,16	0,17	5,84
8	0	4,769	97,092	92,323	420,638	0,33	30,18	96,34	0,13	3,94
9	0	4,769	97,092	92,323	512,961	0,28	26,24	122,58	0,10	2,65
10	0	4,769	97,092	92,323	605,284	0,25	22,82	145,40	0,08	1,79
11	0	4,769	97,092	92,323	697,607	0,21	19,84	165,25	0,06	1,21
12	0	4,769	97,092	92,323	789,93	0,19	17,26	182,50	0,05	0,81
13	0	4,769	97,092	92,323	882,253	0,16	15,01	197,51	0,04	0,55
14	0	4,769	97,092	92,323	974,576	0,14	13,05	210,55	0,03	0,37
15	0	4,769	97,092	92,323	1066,899	0,12	11,35	221,90	0,02	0,25
16	0	4,769	97,092	92,323	1159,222	0,11	9,87	231,77	0,02	0,17
17	0	4,769	97,092	92,323	1251,545	0,09	8,58	240,35	0,01	0,11
18	0	4,769	97,092	92,323	1343,868	0,08	7,46	247,81	0,01	0,08
19	0	4,769	97,092	92,323	1436,191	0,07	6,49	254,29	0,01	0,05
20	0	4,769	97,092	92,323	1528,514	0,06	5,64	259,93	0,01	0,03
										-127,07
IRR	29%	так як, значення більше ставки дисконта 15%, то проект прийнятий								
NPV	259,93	так як, значення більше нуля, то проект прийнятий								
Простий термін окупності		3,44								
Динамічний термін окупності		0,41								
Щорічна вигода		92.32								

Рисунок 5.10 – Розрахунок фінансових показників заходу

Простий термін окупності даного заходу склав 3,44 року. Для оцінки ефективності впровадження проєкту використовувалися стандартні фінансові показники інвестиційної привабливості. Ефективність впровадження проєкту

оцінюється не лише за базовими розрахунками економії та фінансових показників, але й із урахуванням можливих змін ключових параметрів, таких як собівартість обладнання, вартість електроенергії, кількість встановлених датчиків та очікувана економія енергії. Для цього використовується аналіз чутливості основних фінансових показників, таких як NPV та IRR, зображений в таблиці 5.2.

В рамках оцінки ризиків проводиться моделювання сценаріїв, де ключові параметри змінюються у діапазоні $\pm 20\%$ із кроком 10%. Це дозволяє визначити, наскільки результати проєкту залежать від коливань витрат чи економії, і виявити критичні фактори, які найбільше впливають на окупність та прибутковість проєкту, [34].

Таблиця 5.2 – Результати розрахунків чутливості основних показників NPV та IRR, [тис.грн]

	Збільшення		Базовий	Зменшення	
	20%	10%		10%	20%
Зміни капітальних витрат					
Чиста приведена вартість (NPV)	196,35	228,14	259,93	291,73	323,52
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	24%	26%	29%	32%	36%
Зміни досягнення економії					
Чиста приведена вартість (NPV)	381,48	320,71	259,93	199,16	138,39
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	35%	32%	29%	26%	23%
Зміни відсоткової ставки (ставки дисконту)					
Чиста приведена вартість (NPV)	-54,82	47,09	259,93	832,60	2 986,31
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	29%	29%	29%	29%	29%

Результати аналізу чутливості, а саме NPV та IRR графічно зобразимо на рисунках 5.11 та 5.12.

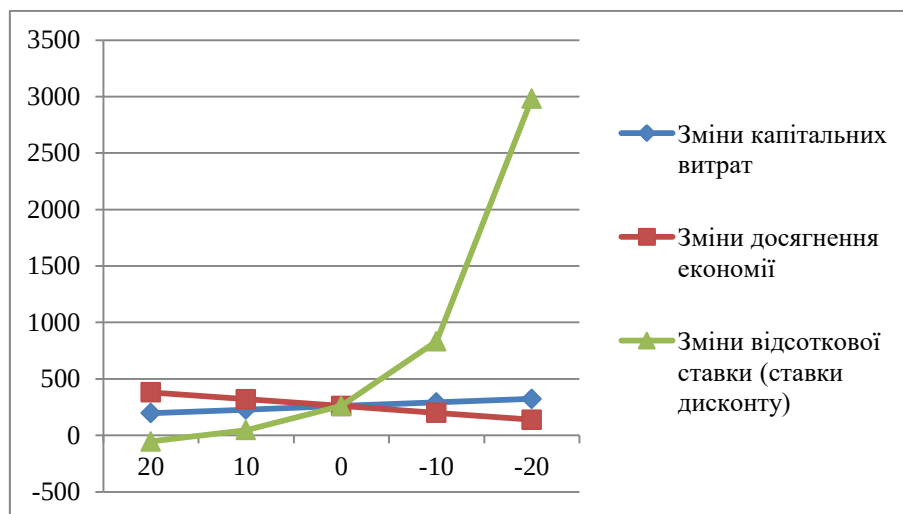


Рисунок 5.11 – Аналіз чутливості приведеної вартості до змін

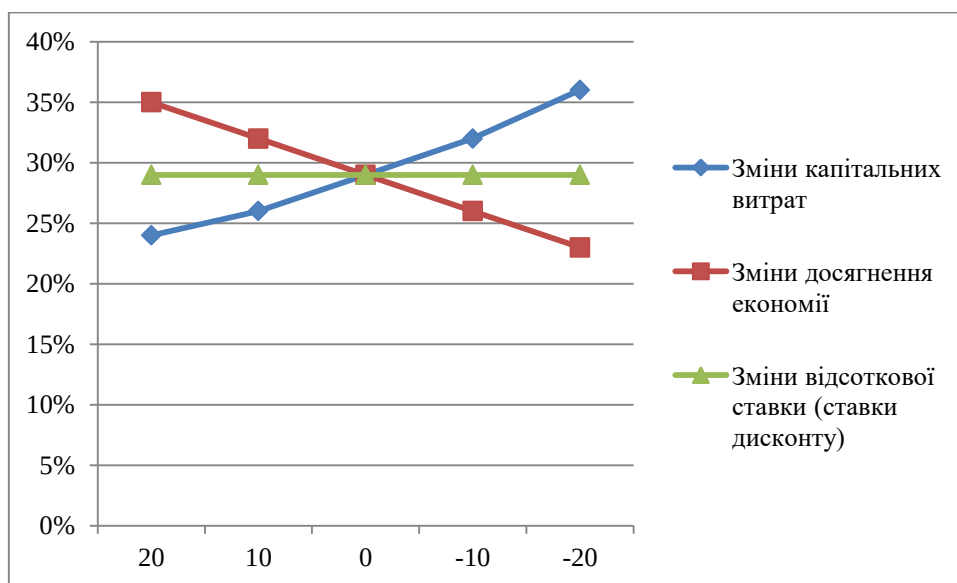


Рисунок 5.12 – Аналіз чутливості внутрішньої норми прибутковості до змін

Проведений аналіз чутливості показників NPV та IRR свідчить про високу загальну стійкість інвестиційного проєкту, проте виявляє його критичну залежність від макроекономічних чинників. Найбільшим ризиком для фінансової спроможності є зміна відсоткової ставки (ставки дисконту), оскільки її зростання на 20% призводить до падіння чистої приведеної

