

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Комплексна модернізація студентського гуртожитку №19 КПІ ім.
Ігоря Сікорського з метою підвищення енергоефективності»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОН-11

Крижановський Ігор Олександрович

Керівник:

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

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)

к.т.н., доц. 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 _____

Київ – 2025 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

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Крижановському Ігорю Олександровичу

1. Тема проєкту «Комплексна модернізація студентського гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського з метою підвищення енергоефективності», керівник проєкту к.т.н., доц., Бориченко О.В., затверджені наказом по університету від «31» травня 2025 р. № **012-с**
2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “13” червня 2025 р.
3. Вихідні дані до проєкту загальний опис будівлі гуртожитку та її інженерних систем, споживання електричної та теплової енергії за останні роки, схема індивідуального теплового пункту та теплопостачання об’єкта, обсяги споживання ПЕР, схема системи освітлення.
4. Зміст пояснювальної записки
 - а) **електрична частина:** - аналіз схеми електропостачання об’єкту, розрахунок навантажень гуртожитку, розроблення комплексних заходів з енергоефективності.

б) теплова частина: - аналіз і визначення теплового навантаження гуртожитку, аналіз споживання теплової енергії, розробка комплексного заходу зі збереження теплової енергії

в) охорона праці та пожежна безпека: - безпека та охорона праці під час проведення робіт зі встановлення датчиків руху

5 Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Однолінійна схема системи електропостачання гуртожитку №19
2. Результати обстеження енергоефективності використання теплової енергії гуртожитку №19
3. Схема теплопостачання гуртожитку №19
4. Заходи з енергозбереження гуртожитку №19

1. Консультанти розділів проєкту

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

Дата видачі завдання “22” травня 2025 р

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Загальний опис об'єкту	19.05.-22.05.2025	
2	Аналіз енергоефективності використання електричної енергії на об'єкті	22.05 - 29.05.24	
3	Визначення рівня енергоефективності будівлі та заходів з її підвищення	29.05 - 02.06.24	
4	Рекомендації для розвитку енергоменеджменту	02.06 - 04.06.24	
5	Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії	04.06 - 08.06.24	
6	Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу датчиків присутності	08.06 - 10.06.24	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06 - 13.06.24	
8	Захист дипломного проєкту		

Студент

Ігор КРИЖАНОВСЬКИЙ

Керівник

Олена БОРИЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту охоплює шість змістовних розділів і налічує 115 сторінок основного текстового матеріалу. У межах основної частини роботи представлено 20 ілюстративних матеріалів, 15 таблиць, а також використано 20 джерел літератури, згідно з переліком посилань.

Мета цього проєкту полягає в тому, щоб підвищити ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів у студентському гуртожитку. Об'єктом дослідження є багатоповерховий гуртожиток №19 студентського містечка Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського». Дослідження розглядає можливість підвищення енергетичної ефективності будівлі. Дослідження включає використання методів оцінки стану енергоспоживання, аналізу технічного потенціалу енергозбереження та розробки рекомендацій щодо використання сучасних технологій, включаючи використання вторинних джерел енергії.

Для досягнення поставленої мети було запропоновано впровадити низку практичних заходів. Серед них – заміна застарілих віконних конструкцій на енергоефективні, використання світлодіодних ламп для модернізації освітлення, встановлення датчиків руху в зонах загального користування, теплоізоляція зовнішніх стін і покрівлі, а також оптимізація роботи ІТП. Комплексне впровадження цих заходів дозволить значно зменшити теплові втрати, знизити споживання електроенергії та покращити умови проживання в гуртожитку.

Ключові слова: ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ, СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ, НАВАНТАЖЕННЯ, ПОТУЖНІСТЬ.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of six substantive sections and includes 115 pages of main text. Within the main part of the work, 20 illustrative materials and 15 tables are presented. Additionally, 20 sources of literature are used according to the list of references.

The primary objective of this project is to enhance the efficiency of fuel and energy resource utilization in a student dormitory. The subject of the study is Dormitory No. 19, a multi-storey residential building located within the student campus of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.” The research focuses on identifying the potential for improving the building's overall energy performance.

The study involves the application of energy consumption assessment methods, analysis of technical energy-saving potential, and the development of recommendations for implementing modern technologies, including the use of secondary energy sources.

To achieve the stated goal, a set of practical measures was proposed. These include the replacement of outdated window units with energy-efficient alternatives, upgrading the lighting system by installing LED lamps, equipping common areas with motion sensors, insulating exterior walls and the roof, and optimizing the operation of the individual heating substation (IHS).

The comprehensive implementation of these measures is expected to significantly reduce heat losses, lower electricity consumption, and improve the living conditions for dormitory residents.

Keywords: ENERGY LOSSES, EFFICIENCY, ENERGY AUDIT, ENERGY SAVING, RATIONAL USE OF RESOURCES, ENERGY CONSUMPTION, LOAD, CAPACITY.

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						5
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	15
1.2.1 Характеристика системи теплопостачання та вентиляції гуртожитку	15
1.2.2 Система опалення	15
1.2.3 Система холодного водопостачання	16
1.2.4 Система освітлення	17
1.3 Аналіз динаміки споживання енергетичних ресурсів за останні два роки	17
1.4 Тарифна політика на енергетичні ресурси	23
1.5 Попередня діяльність гуртожитку у сфері енергоефективності.....	24
Висновки до розділу 1	25
2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	26
2.1 Схема електропостачання житлової будівлі та її аналіз	26
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії	28
2.3 Повірочний розрахунок навантажень житлової будівлі.....	28
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення приміщення гуртожитку	32
2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі	35
2.6 Аналіз стану та ефективності систем обліку і моніторингу споживання електричної енергії в гуртожитку.....	37
2.7 Розроблення заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії.....	38
2.7.1 Заміна наявних люмінесцентних ламп на світлодіодні в коридорах.	38
2.7.2 Встановлення датчиків руху в коридорах та на кухнях	41
Висновки до розділу 2	45

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ	46
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергоефективності будівель та сучасного стану справ в сфері ЖКГ	46
3.2 Визначення теплового навантаження гуртожитку №19	48
3.2.1 Світлопрозорі огорожувальні конструкції	50
3.2.2 Дверні конструкції	51
3.2.3 Перекриття даху	52
3.2.4 Підлога над неопалювальним підвалом	53
3.2.5 Визначення тепловтрат для окремих типів огорожувальних конструкцій	54
3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності гуртожитку № 19	61
3.3.1 Утеплення конструкцій зовнішніх стін мінеральною ватою	61
3.3.1.1 Ризики проєкту з утеплення зовнішніх стін гуртожитку	68
3.3.2 Заміна світлопрозорих конструкцій (вікон) на енергоефективні	72
3.3.3 Утеплення підлоги над неопалювальним підвалом	74
3.3.4 Встановлення балансувальних клапанів в опалювальній системі	76
Висновок до розділу 3	81
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	82
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги ...	82
4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів (в тому числі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення)	85
4.3 Рекомендації щодо організаційноуправлінських заходів	88
Висновок до розділу 4	90
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	91
5.1 Визначення середніх потреб у гарячій воді гуртожитку	91
5.2 Розрахунок сонячної інсоляції	93
5.3 Визначення необхідної площі і кількості колекторів для гуртожитку ...	94

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4	Визначення максимально доступної енергії отриманої з сонячних колекторів встановлених на гуртожитку.....	95
5.5	Вибір сонячних колекторів та їх ефективність	97
5.6	Визначення оптимальної орієнтації сонячних колекторів.....	101
5.7	Визначення оптимального кута нахилу сонячних колекторів	102
Висновки до розділу 5		103
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ ДАТЧИКІВ РУХУ	104
6.1	Характеристика об'єкту енергоаудиту.....	104
6.2	Розрахунок типу та сумарної кількості датчиків освітленості	105
6.3	Перелік робіт та склад бригади	107
6.4	Шкідливі чинники і небезпеки під час монтажу.....	107
6.5	Оцінювання ризиків які можуть виникнути на робочому місці	108
Висновки до розділу 6		113
ВИСНОВКИ.....		114
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		116

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧНЬ, ТЕРМІНІВ

LED – світлодіодні лампи;

АТ – акціонерне товариство;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСН – державні санітарні норми.

ДСТУ – державний стандарт України;

ЕП – електроприймач;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

ОК – огорожувальна конструкція;

ПДВ - податок на додану вартість;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

СЕНМ – система енергетичного менеджменту;

СО – система опалення;

СУНС – система управління навколишнім середовищем;

ТМ – трансформатор масляний

α – коефіцієнт тепловіддачі;

k – коефіцієнт теплопередачі;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

R – опір теплопередачі;

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F – площа;

δ – товщина;

Q – теплота;

в – вікно;

д – двері;

дх – дах;

зл – зенітний ліхтар;

Зх – Захід;

Пд – Південь;

Пн – Північ;

ст – стіна;

Сх – Схід.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проблема енергоспоживання залишається однією з найактуальніших для сучасного суспільства, оскільки вона впливає на зростання економіки, екологічний баланс і рівень життя населення. Проблема енергоспоживання залишається однією з найважливіших проблем для сучасного суспільства. Житловий сектор відіграє важливу роль у цьому процесі. Зважаючи на те, що в таких великих житлових об'єктах, як гуртожитки, проживає значна кількість людей, питання ефективного використання енергії стає особливо актуальним. Ефективне використання енергетичних ресурсів не тільки зменшує витрати на енергію, але й знижує навантаження на екологію.

Гуртожитки є одним із типів будівель, які потребують підвищеної уваги до економії енергії. Вони відрізняються різноманітністю побутових процесів, високою щільністю проживаючих в них людей та, як правило, низькою енергоефективністю. Такі будівлі часто мають застарілі системи опалення, освітлення та вентиляції, а також недостатньо теплоізовані, що призводить до значних енергетичних втрат. Такі об'єкти можуть отримати як економічні, так і екологічні вигоди від впровадження нових методів управління енергоспоживанням.

Метою цієї дипломної роботи є розроблення комплексних рішень для підвищення енергоефективності гуртожитку. Задля досягнення поставленої мети було проведено детальне дослідження поточного рівня енергоспоживання об'єкта. Було виявлено основні джерела втрат енергії та запропоновано ефективні методи аби їх мінімізувати.