вартості нижче нуля ($NPV = -54,82$ тис. грн), роблячи проєкт збитковим. Водночас показник IRR залишається стабільним на рівні 29% за будь-яких коливань дисконту, що зумовлено математичною природою цього критерію, який залежить виключно від внутрішніх грошових потоків. Серед операційних чинників проєкт демонструє суттєву чутливість до рівня досягнення економії, адже недовиконання плану на 20% скорочує NPV майже вдвічі від базового значення — до 138,39 тис. грн, а IRR знижує до 23%. Найменший вплив на ефективність мають капітальні витрати: навіть у разі їхнього збільшення на 20%, проєкт зберігає високу привабливість із NPV на рівні 196,35 тис. грн та IRR у 24%. Таким чином, за винятком сценарію з різким подорожчанням ставки дисконту, проєкт володіє достатнім запасом міцності та залишається рентабельним.

Висновки до розділу 5

Можна зробити висновки, що впровадження сонячної електростанції на адміністративній будівлі Новоархангельських ЕМ є технічно обґрунтованим, екологічно доцільним та фінансово ефективним рішенням. Сприятливі кліматичні умови Кіровоградської області із середньорічною інсоляцією 1200–1400 кВт·год/м² та тривалістю сонячного сьйва до 2200 годин на рік створюють відмінний потенціал для стабільної роботи фотоелектричних модулів протягом більшої частини року.

Оскільки режим роботи установи є переважно денним, вироблена енергія буде безпосередньо покривати власні потреби об'єкта, які на 2025 рік склали 5517 кВт·год. Для реалізації проєкту обрано варіант встановлення автономної/гібридної СЕС оптимальною потужністю 7 кВт із розміщенням обладнання на існуючому двосхилому даху будівлі, що дозволяє уникнути витрат на виділення землі та капітальне будівництво.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комплектація станції включає 22 високоефективні монокристалічні панелі Ulica потужністю 320 Вт, гібридний інвертор TT-11kW PLUS на 7,2 кВт із ККД 93%, а також літій-залізо-фосфатний акумулятор LPBF48300 Felicity ємністю 300 А·год (15 кВт·год), який забезпечить надійне резервне живлення об'єкта. Загальна собівартість реалізації проєкту «під ключ» становить 317 946,00 грн.

Завдяки очікуваній річній генерації станції на рівні 8091 кВт·год та діючому комерційному тарифу підприємства в 12 грн/кВт·год, щорічна фінансова економія складе 97 092,00 грн, що забезпечує швидкі терміни окупності, а саме 3,44 роки, та високі базові показники інвестиційної привабливості: чисту приведену вартість (NPV) на рівні 259,93 тис. грн та внутрішню норму прибутковості (IRR) у 29%. Проведений аналіз чутливості підтвердив загальну високу стійкість проєкту до операційних ризиків, оскільки навіть за умови зростання капітальних витрат на 20% або недовиконання плану економії на 20%, проєкт зберігає позитивне значення NPV та високу рентабельність. Єдиним критичним макроекономічним ризиком є суттєве підвищення відсоткової ставки (ставки дисконту) на 20%, яке спроможне перевести NPV у від'ємну зону (-54,82 тис. грн) і зробити інвестицію збитковою.

У підсумку, запропонований проєкт встановлення СЕС потужністю 7 кВт повністю рекомендований до практичної реалізації, оскільки він гарантує суттєве зменшення експлуатаційних витрат, швидку фінансову віддачу та значне підвищення енергетичної незалежності й надійності адміністративної будівлі за рахунок сучасної акумуляторної системи резервування.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ

6.1 Характеристика об'єкту енергоаудиту

Об'єктом енергоаудиту є адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ, у якій проводиться аналіз використання енергетичних ресурсів та розробляються заходи з підвищення енергоефективності. Будівля використовується для розміщення персоналу, службових приміщень та допоміжних кімнат.

Будівля є об'єктом адміністративного призначення та характеризується постійним перебуванням працівників у робочий час. Частина персоналу працює за стандартним графіком, однак у зв'язку з належністю об'єкта до критичної інфраструктури окремі приміщення експлуатуються також у вечірній час та у вихідні дні.

Основними споживачами електричної енергії є:

- система освітлення;
- офісна техніка;
- комп'ютерне обладнання;
- побутові прилади.

У процесі проведення енергоаудиту було встановлено, що значна частина освітлення працює незалежно від фактичної присутності працівників у приміщеннях, що призводить до надлишкового споживання електричної енергії. Особливо це характерно для коридорів, санітарно-побутових приміщень та допоміжних зон, таких як сходові клітини та інші.

					ДП 2108.008 ПЗ			
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Матвієнко В.О.						
Перевір.		Бориченко О.В.					101	132
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Для підвищення енергоефективності системи освітлення запропоновано встановлення датчиків руху, які забезпечують автоматичне вмикання та вимикання освітлення залежно від присутності людей у приміщенні.

Важливим елементом оцінки умов безпечного виконання робіт є визначення категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 та Правил пожежної безпеки в Україні приміщення адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ належать до категорії Д, [36;38].

До даної категорії належать приміщення, у яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані, а технологічні процеси не пов'язані із застосуванням вибухонебезпечних або легкозаймистих речовин. В адміністративній будівлі відсутні виробничі процеси, пов'язані з використанням горючих газів, легкозаймистих рідин або пилу, здатних утворювати вибухонебезпечні концентрації.

Основне обладнання будівлі представлено комп'ютерною технікою, системами освітлення, засобами зв'язку та побутовими електроприладами. Тому ризик виникнення вибухонебезпечного середовища є мінімальним, а основну небезпеку становить можливе загоряння електрообладнання внаслідок короткого замикання або пошкодження ізоляції електропроводки.

Врахування категорії приміщення є необхідним під час розроблення заходів з охорони праці, пожежної безпеки та вибору первинних засобів пожежогасіння, які використовуються в адміністративній будівлі.