Модернізація інженерної інфраструктури є одним із пріоритетних напрямків оптимізації енергоспоживання в гуртожитках. Це включає в себе впровадження сучасних енергозберігаючих систем опалення та вентиляції, встановлення автоматизованих систем контролю за витратами енергії, використання світильників з високою енергоефективністю та виконання теплоізоляційних робіт.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також перспективним є застосування відновлюваних джерел енергії — таких як сонячні панелі або теплові насоси, що дозволяє зменшити залежність від традиційних паливно-енергетичних ресурсів.

Підвищення обізнаності мешканців з принципами енергозбереження є ще одним важливим напрямом покращення енергоефективності. З цієї причини доцільно проводити інформаційно-просвітницькі заходи, які заохочуватимуть людей діяти відповідально та зберігати ресурси. Крім того, варто впроваджувати різні системи мотивації, щоб заохочувати людей ощадливо використовувати енергетичні ресурси.

Отже, оптимізація енергоспоживання в гуртожитках – це складний процес, який потребує комплексного підходу та врахування взаємозв'язку організаційних, технічних і соціальних факторів. Проведення запропонованого проекту призведе до покращення енергоефективності будівлі та знизить витрати на енергопостачання, а також до покращення якості життя її мешканців. Застосування запропонованих рішень сприятиме значному зниженню енергоспоживання, а також зробить значний внесок у збереження навколишнього середовища, що є надзвичайно важливим у сучасних умовах.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом для дослідження є гуртожиток №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського (див. Рисунок 1.1), що являє собою багатоповерхову житлову будівлю. У ньому мешкають студенти факультетів: ІХФ, ХТФ, ФСП, ФБТ, а також іноземні студенти. Гуртожиток розташований за адресою: м. Київ, вулиця Борщагівська, 146.

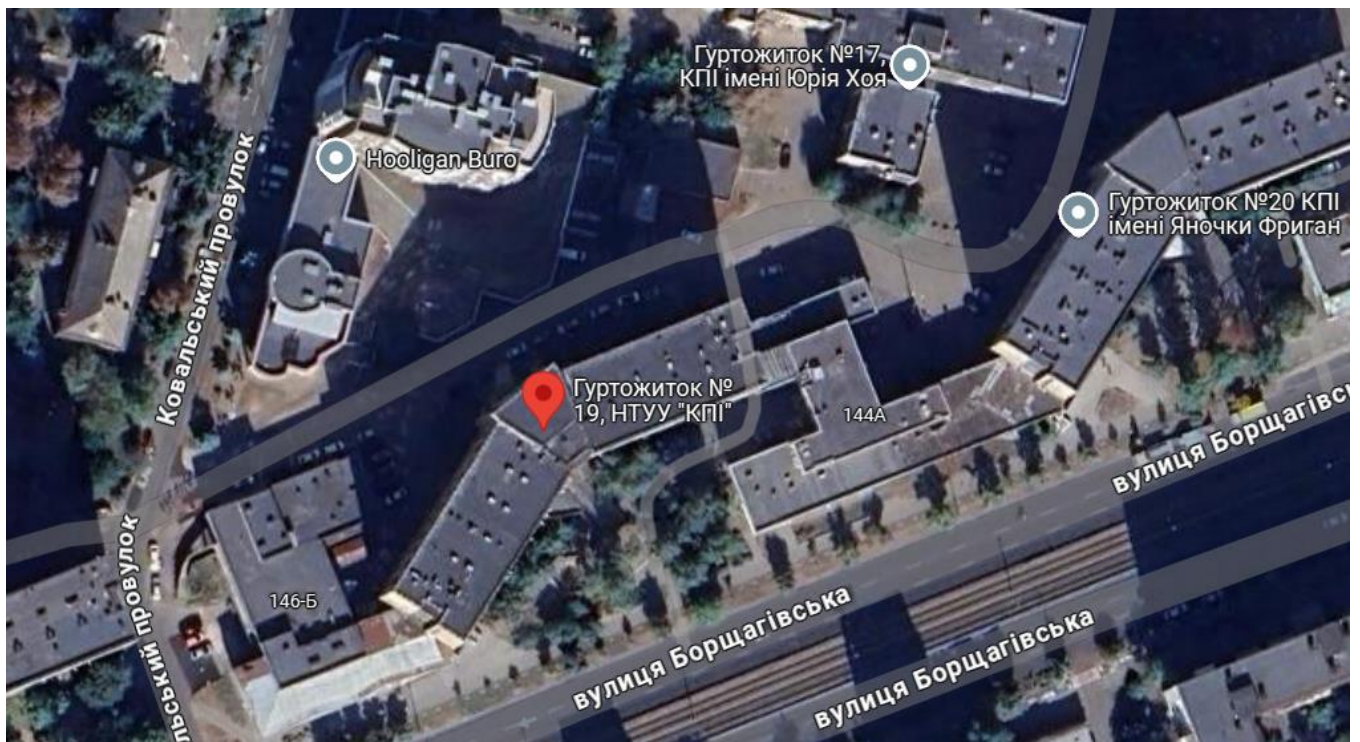


Рисунок 1.1 – Супутниковий знімок Гуртожитку № 19 [1]

ОН-1113.00.012 ПЗ

					ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Крижановський І.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11	Літ.	Арк.
Перевірів		Бориченко О.В					13
Реценз.							118
Н. Контр.							
Затверд.							

Гуртожиток № 19 є одним із найбільших об'єктів на території університетського кампусу у студентському містечку КПІ ім. Ігоря Сікорського. Він займає велику площу і призначений для великої кількості людей.. Зведення будівлі було розпочате понад три десятиліття тому, зокрема в контексті підготовки до проведення Олімпійських ігор 1980 року. Споруда має масштабну архітектуру, яка враховує потреби різноманітної студентської спільноти.

Станом на сьогодні в гуртожитку мешкає приблизно 1300 студентів, що робить його одним із найгустозаселеніших у складі кампусу. Основними факультетами, студенти яких проживають у цьому гуртожитку, є: Хіміко-технологічний факультет (ХТФ), Інженерно-хімічний факультет (ІХФ), Факультет біотехнології та біотехніки (ФБТ), а також Факультет соціології і права (ФСП).

У гуртожитку реалізовано блочну систему розміщення. Один блок складається з двох житлових кімнат і роздільного санвузла, що забезпечує базовий комфорт для проживання. На кожному поверсі є спільна кухня, оснащена газовими плитами, що дає змогу студентам самостійно готувати їжу та вести побут.

На першому поверсі функціонує пральня самообслуговування, яка значно спрощує щоденне життя мешканців, дозволяючи прати й сушити речі без необхідності виходити за межі гуртожитку.

Для підтримки фізичного та культурного розвитку студентів у приміщенні обладнано тренажерний зал, а також зал для хореографії й танцювальних занять. Крім того, передбачено кімнату для самопідготовки, яка створює умови для спокійного й продуктивного навчання.

На шостому поверсі облаштована ігрова кімната, де студенти можуть проводити дозвілля, граючи в настільні та активні ігри.

Особливу атмосферу гуртожитку створює його внутрішній двір, де зберігся єдиний діючий фонтан у КПІ ім. Ігоря Сікорського. Завдяки зусиллям ініціативної студентської групи, фонтан набув вигляду арт-об'єкта, що не лише прикрашає простір, а й є місцем для проведення культурних заходів і студентських зустрічей.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, гуртожиток № 19 є не лише житлом для студентів, а й справжнім центром активного студентського життя, де кожен мешканець має змогу розвиватися, реалізовувати свої здібності та долучатися до дружньої університетської спільноти КПІ ім. Ігоря Сікорського .

1.2 Короткий опис інженерних мереж

1.2.1 Характеристика системи теплопостачання та вентиляції гуртожитку

Теплоелектроцентраль №5 постачає теплову енергію для опалення будівлі через магістральний трубопровід №6. Це гарантує стабільне та безперебійне теплопостачання. Локальний тепловий пункт підключений до системи, що дозволяє змінювати режими теплоносія відповідно до потреб мешканців. Підтримуючи комфортну температуру в приміщеннях протягом усього опалювального періоду, цей тепловий пункт є важливим компонентом ефективної роботи системи опалення.

Для забезпечення належної вентиляції у кожному блоці кухонь передбачено механічну припливно-витяжну систему, яка включена до проєктного рішення будівлі. Система витяжної вентиляції в гуртожитку хоч і була запроектована, проте вона не використовується.

Контроль за використанням теплової енергії здійснюється за допомогою облікового вузла, який функціонує на базі теплотічильника СВТУ-11Т. Він оснащений двома витратомірами типу РУ-50, які встановлені на подаючому та зворотному трубопроводах, що дозволяє точно визначати обсяг спожитої теплової енергії.,

1.2.2 Система опалення

У гуртожитку № 19 функціонує система централізованого теплопостачання, реалізована через індивідуальний тепловий пункт (ІТП), де в якості теплоносія застосовується вода.

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постачання теплової енергії до будівлі здійснюється через теплове введення, при цьому розрахункове теплове навантаження на систему опалення становить 1 Гкал/год. Система підключена за залежною схемою, а циркуляція теплоносія забезпечується за рахунок перепаду тиску в мережі центрального опалення.

Облік спожитої теплової енергії для потреб опалення здійснюється із використанням стандартних комерційних приладів обліку, що дозволяє проводити кількісну оцінку витрат енергоносія.

Внутрішня опалювальна система гуртожитку є однотрубною, із постійним гідравлічним режимом, однак на сьогодні вона не перебуває у належному експлуатаційному стані. Зокрема, відсутнє налагодження системи, не встановлені балансувальні клапани на стояках, що ускладнює рівномірний розподіл тепла по приміщеннях.

Температурний режим системи забезпечує тепловий напір у 60 К за умови внутрішньої температури повітря 20 °С (наприклад, 90/70 °С). Розподільча мережа побудована зі сталевих трубопроводів. Віддача тепла до приміщень здійснюється через чавунні та сталеві радіатори, які не оснащені терморегулюючими пристроями.