6.2 Характеристика робіт зі встановлення датчиків руху

Монтаж датчиків руху належить до електромонтажних робіт та виконується у діючих електроустановках будівлі, основні характеристики робіт можна знайти в таблиці 6.1. Роботи проводяться у внутрішніх приміщеннях адміністративної будівлі.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлення датчиків руху передбачає виконання таких основних етапів:

- підготовка робочого місця;
- перевірка технічного стану електромережі;
- відключення електроживлення;
- монтаж кріплень та корпусу датчика;
- прокладання та підключення електропроводки;
- налаштування параметрів роботи датчика;
- перевірка працездатності системи.

Роботи виконуються в умовах діючої адміністративної будівлі, де одночасно можуть перебувати працівники установи. Тому важливим завданням є забезпечення безпечної організації робочої зони та недопущення сторонніх осіб до місця проведення монтажних робіт.

Особливістю робіт є необхідність втручання в систему електропостачання будівлі, що створює підвищену небезпеку ураження електричним струмом. Крім того, монтаж датчиків на висоті супроводжується ризиком падіння працівників або інструментів. Додатково сформуємо перелік небезпечних і шкідливих факторів (див. табл.6.2).

Таблиця 6.1 – Характеристики робіт зі встановлення датчиків руху

Параметр	Характеристика
Вид робіт	Електромонтажні
Місце виконання	Внутрішні приміщення адміністративної будівлі
Основне обладнання	Датчики руху
Інструменти	Шуруповерт, дріль, перфоратор
Умови виконання	Роботи у діючій будівлі
Основні небезпеки	Електротравми, падіння з висоти, пожежа
ЗІЗ	Діелектричні рукавички, каска, спецвзуття

Для забезпечення безпечного виконання робіт необхідно:

- виконувати повне знеструмлення ділянки мережі;
- використовувати справні електроінструменти;
- застосовувати засоби індивідуального захисту;
- дотримуватись вимог електробезпеки;
- забезпечити належний технічний стан драбин та монтажного обладнання.

Таблиця 6.2 – Перелік небезпечних і шкідливих факторів

№	Група факторів	Небезпечні та шкідливі фактори	Можливі наслідки
1	Електричні	Ураження електричним струмом, коротке замикання, електрична дуга, пошкодження ізоляції проводів	Опіки, електротравми, зупинка дихання, пожежа, пошкодження обладнання
2	Механічні	Падіння з висоти, падіння предметів, порізи інструментами, травмування при роботі з дрилем, шурупвертом та перфоратором	Переломи, забої, порізи, струс мозку
3	Фізичні	Недостатнє освітлення, шум, мікроклімат	Перегрівання та переохолодження, погіршення слуху та зору
4	Хімічні	Вплив пилу при свердлінні, контакт з ізоляційними матеріалами, клеями	Подразнення дихальних шляхів шкіри
5	Організація	Відсутність іструктажу, погана організація робочого місця	Травматизм, аварія, пожежа

Під час виконання монтажних робіт необхідно суворо дотримуватись вимог нормативних документів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки, які можна знайти в таблиці 6.3, це дозволить забезпечити безпечні умови праці та мінімізувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Таблиця 6.3 – Основні нормативно-правові документи

№	Найменування документу	Позначення
1	Закон України "Про охорону праці" [35]	№ 2694-ХІІ
2	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [37]	НПАОП 40.1-1.21-98
3	Правила улаштування електроустановок [38]	ПУЕ
4	Правила пожежної безпеки в Україні [39]	НАПБ А.01.001-2014
5	Пожежна безпека об'єктів будівництва[36]	ДБН В.1.1-7:2016
6	Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті [40]	НПАОП 0.00-1.15-07

6.3 Вибір місця встановлення датчиків, планування обсягу і тривалості робіт

З урахуванням особливостей експлуатації будівлі найбільш доцільним є встановлення датчиків руху у приміщеннях із нерегулярним перебуванням людей та періодичним використанням освітлення. До таких зон належать коридори, сходові клітини, санітарно-побутові приміщення та інші допоміжні кімнати, більш детально рекомендовані місця встановлення датчиків руху наведено в таблиці 6.4.

У робочих кабінетах постійного перебування працівників встановлення датчиків потребує додаткового аналізу, оскільки можливі помилкові відключення освітлення при низькій руховій активності персоналу.

Під час вибору місця монтажу враховуються технічні характеристики датчиків, зокрема кут огляду датчика, максимальна дальність виявлення руху, рекомендована висота встановлення, зона чутливості обладнання, наявність перешкод у полі огляду.

Для адміністративних приміщень доцільним є застосування стельових інфрачервоних датчиків руху з кутом огляду 360° та радіусом контролю до 6–8 м (див. рисунок 6.1).

Таблиця 6.4 – Рекомендовані місця встановлення датчиків руху

Приміщення	Доцільність встановлення	Особливості монтажу
Коридори	Висока	Встановлення на стелі
Сходові клітини	Висока	Контроль усієї зони проходу
Санітарні приміщення	Висока	Налаштування короткого часу затримки
Кабінети	Середня	Врахування постійного перебування людей
Технічні приміщення	Висока	Захист від пилу чи вологи

Для реалізації запропонованого заходу обрано стельовий інфрачервоний датчик руху марки Electrum CMS-003G. Вибір даної моделі обумовлений її технічними характеристиками, які відповідають умовам експлуатації адміністративної будівлі. Датчик розрахований на роботу від мережі змінного струму напругою 220–240 В та забезпечує автоматичне керування освітленням без використання додаткових джерел живлення.

Датчик має кут огляду 360°, що дозволяє контролювати всю площу приміщення при встановленні на стелі. Максимальний радіус виявлення руху становить до 6 м, що забезпечує ефективний контроль коридорів, сходових клітин, санітарно-побутових та інших допоміжних приміщень адміністративної будівлі. Рекомендована висота встановлення становить 2,5–3,5 м, що відповідає висоті приміщень досліджуваного об'єкта, [3].

Максимальна потужність комутованого навантаження датчика становить до 1200 Вт для світлодіодних та енергоощадних джерел світла, що є достатнім для керування групами освітлення в окремих приміщеннях будівлі. Датчик також має можливість регулювання часу затримки

вимкнення освітлення та порогу освітленості, що дозволяє додатково підвищити енергоефективність системи освітлення.

Застосування датчика марки Electrum CMS-003G дозволяє здійснювати монтаж на існуючих лініях освітлення без суттєвої реконструкції електричної мережі будівлі, що зменшує трудомісткість монтажних робіт та витрати на впровадження заходу [3].

Монтаж обладнання передбачається виконувати на висоті 2,5–3,0 м, що відповідає параметрам внутрішніх приміщень адміністративної будівлі. Така висота забезпечує рівномірне покриття контрольованої площі та мінімізує утворення зон неповного виявлення руху.

При проектуванні схеми розміщення датчиків необхідно виключити встановлення обладнання поблизу факторів, здатних викликати помилкові спрацювання, а саме близько до опалювальних приладів, кондиціонерів, вентиляційних каналів, потужних джерел теплового випромінювання та ділянок прямого сонячного освітлення.

Для даного проектного рішення монтаж датчиків передбачається виконувати переважно на існуючих лініях внутрішнього освітлення без суттєвої зміни схеми електропостачання будівлі. Це дозволяє зменшити обсяг монтажних робіт та витрати на реалізацію заходу.

Для виконання монтажних робіт зі встановлення датчиків руху передбачається залучення бригади у складі двох працівників електротехнічного персоналу. Склад бригади визначений відповідно до вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів та характеру виконуваних робіт.

До складу бригади входять:

– електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування з IV групою допуску з електробезпеки, який призначається керівником робіт та відповідає за безпечне виконання електромонтажних операцій, відключення та перевірку відсутності напруги, підключення датчиків руху до

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромережі, проведення перевірки працездатності системи та оформлення необхідної документації;

– електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування з III групою допуску з електробезпеки, який виконує допоміжні монтажні роботи, здійснює підготовку робочого місця, подає інструмент та матеріали, забезпечує контроль безпечного виконання робіт на висоті та здійснює спостереження за станом робочої зони.

Оскільки монтаж датчиків руху виконується на висоті із використанням переносних драбин, один із працівників під час виконання робіт забезпечує страхування виконавця та контроль стійкості драбини. До виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, навчання з електробезпеки та перевірку знань нормативних документів.

Перед початком виконання робіт члени бригади проходять цільовий інструктаж, ознайомлюються зі схемою електроживлення освітлювальної мережі та отримують наряд-допуск на проведення електромонтажних робіт. Загальна чисельність бригади у два працівники є достатньою для забезпечення безпечного та якісного виконання монтажу датчиків руху в адміністративній будівлі.

Підключення датчиків руху здійснюється до існуючих кіл освітлення відповідно до типової схеми керування освітлювальним навантаженням. При цьому фазний провідник подається на вхід датчика руху, а з виходу датчика підключається до світильника. Нульовий робочий провідник підключається безпосередньо до світильника та датчика, а захисний провідник РЕ використовується для забезпечення електробезпеки електроустановки.

Запропонована схема не потребує встановлення додаткових комутаційних пристроїв та дозволяє використовувати існуючу електропроводку будівлі. Принцип роботи схеми полягає в автоматичному замиканні внутрішнього контакту датчика при виявленні руху в зоні

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю та подачі напруги на освітлювальний прилад. Після закінчення встановленого часу затримки за відсутності руху освітлення автоматично вимикається. Типову схему підключення датчика руху наведено на рисунку 6.1.

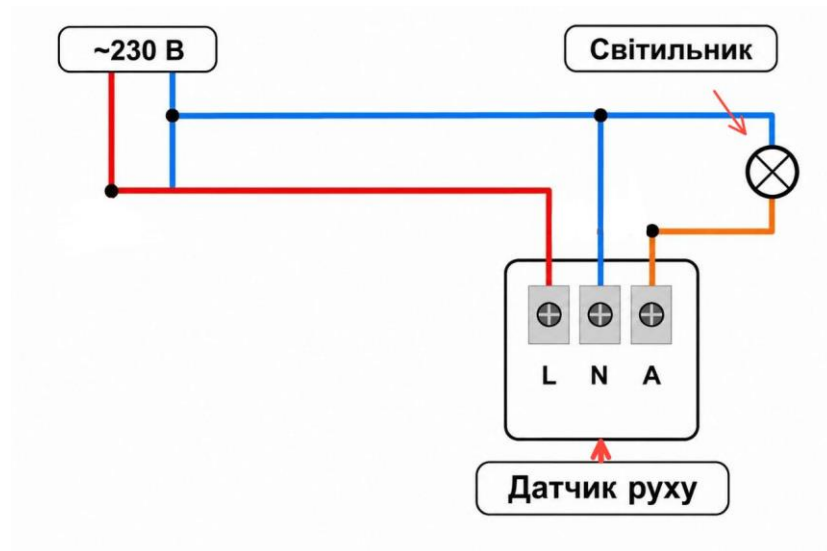


Рисунок 6.1 – Схема підключення датчика в мережу

Під час планування робіт визначається необхідний обсяг монтажу, кількість обладнання, потреба у матеріалах та тривалість виконання робіт.

До основних етапів планування належать

1. Обстеження приміщень;
2. Визначення кількості датчиків;
3. Складання схеми розташування обладнання;
4. Підготовка матеріалів та інструментів;
5. Визначення послідовності виконання робіт;
6. Розрахунок тривалості монтажу.

Тривалість робіт залежить від кількості приміщень, складності електромережі, способу прокладання кабелів, умов доступу до місця монтажу, кількості монтажників.

Для зменшення впливу на роботу адміністративної будівлі монтажні роботи доцільно виконувати поетапно або у неробочий час, тому доцільно буде скласти таблицю-орієнтир по тривалості виконання робіт (див. табл.6.5).

Під час планування виконання робіт важливим фактором є вибір оптимального сезону проведення монтажу. Встановлення датчиків руху доцільно виконувати у весняно-літній період (квітень–вересень), коли забезпечуються найбільш сприятливі умови праці для електротехнічного персоналу.

У зазначений період тривалість світлового дня є більшою, що дозволяє виконувати значну частину робіт при природному освітленні та зменшує ризик виробничого травматизму через недостатню освітленість робочої зони. Крім того, відсутність низьких температур і підвищеної вологості позитивно впливає на безпечність виконання електромонтажних робіт та знижує ризик пошкодження електрообладнання під час монтажу.

Додатковою перевагою виконання робіт у теплий період року є зменшення навантаження на систему внутрішнього освітлення будівлі, оскільки тривалість використання штучного освітлення у денний час є меншою. Це дозволяє виконувати відключення окремих груп освітлення без суттєвого впливу на роботу персоналу адміністративної будівлі.

З урахуванням планування будівлі, обсягу запланованих робіт, який включає встановлення 12 датчиків руху, а саме по три датчики в коридорах першого та другого поверхів, одного датчика на сходовій клітині та одного у кімнаті відпочинку, а також чотирьох по санвузлах будівлі підключення їх до існуючої мережі освітлення, налаштування параметрів роботи та проведення випробувань, орієнтовна тривалість виконання всього комплексу монтажних робіт становить два робочих дні. Роботи рекомендується виконувати після завершення робочого дня або у вихідні дні для мінімізації впливу на діяльність працівників установи.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.5 – Орієнтовна тривалість виконання робіт по встановленню датчиків руху

Вид робіт	Орієнтовна тривалість
Підготовка робочого місця	15-20 хв
Монтаж одного датчика	30-40 хв
Підключення електропроводки	20-30 хв
Налаштування та перевірка	10-15 хв
Прибирання робочого місця	10 хв

Під час планування робіт особлива увага приділяється питанням охорони праці та пожежної безпеки. До початку монтажу необхідно перевірити технічний стан електромережі, підготувати засоби індивідуального захисту та забезпечити безпечну організацію робочого місця.