Стан трубопроводів системи опалення наразі оцінюється як незадовільний: частково втрачена або зношена теплоізоляція, що призводить до додаткових тепловтрат та зниження енергоефективності.

1.2.3 Система холодного водопостачання

Холодне водопостачання в гуртожитку є важливим компонентом інженерної інфраструктури, який забезпечує базові потреби мешканців у чистій воді для побутових, санітарно-гігієнічних та господарських цілей. Подача холодної води здійснюється централізовано від міської системи водопостачання, що обслуговується комунальним підприємством водоканалу. Така схема підключення гарантує стабільну подачу води у будь-який час доби, що особливо важливо для будівель з великою кількістю проживаючих, як у випадку студентських гуртожитків.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність централізованого холодного водопостачання створює належні умови для дотримання особистої гігієни мешканців, підтримання чистоти у приміщеннях, приготування їжі та інших потреб. Крім того, ця система дозволяє легко здійснювати облік та контроль споживання води за допомогою встановлених лічильників, що важливо для ефективного управління ресурсами та економії комунальних витрат.

1.2.4 Система освітлення

Система освітлення в приміщенні гуртожитку здійснюється світлодіодними та люмінесцентними лампами. Все освітлення в гуртожитку керується в ручному режимі

1.3 Аналіз динаміки споживання енергетичних ресурсів за останні два роки

Гуртожиток № 19, що входить до складу студентського містечка КПІ ім. Ігоря Сікорського, споживає електроенергію, теплову енергію та воду з метою створення належних умов проживання для студентів. Теплова енергія переважно використовується для опалення приміщень у холодний період року, що обумовлює сезонне підвищення її споживання під час опалювального сезону.

З метою оцінки динаміки використання енергоносіїв було здійснено збір статистичних даних щодо щомісячного споживання теплової енергії протягом періоду — з 2023 по 2024 рік. У таблиці 1.1 наведено динаміку, споживання теплової енергії за відповідний проміжок часу, яка дозволяє проаналізувати зміну її споживання.

У наведеній таблиці 1.1, представлено споживання теплової енергії у гуртожитку №19 за 2023-2024 роки.

Таблиця 1.1 – Споживання теплової енергії у 2023-2024 р. по місяцях

Місяць	Споживання тепл.ен, Гкал	Вартість споживання тепл.ен, тис.грн	Споживання тепл.ен, Гкал	Вартість споживання тепл.ен, тис.грн
	2023		2024	
Січень	207,577	343999,031	248,320	900073,887 6
Лютий	248,477	411804,922	181,192	655 689,38
Березень	210,096	348160,706	108,731	393 449,90
Квітень	188,78	312732,333	73,242	121305,614 4
Травень	31,709	52459,496	24,504	40539,5156 2
Червень	10,22	16908,099	0,000	0
Липень	29,623	49008,41	22,487	37202,5827 5
Серпень	174,735	289082,879	26,057	43108,8050 3
Вересень	109,21	180676,799	39,811	65863,4776 4
Жовтень	156,958	259954,937	46,725	77302,0269
Листопад	63,806	105872,782	136,414	226504,598 1
Грудень	263,911	438746,312	233,206	387684,987 2
Σ	1695,102	2809406,706	1140,689	2948724,77 7

Дані споживання теплової енергії за останні два роки по місяцях відобразимо на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Споживання теплової енергії за 2023-2024 рр.

Аналізуючи динаміку споживання теплової енергії у гуртожитку №19 за 2023 та 2024 роки, можна зробити низку важливих висновків. Загальний обсяг споживання теплової енергії у 2023 році становив 1695,102 Гкал, тоді як у 2024 році він суттєво знизився — до 1140,689 Гкал. Це свідчить про загальне зменшення теплових витрат на 554,413 Гкал, що можна розглядати як вплив зовнішніх кліматичних факторів, які зумовили нижчу потребу в теплі.

Збільшення споживання теплової енергії в серпні 2023 року, як видно з графіка, ймовірно пов’язане з проведенням підготовчих робіт до опалювального сезону. У цей період часто проводяться гідравлічні випробування, промивка системи опалення, перевірка справності обладнання та запуск індивідуального теплового пункту (ІТП) у тестовому режимі. Такі дії призводять до короткочасного, але помітного підвищення рівня теплоспоживання, навіть попри відсутність потреби в обігріві приміщень у літній період.