Правильний вибір місця встановлення датчиків руху та раціональне планування робіт дозволяють забезпечити ефективну роботу системи освітлення, скоротити витрати електричної енергії та мінімізувати ризики виникнення аварійних ситуацій під час монтажу.

6.4 Моніторинг робочого місця та оцінка професійних ризиків

Перед початком виконання монтажних робіт було проведено моніторинг робочого місця з метою виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на працівників під час встановлення датчиків руху. Роботи виконуються у внутрішніх приміщеннях адміністративної будівлі на діючих електричних мережах освітлення напругою 230 В.

Під час обстеження робочого місця встановлено, що монтаж датчиків руху здійснюється на висоті 2,5–3,0 м із використанням переносної драбини. Основними робочими операціями є підготовка місця монтажу, відключення електроживлення, свердління отворів для кріплення обладнання,

прокладання та підключення електропроводки, налаштування і перевірка працездатності датчиків.

У процесі моніторингу було встановлено наявність потенційно небезпечних виробничих факторів, пов'язаних з можливістю ураження електричним струмом, падінням працівника з висоти, падінням інструменту або матеріалів, впливом шуму та пилу під час свердління конструкцій, а також виникненням пожежі внаслідок короткого замикання.

Для оцінки рівня професійного ризику було проведено аналіз імовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її можливих наслідків. Результати оцінки наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Моніторинг робочого місця

Небезпечний фактор	Імовірність виникнення	Тяжкість наслідків	Рівень ризику
Ураження електричним струмом	Середня	Висока	Високий
Падіння працівника з драбини	Середня	Висока	Високий
Падіння інструментів на працівника	Низька	Середня	Середній
Порізи ручними інструментами	Низька	Низька	Низький
Вплив пилу при свердлінні	Середня	Низька	Низький
Коротке замикання та пожежа	Низька	Висока	Середній

Оцінювання ризиків проводилось за матричним методом, тому аналіз результатів моніторингу показав, що найбільшу небезпеку під час виконання монтажних робіт становлять ураження електричним струмом та падіння працівника з висоти. Саме тому першочергова увага повинна приділятися виконанню технічних та організаційних заходів електробезпеки, використанню справних засобів індивідуального захисту та дотриманню вимог безпеки під час роботи на висоті.

Для зниження рівня професійних ризиків перед початком робіт необхідно провести цільовий інструктаж, оформити наряд-допуск, виконати відключення та перевірку відсутності напруги, забезпечити огороження робочої зони, а також використовувати діелектричні рукавички, захисну каску, запобіжний пояс та інші засоби індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт [35-42].

6.5 Технічні та організаційні заходи безпеки під час встановлення датчиків руху

Перед початком виконання робіт зі встановлення датчиків руху необхідно реалізувати комплекс технічних заходів, спрямованих на запобігання ураженню працівників електричним струмом, виникненню коротких замикань та пожежонебезпечних ситуацій.

Оскільки монтаж датчиків виконується на діючій мережі освітлення напругою 230 В, першочерговим заходом є повне знеструмлення ділянки електромережі, на якій проводяться роботи. Відключення здійснюється за допомогою автоматичного вимикача відповідної групи освітлення у розподільчому щиті [35-38].

Після відключення живлення обов'язково виконується перевірка відсутності напруги за допомогою показчика напруги. Перевірка здійснюється на всіх струмоведучих частинах електричного кола, до яких матиме доступ персонал під час монтажу.

Для унеможливлення випадкового подання напруги на місце виконання робіт на приводах комутаційних апаратів встановлюються попереджувальні плакати «Не вмикати! Працюють люди» [36]. Крім того, виконується механічне блокування апаратів керування від випадкового ввімкнення.

Монтажні роботи виконуються із застосуванням переносної драбини, яка повинна відповідати вимогам безпеки та пройти попередній огляд.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється використання несправних драбин із пошкодженими сходинками, тріщинами або ознаками втрати стійкості.

Для виконання свердлильних робіт застосовується електроінструмент із подвійною ізоляцією та справним кабелем живлення [36-38]. Перед початком робіт проводиться зовнішній огляд інструменту та перевірка його працездатності.

Додатковим технічним заходом електробезпеки є використання пристрою захисного вимкнення (ПЗВ) зі струмом спрацювання 30 мА, який забезпечує автоматичне відключення живлення у разі появи струму витоку та знижує ризик ураження людини електричним струмом [38; 41].

Для захисту електрообладнання від коротких замикань і перевантажень використовуються автоматичні вимикачі, встановлені в розподільчому щиті будівлі. Їх технічний стан перевіряється перед початком виконання монтажних робіт.

Усі металеві частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути приєднані до системи захисного заземлення будівлі відповідно до вимог ПУЕ [38].

Роботи зі встановлення датчиків руху належать до робіт на висоті, оскільки виконуються на рівні понад 1,3 м від поверхні підлоги [40]. Для безпечного виконання таких робіт необхідно використовувати справні переносні драбини, забезпечувати їх стійке встановлення на рівній поверхні та виключати можливість перебування сторонніх осіб у зоні можливого падіння інструменту або матеріалів, детальніше в таблиці 6.7.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.7 – Технічні заходи безпеки

№	Захід	Мета
1	Відключення автоматичного вимикача	Усунення напруги на робочому місці
2	Перевірка відсутності напруги	Запобігання електротравмам
3	Встановлення плакатів безпеки	Недопущення помилкового ввімкнення
4	Використання справної драбини	Запобігання падінню з висоти
5	Використання інструменту з подвійною ізоляцією	Захист від ураження струмом
6	Застосування ПЗВ 30 мА	Захист персоналу від струму витоку
7	Перевірка заземлення	Захист від непрямого дотику

Для забезпечення безпечного виконання робіт зі встановлення датчиків руху в адміністративній будівлі необхідно реалізувати комплекс організаційних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, аваріям та пожежам.

Монтаж датчиків руху виконується у діючій електроустановці напругою до 1000 В, тому роботи належать до електромонтажних робіт підвищеної небезпеки та повинні виконуватися відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [37]. Виконання робіт дозволяється лише працівникам, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, навчання з електробезпеки та перевірку знань нормативних документів [35-37; 41].