Таблица 1.2 – Споживання електричної енергії у 2023-2024 р. по місяцях

Місяць	Споживання ел.ен, кВт·год	Вартість споживання ел.ен, тис.грн	Споживання ел.ен, кВт·год	Вартість споживання ел.ен, тис.грн
	2023		2024	
Січень	23757	68745,6	36835	97244,4
Лютий	26255	72172,8	35846	94 633,4
Березень	23130	44043,3	29549,0	78 009,3
Квітень	21567	36232,5	27756	73275,8
Травень	21074	38167,8	27571	72787,4
Червень	20938	35175,8	21931	57897,8
Липень	18932	52238,3	15385	68513,1
Серпень	19139	54227,0	20253	89685,6
Вересень	21772	42587,7	21171	94074,8
Жовтень	26858	70905,1	27203	120215,9
Листопад	28317	78307,3	39383	176014,8
Грудень	26534	100366,2	33054	151461,0
Σ	278273	693169,9	335937	1173813,8

Зобразимо на рисунку 1.3 споживання електричної енергії за 2023-2024 роки

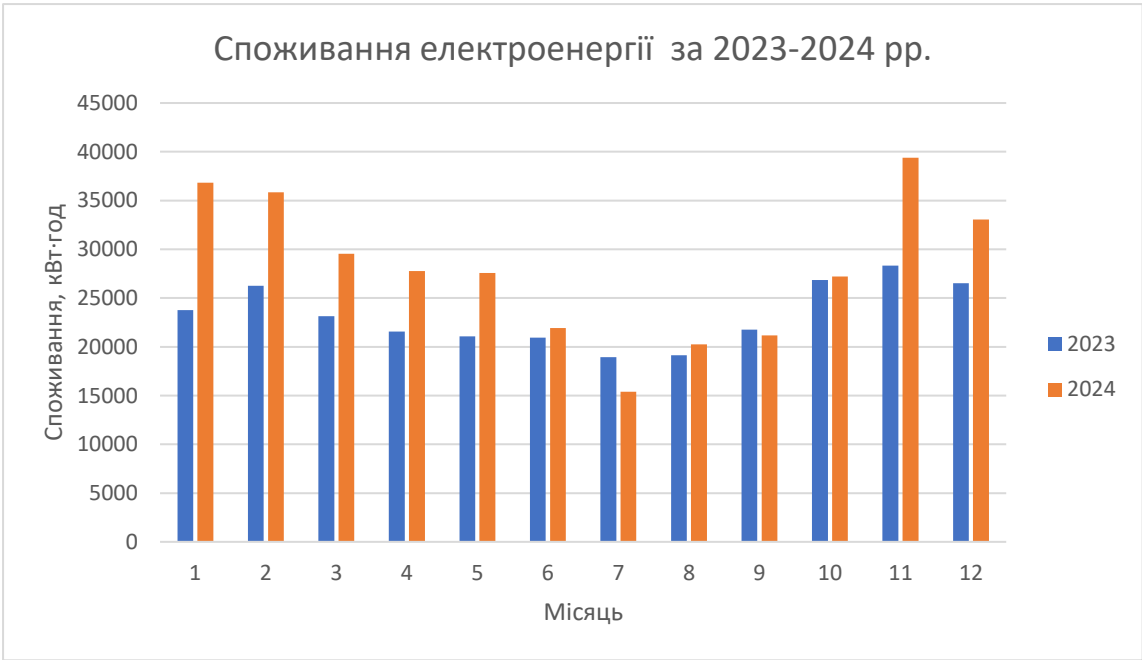


Рисунок 1.3 - Споживання електричної енергії 2023-2024 рр

Аналіз річного споживання електричної енергії у гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського показав чітке зростання як обсягів споживання, так і відповідних фінансових витрат у 2024 році порівняно з 2023 роком. Загальний обсяг спожитої електроенергії зріс з 278 273 кВт·год у 2023 році до 335 937 кВт·год у 2024 році, що свідчить про збільшення на понад 57 тис. кВт·год. Вартість електроспоживання при цьому зросла ще більш суттєво — з 6931,7 тис. грн до 11 738,1 тис. грн, що може бути наслідком не лише зростання обсягів споживання, а й підвищення тарифів на електроенергію.

Одним із ключових факторів, що вплинув на зростання споживання електроенергії у 2024 році, є поступове збільшення кількості мешканців гуртожитку, яке стало можливим завдяки частковій стабілізації ситуації в країні. Протягом 2022–2023 років, у зв'язку з активними військовими діями та небезпекою для цивільного населення, значна частина студентів або навчалася дистанційно, або тимчасово перебувала за межами Києва. Це, у свою чергу, призвело до зменшення фактичного навантаження на інфраструктуру гуртожитку, зокрема й на електричні мережі. Найвищий рівень споживання у 2024 році зафіксовано у листопаді (39 383 кВт·год), грудні (33 054 кВт·год) та січні (36 835 кВт·год), що пов'язано зі збільшенням навантаження на систему через холодну пору року. Така динаміка є типовою для житлових будівель, однак підкреслює необхідність впровадження заходів з енергозбереження. Отримані результати можуть слугувати базою для подальшого енергетичного аудиту та оптимізації електроспоживання в майбутньому.

Вода у гуртожитку № 19 студентського містечка КПІ імені Ігоря Сікорського використовується переважно для задоволення санітарно-гігієнічних потреб мешканців, виконання технічних завдань, а також для приготування їжі. Протягом літнього періоду — з червня по вересень — обсяги споживання холодної води, як правило, знижуються, що пов'язано зі зменшенням кількості мешканців через канікули.

Узагальнені показники споживання холодної води за відповідний період представлено в таблиці 1.3

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Динаміка споживання холодної води у 2023-2024 р

Місяць	Споживання холод.води, м ³	Вартість споживання холод.води, тис.грн	Споживання холод.води, м ³	Вартість споживання холод.води тис.грн
	2023		2024	
Січень	2702	82097,568	2316,000	70369,34
Лютий	1874	56939,616	2316,000	70369,34
Березень	2490	75656,16	2161,600	65 678,05
Квітень	2020	61375,68	2238,800	68023,7
Травень	2420	73529,28	2547,600	77406,28
Червень	2271	69002,064	2517,510	77693,35
Липень	2832	86047,488	2161,600	70621,3
Серпень	2310	70187,04	2238,800	73213,4
Вересень	2017	61284,528	2393,200	76893,51
Жовтень	2161	65678,0544	2470,400	83074,23
Листопад	2393	7214,9888	2624,800	91323,94
Грудень	2624	79751,9232	2084,400	69609,73
Σ	28114	788764,3904	28070,71	894276,17

Обсяг спожитої води за 2023-2024 р. представлено на рисунку 1.4.

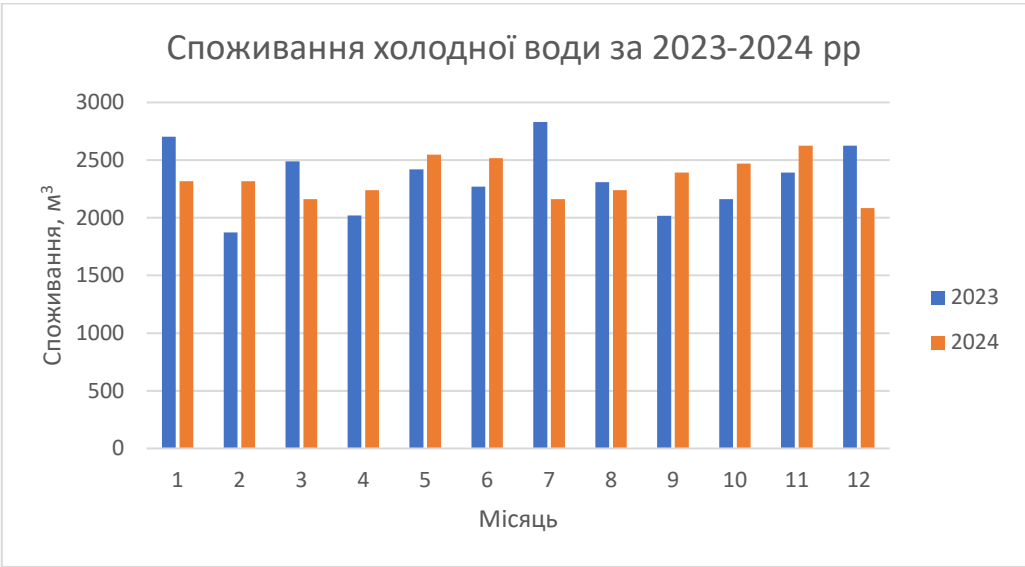


Рисунок 1.4 - Обсяг спожитої води за 2023-2024 р

1.4 Тарифна політика на енергетичні ресурси

Зміни у тарифах на енергетичні ресурси мають суттєве значення для ефективного фінансового планування та впровадження заходів з енергоефективності в умовах функціонування гуртожитку. Актуалізація тарифів відбувається у відповідності до коливань роздрібного ринку електроенергії, теплової енергії та водопостачання, з урахуванням комплексу економічних і регуляторних чинників, що впливають на їх формування.

Розглянемо динаміку тарифів для гуртожитку № 19 у період з 2023 по 2024 рік з метою виявлення основних тенденцій та оцінки їхнього впливу на загальні витрати закладу.

У таблиці 1.4 наведено тарифні ставки на теплову енергію за останні роки

Таблиця 1.4 – Тарифи на теплову енергію за 2023-2024 рр.

Період	Тариф (з ПДВ), грн
1.01.2023 по 31.12.2023	1654,40
1.01.2024 по 31.12.2024	1654,40
1.01.2025 до тепер	1654,40

У період дії воєнного стану в Україні тариф на теплову енергію для закладів освіти, зокрема гуртожитків, штучно утримується на зниженому рівні з метою соціального захисту населення та підтримки критичної інфраструктури. Проте цей тариф не відповідає реальним економічним витратам на виробництво та постачання тепла. За даними Служби енергоменеджменту КПІ, економічно обґрунтований тариф для бюджетних установ становить 3752,99 грн/Гкал з ПДВ. Саме цей показник доцільно використовувати при розрахунках економічної ефективності та термінів окупності запропонованих заходів з енергозбереження.