Як було визначено раніше, для виконання монтажних робіт формується бригада у складі двох працівників. Керівником робіт призначається електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування, який має IV групу з електробезпеки. До складу бригади також входить електромонтер з III групою з електробезпеки, який виконує допоміжні монтажні роботи та контролює безпечне виконання робіт на висоті.

Перед початком виконання робіт оформлюється наряд-допуск, у якому визначаються склад бригади, відповідальні особи, місце виконання робіт, перелік необхідних технічних заходів та термін виконання робіт [37]. Наряд-допуск видається після перевірки готовності робочого місця та наявності необхідних засобів індивідуального захисту.

Основні відомості, які повинні бути зазначені в наряді-допуску на виконання електромонтажних робіт зі встановлення датчиків руху, наведені в таблиці 6.8.

Таблиці 6.8 – Основні дані наряду - допуску

Параметр	Значення
Вид робіт	Монтаж датчиків руху
Місце виконання робіт	Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ
Категорія робіт	Електромонтажні роботи в електроустановках до 1000 В
Склад бригади	2 працівники
Керівник робіт	Електромонтер IV групи з електробезпеки
Член бригади	Електромонтер III групи з електробезпеки
Орієнтовна тривалість робіт	2 робочі дні
Технічні заходи безпеки	Знеструмлення мережі, перевірка відсутності напруги, встановлення плакатів безпеки
Необхідні ЗІЗ	Діелектричні рукавички, спецвзуття, каска, окуляри
Відповідальний за безпеку	Керівник робіт

Безпосередньо перед початком монтажу відповідальний керівник проводить цільовий інструктаж членів бригади щодо безпечних методів виконання робіт, можливих небезпечних факторів, порядку використання засобів індивідуального захисту та дій у разі виникнення аварійної ситуації. Проведення інструктажу фіксується у відповідному журналі [35].

Таблиця 6.9 – Організаційні заходи безпеки

№	Організаційний захід	Призначення
1	Оформлення наряду-допуску	Дозвіл на безпечне виконання робіт
2	Призначення відповідального керівника	Контроль безпеки робіт
3	Проведення цільового інструктажу	Ознайомлення з небезпеками
4	Огородження робочої зони	Недопущення сторонніх осіб
5	Встановлення плакатів безпеки	Попередження помилкових дій
6	Перевірка справності ЗІЗ та інструменту	Зменшення ризику травмування
7	Оформлення акта завершення робіт	Підтвердження безпечного введення в експлуатацію

Як видно з таблиці 6.9, найбільш важливими організаційними заходами є оформлення наряду-допуску, проведення цільового інструктажу та призначення відповідального керівника робіт, що дозволяє забезпечити належний контроль безпеки під час виконання електромонтажних робіт.

Дані таблиці 6.10 свідчать, що для безпечного виконання робіт необхідно використовувати як засоби електрозахисту, так і засоби захисту від механічних небезпек та падіння з висоти. Особливе значення мають діелектричні рукавички, діелектричне взуття та запобіжний пояс, які забезпечують захист працівників від найбільш небезпечних факторів під час монтажу обладнання.

Таблиця 6.10 – Засоби індивідуального захисту під час встановлення датчиків руху

№	Засіб індивідуального захисту	Призначення
1	Діелектричні рукавички	Захист від ураження електричним струмом
2	Діелектричне взуття	Захист від крокової напруги та непрямого дотику
3	Захисна каска	Захист голови від падіння предметів
4	Захисні окуляри	Захист очей від пилу під час свердління
5	Запобіжний пояс	Захист від падіння під час роботи на висоті
6	Спецодяг	Захист від механічних пошкоджень
7	Респіратор	Захист органів дихання від пилу
8	Сигнальний жилет	Візуальне позначення працівника

6.6 Розрахунок струму навантаження та перевірка відповідності апаратів захисту

Для забезпечення безпечної експлуатації системи освітлення після встановлення датчиків руху необхідно виконати розрахунок струму навантаження електричної мережі. Отримане значення використовується для перевірки відповідності існуючих апаратів захисту та кабельної лінії параметрам електромережі, а також забезпечення захисту мережі від перевантаження і короткого замикання.

Розрахунок струму навантаження виконується за формулою:

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}, \quad (6.1)$$

де I – розрахунковий струм навантаження, А;

P – потужність освітлювального навантаження, Вт;

U – напруга мережі, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Для адміністративної будівлі приймаємо:

$$P = 3,46 \text{ кВт}, U = 230 \text{ В}, \cos \varphi = 0,95.$$

Підставивши значення у формулу 6.1, отримаємо:

$$I_{\text{розр}} = \frac{3460}{230 \cdot 0,95} = 15,84 \text{ А}$$

За результатами розрахунку струм навантаження освітлювальної мережі становить $I=15,84 \text{ А}$.

У розподільчих щитах адміністративної будівлі вже встановлені автоматичні вимикачі номіналом 25 А та 32 А, через які здійснюється живлення існуючих груп освітлення. Під час впровадження заходу зі встановлення датчиків руху передбачається використання існуючої системи захисту без додаткової заміни автоматичних вимикачів.

Додатково було перевірено відповідність характеристик кабельної лінії умовам експлуатації системи освітлення. Для електропостачання будівлі використовується кабель марки АВВГ 4×90, який має алюмінієві жили та полівінілхлоридну ізоляцію. Даний кабель характеризується високою допустимою струмовою здатністю та достатнім запасом по навантаженню.

Оскільки розрахунковий струм навантаження становить 15,84 А, що є меншим за номінальні струми встановлених автоматичних вимикачів, а допустиме струмове навантаження кабелю АВВГ 4×90 значно перевищує фактичний струм освітлювальної мережі, існуюча система електропостачання забезпечує безпечну експлуатацію системи освітлення після встановлення датчиків руху.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення рівня електробезпеки під час експлуатації системи освітлення після встановлення датчиків руху доцільно передбачити використання пристрою захисного вимкнення (ПЗВ). Основним призначенням ПЗВ є захист людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції електрообладнання або виникнення струмів витоку на корпус обладнання.

Відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок для захисту людей рекомендується застосовувати ПЗВ зі струмом спрацювання не більше 30 мА [38]. У даному проєкті приймається ПЗВ номінальним струмом 25 А та диференційним струмом спрацювання 30 мА, що відповідає параметрам існуючої мережі освітлення та забезпечує необхідний рівень електробезпеки.

Додатково було виконано перевірку коефіцієнта запасу за струмом для автоматичного вимикача. Коефіцієнт запасу визначається як відношення номінального струму автоматичного вимикача до розрахункового струму навантаження:

$$K_z = I_{\text{ном}} / I_{\text{розр}} = 25 / 15,84 = 1,58. \quad (6.2)$$

Отримане значення свідчить про наявність достатнього запасу за струмом та підтверджує можливість безпечної експлуатації електромережі без ризику помилкового спрацювання захисту при нормальних режимах роботи.

Таким чином, існуюча система електропостачання, автоматичний вимикач номіналом 25 А, кабельна лінія марки АВВГ 4×90 та рекомендоване встановлення пристрою захисного вимкнення забезпечують необхідний рівень електробезпеки під час експлуатації системи освітлення після впровадження заходу зі встановлення датчиків руху.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

Як видно з таблиці 6.10, усі елементи системи електропостачання мають достатній запас за допустимим струмовим навантаженням та відповідають вимогам нормативних документів [38]. Використання автоматичного вимикача номіналом 25 А та пристрою захисного вимкнення зі струмом спрацювання 30 мА забезпечує надійний захист електромережі та персоналу від небезпечних режимів роботиав, коротких замикань і струмів витоку.

Таблиця 6.10 – Перевірка відповідності елементів електрозахисту

Показник	Позначення	Значення	Висновок
Розрахунковий струм навантаження	$I_{розр}$	15,84 А	Визначений за формулою (6.1)
Номінальний струм автоматичного вимикача	$I_{ном}$	25 А	Перевищує розрахунковий струм
Коефіцієнт запасу за струмом	K_z	1,58	Відповідає вимогам
Тип захисного пристрою	-	ПЗВ	Додатковий захист персоналу
Номінальний струм ПЗВ	$I_{ПЗВ}$	25 А	Відповідає струму мережі
Диференційний струм спрацювання ПЗВ	$I_{\Delta n}$	30 мА	Забезпечує захист людини від ураження струмом
Кабельна лінія	-	АВВГ 4×90	Має достатню пропускну здатність
Загальний висновок	-	-	Система відповідає вимогам електробезпеки

6.7 Система захисту від пожеж, вибухів та наслідків проявів дії блискавки для адміністративної будівлі

Адміністративна будівля належить до об'єктів, у яких постійно перебувають працівники та експлуатується значна кількість електротехнічного обладнання. У процесі експлуатації електромережі та системи освітлення існує ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій, пов'язаних із короткими замиканнями, перевантаженням електромережі, пошкодженням ізоляції проводів або несправністю електрообладнання. Крім того, додаткову небезпеку можуть становити атмосферні перенапруги та прямі удари блискавки.

Для забезпечення пожежної безпеки адміністративної будівлі передбачені організаційні та технічні заходи, спрямовані на запобігання виникненню пожежі та мінімізацію наслідків аварійних ситуацій. Одним із основних елементів системи пожежного захисту є застосування автоматичних вимикачів, які забезпечують автоматичне відключення живлення у разі перевантаження мережі або виникнення короткого замикання [36; 39]. Це дозволяє запобігти перегріву електропроводки та виникненню займання.

Важливим елементом забезпечення пожежної безпеки є контроль технічного стану електромережі та електрообладнання, який у будівлі здійснюється регулярно. Проводиться періодична перевірка стану ізоляції кабельних ліній, контактних з'єднань, розподільчих щитів та електротехнічного обладнання. Особлива увага приділяється недопущенню механічних пошкоджень проводів, ослаблення контактів та перевантаження мережі.

Для ліквідації можливих загорянь адміністративна будівля забезпечена первинними засобами пожежогасіння. Для гасіння електрообладнання, що перебуває під напругою, використовуються вуглекислотні та порошкові

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

вогнегасники, що дозволяє ефективно ліквідувати загоряння без пошкодження електроустановок та зменшує ризик поширення пожежі [36].

Відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні та Типових норм належності вогнегасників адміністративні будівлі повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з урахуванням площі, поверховості та функціонального призначення приміщень [39]. Адміністративна будівля Новоархангельських ЕМ є двоповерховою, має загальну площу 733,7 м² та налічує 38 приміщень. На першому поверсі розташовано 18 приміщень, серед яких службові кабінети, приймальні, диспетчерська та інші робочі приміщення, а також три коридори, сходові клітини, три вбиральні та побутова кімната. На другому поверсі розміщено 20 приміщень, зокрема службові кабінети, навчальний клас та допоміжні приміщення, а також коридори, сходові клітини, вбиральня та кімната відпочинку. Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки будівля оснащена вісьмома порошковими вогнегасниками ВП-5, які встановлені в коридорах поблизу евакуаційних виходів та сходових клітин на обох поверхах. Крім того, біля головного електрощита, диспетчерської, навчального класу та приміщень з найбільшою кількістю електрообладнання розміщено чотири вуглекислотні вогнегасники ВВК-5, призначені для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою. Таке розміщення забезпечує швидкий доступ до засобів пожежогасіння з будь-якої точки будівлі та відповідає вимогам пожежної безпеки.

У приміщеннях будівлі забезпечені вільні евакуаційні проходи, справні засоби оповіщення та доступ до пожежного інвентарю. Працівники проходять інструктажі з пожежної безпеки та ознайомлені з порядком дій у разі виникнення пожежі [35; 39].

Окрему небезпеку для адміністративної будівлі становлять прояви атмосферної електрики. Прямий удар блискавки або вторинні прояви її дії можуть призвести до пошкодження електрообладнання, виникнення

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перенапруг у мережі та займання електропроводки. Для захисту будівлі від дії блискавки застосовується система блискавкозахисту [42].

Система блискавкозахисту складається з блискавкоприймача, струмовідводів та заземлювального пристрою [42]. Блискавкоприймач установлений на найвищій точці будівлі та призначений для приймання удару блискавки. Струмовідводи забезпечують безпечне відведення струму блискавки до заземлювача, через який електричний струм розсіюється у ґрунті.

Для захисту внутрішньої електромережі від імпульсних перенапруг у будівлі використовуються пристрої захисту від перенапруг та система захисного заземлення [42]. Наявність заземлення забезпечує зниження ризику ураження людей електричним струмом та підвищує надійність роботи електрообладнання.

Під час експлуатації системи блискавкозахисту здійснюється періодичний контроль технічного стану її елементів, перевірка цілісності струмовідводів та вимірювання опору заземлення [42]. Своєчасне технічне обслуговування системи блискавкозахисту дозволяє забезпечити ефективний захист адміністративної будівлі від небезпечних наслідків дії блискавки.

Таким чином, застосування систем пожежного захисту, первинних засобів пожежогасіння, захисного заземлення та блискавкозахисту забезпечує належний рівень пожежної та електричної безпеки адміністративної будівлі.

Висновки до розділу 6

У даному розділі розглянуто питання охорони праці та пожежної безпеки під час виконання робіт із встановлення датчиків руху в адміністративній будівлі. Встановлено, що монтаж зазначеного обладнання пов'язаний із виконанням електромонтажних робіт, що потребує дотримання

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		124

вимог нормативних документів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки.

Проаналізовано основні потенційні небезпеки під час виконання монтажних робіт, серед яких ураження електричним струмом, падіння з висоти при роботі на драбинах, а також виникнення коротких замикань при підключенні електрообладнання. Для мінімізації цих ризиків передбачено використання справного інструменту з ізольованими рукоятками, засобів індивідуального захисту та виконання робіт тільки при знеструмлених електричних мережах.

Встановлено, що пожежна безпека під час монтажу забезпечується дотриманням правил виконання електромонтажних робіт, контролем справності електромережі та недопущенням перевантаження електричних кіл. Додатково враховується наявність первинних засобів пожежогасіння на об'єкті та доступність евакуаційних шляхів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та пожежної безпеки під час встановлення датчиків руху дозволяє знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, забезпечити безпеку персоналу та підвищити надійність експлуатації електрообладнання адміністративної будівлі.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті проведено аналіз енергоспоживання адміністративної будівлі Новоархангельських ЕМ та розроблено комплекс заходів, спрямованих на підвищення її енергоефективності. У ході роботи виконано обстеження будівлі, проаналізовано технічний стан огорожувальних конструкцій та інженерних систем, досліджено структуру споживання електричної енергії, води й твердого палива, а також здійснено оцінку існуючого рівня енергоефективності об'єкта.

За результатами аналізу встановлено, що найбільшими споживачами енергоресурсів є система опалення та кліматичне обладнання. Виявлено наявність значних тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі та потенціал для зменшення споживання електричної енергії шляхом модернізації окремих систем.

Для підвищення енергоефективності будівлі запропоновано комплекс заходів, зокрема утеплення перекриття неопалювального технічного поверху, утеплення перекриття над неопалювальним цокольным поверхом, заміну існуючого твердопаливного котла на більш енергоефективне обладнання, заміну кондиціонерів на сучасні моделі з вищими показниками енергоефективності, встановлення датчиків руху для керування освітленням, а також впровадження сонячної електростанції з акумуляторною системою накопичення енергії.

Для кожного із запропонованих заходів виконано технічні та економічні розрахунки, визначено обсяги економії енергоресурсів, необхідні капіталовкладення та терміни окупності. Отримані результати підтвердили технічну доцільність та економічну ефективність запропонованих рішень. Реалізація комплексу заходів дозволить суттєво знизити витрати на енергоресурси, підвищити комфортність умов перебування персоналу в будівлі, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечити більш раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів.

Отже, поставлена мета дипломного проєкту досягнута, а розроблені заходи можуть бути рекомендовані до практичного впровадження на досліджуваному об'єкті.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення / Нац. Стандарт України. Вид. офіц.
URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dbn_v_2.5-28_2018.pdf (дата звернення: 23.05.2026).
2. Веб-сайт «АйКлімат»
URL: <https://iclimat.com.ua/uk/catalog/kondytsioner-split-systema-aux-halo-black-invertor-aswas-h09her3di> (дата звернення: 23.05.2026).
3. Веб-сайт «Епіцентр»
URL: <https://epicentrk.ua/shop/datchik-dvizheniya-cms-003g-belyy-d-sm-1411.html> (дата звернення: 23.05.2026).
4. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». – Київ : Мінрегіон України, 2021.
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Вид. офіц. Київ: Державні будівельні норми України, 2013. - 141 с
6. Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».
7. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. / Нац. стандарт України. Вид. Офіц.
8. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
9. ДСТУ 9191:2022. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
10. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Настанова з енергетичного обстеження будівель. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015.
11. ДСТУ-Н Б В.1.-27:2010 Будівельна кліматологія.
12. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Вид. офіц. Київ: Державні будівельні норми України, 2013. - 141 с

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. 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.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/77242>

(дата звернення: 30.05.2026).

14. Веб-сайт «ВЕНКОН» URL: <https://vencon.ua/products/classic-seg-bio-75-platinum-left-75-kw-520-750-kv-m-l-vij-lyambda-zond-metal-fach>

(дата звернення: 30.05.2026).

15. Енергозбереження будівель та споруд: Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім.Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк, О.І. Яценко – Електронні текстові дані (1 файл: 2,1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 51 с.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46160>

(дата звернення: 30.05.2026).

16. Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 81 с.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53129>

(дата звернення: 30.05.2026).

17. ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування.
19. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги.
20. Національний план дій з енергоефективності України до 2030 року.
21. Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» №2119-VIII від 22.06.2017.
22. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання.
23. Методичні рекомендації Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України щодо впровадження систем енергетичного менеджменту в бюджетних установах.
24. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV.
25. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.
26. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
27. Кудря С.О. Відновлювані джерела енергії. – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2013. – 360 с.
28. Meteonorm: Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education. – Version 7.3. – Meteotest, Switzerland.
URL: <https://meteonorm.com/> (дата звернення: 05.06.2026).
29. Загальні переваги ВДЕ для покращення енергетичної незалежності – аналіз кліматичних та технологічних факторів .
30. Solar resource maps of Ukraine // Global Solar Atlas 2.0 / World Bank Group, 2020.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		130

URL: <https://globalsolaratlas.info/download/ukraine>

(дата звернення: 05.06.2026).

31. Веб-сайт «Alton Solutions»: URL: <https://alton.com.ua/ua/komplekt-solnechnyx-batarej-7-kvt-gibridnaja-suntech-axioma.html>

(дата звернення: 05.06.2026).

32. Веб-сайт «Українськи склад електрообладнання»

URL: <https://use.com.ua/ua/p2448884267-invertor-dlya-budinku.html>

(дата звернення: 05.06.2026).

33. Веб-сайт «Solar Markets»

URL: <https://solar-markets.com.ua/ru/akumuliator-felicity-lpbf48300-15-kvth-51.2v/> (дата звернення: 05.06.2026).

34. Енергетичний менеджмент. Бізнес-план проекту з енергоефективності. Розрахункова робота [Електронний ресурс] : 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: 819.81 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 44 с. – Назва з екрана.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52307>

(дата звернення: 05.06.2026).

35. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ.

36. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги

37. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : НПАОП 40.1-1.21-98. Київ, 1998.164 с.

38. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Харків : Форт, 2017. 617 с.

39. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417.

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті : НПАОП 0.00-1.15-07. Київ, 2007.
41. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Київ : Міністерство енергетики України, 2006.
42. ДСТУ EN 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи. Київ : Мінекономрозвитку України, 2012.
43. Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт : методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології». Київ : НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського. 63 с.
URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d8ad5814-d81e-446f-ad6f-cfeb6185eace/content>
(дата звернення: 21.05.2026).

					ДП 2108.008 ПЗ	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		