На таблиці 1.5 представимо тарифи на централізоване водопостачання та водовідведення протягом 2023-2024 рр

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Тарифи на централізоване водопостачання та водовідведення протягом 2023-2024 рр

Постачальник	Період	Тариф (з ПДВ) за 1 м³, грн		
		Водопостачання	Водовідведення	Сумарно
ПАТ АК "Київводоканал"	1.01.2023-31.01.2023	16,164	14,22	30,384
	1.01.2024-до сьогодні	16,164	14,22	30,384

Розглянемо в таблиці 1.6 як саме змінювалися тарифи на електроенергію за 2023-2024 роки, грн/кВт·год

Таблиця 1.6 Тарифи на електроенергію за 2023-2024 роки, грн/кВт·год

Період	Тариф (з ПДВ), грн
1.01.2023 по 31.12.2023	1,68
1.01.2024 по 31.12.2024	2,64
1.01.2025 до тепер	4,32

1.5 Попередня діяльність гуртожитку у сфері енергоефективності

Упродовж останніх двох років у гуртожитку №19 було реалізовано низку реконструкційних заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності, покращення експлуатаційних характеристик та створення комфортного середовища для мешканців. У межах модернізаційного процесу було здійснено Оновлення індивідуального теплового пункту (ІТП), що дозволило суттєво підвищити ефективність і надійність функціонування системи опалення, забезпечивши стабільне постачання теплової енергії до всіх приміщень.

Висновки до розділу 1

У межах дослідження було здійснено опис будівлі гуртожитку № 19 студентського містечка КПІ імені Ігоря Сікорського, а також проведено аналіз статистичних даних щодо споживання енергетичних ресурсів. У результаті було зібрано та проаналізовано такі основні відомості:

1. Технічні характеристики — описано поточний стан будівлі, включаючи аналіз внутрішніх приміщень та особливостей конструктивного рішення.
2. Стан інженерних мереж — вивчено систему теплопостачання, що функціонує на основі підключення до ТЕЦ №5 через магістральний трубопровід №6; описано індивідуальний тепловий пункт та інші комунікації.
3. Енергоспоживання та тарифна політика — зібрано щорічні дані за останні два роки щодо споживання електричної енергії, тепла та водопостачання.

Узагальнені результати дослідження дозволили сформувати уявлення про енергетичний стан будівлі, виявити основні проблемні місця, а також стали підґрунтям для формування стратегії подальшого вдосконалення системи енергоменеджменту. Це, у свою чергу, відкриває можливості для підвищення енергоефективності, зменшення витрат на енергоресурси та забезпечення сталого функціонування гуртожитку.

Таким чином, проведений аналіз дозволив сформувати обґрунтоване бачення існуючих енергетичних проблем у функціонуванні будівлі. Виявлено основні зони з підвищеними тепловтратами, недоліки в роботі системи опалення та можливості зниження витрат шляхом модернізації технічних рішень. Зібрані дані стали основою для формування практичних рекомендацій щодо підвищення енергоефективності, оптимізації енергоспоживання та впровадження сучасних підходів до енергоменеджменту.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Схема електропостачання житлової будівлі та її аналіз

Гуртожиток №19 студентського містечка КПІ ім. Ігоря Сікорського належить до категорії житлових об'єктів соціального призначення, що підпадають під визначення населення відповідно до чинного законодавства. Споживання електроенергії в будівлі здійснюється на основі загального комерційного вузла обліку.

Для вимірювання обсягів спожитої електроенергії встановлено електролічильник, який забезпечує високу точність, надійність показів та можливість інтеграції у системи автоматизованого обліку енергоресурсів. Електропостачання об'єкта реалізується через дві незалежні трансформаторні підстанції, що дозволяє гарантувати безперервне та стабільне живлення, навіть у разі виходу з ладу одного джерела.

Експлуатаційна відповідальність за технічний стан, обслуговування та ремонт трансформаторного обладнання покладається на оператора системи розподілу — компанію «ДТЕК Київські електромережі». Цей оператор здійснює профілактичні та відновлювальні заходи, що забезпечують належний технічний стан інфраструктури. Згідно з чинною класифікацією за ступенем надійності електропостачання, об'єкт відноситься до другої категорії, що передбачає забезпечення живлення з двох незалежних джерел та допустиму короткочасну перерву лише на період автоматичного переключення.

					ОН-1113.00.012 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Крижановський І.О.								
Перевірив		Бориченко О.В.							26	118
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.								
Затверд.										

Подача електроенергії до гуртожитку здійснюється від трансформаторної підстанції №6669 через дві кабельні лінії загальною довжиною 248 метрів, виконаних із застосуванням кабеля АВВГ 4×150 мм² зображеного на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Кабель АВВГ 4×150 мм²

Така конфігурація кабельної мережі забезпечує не лише надійність електроживлення, але й мінімізацію втрат електроенергії при її транспортуванні до споживача.

Враховуючи соціальну функцію будівлі, стабільне та ефективне електропостачання є критично важливим для забезпечення комфортних і безпечних умов проживання студентів, а також сталою роботою всіх внутрішніх інженерних систем.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

У 2022 році експлуатація гуртожитку була частково призупинена, що призвело до значного зниження споживання енергоресурсів і викривлення статистичних показників. У 2023 році робота об'єкта була відновлена у повному обсязі, що дозволяє отримати репрезентативну вибірку даних.

Було визначено три основні категорії споживачів електричної енергії в межах будівлі: по-перше, силове обладнання, до якого належать пристрої з високим енергоспоживанням — зокрема, ліфти, електрочайники, фени та інше побутове обладнання; по-друге, система освітлення, яка представлена переважно люмінесцентними лампами у місцях загального користування та житлових приміщеннях; по-третє, група іншого електричного обладнання, що охоплює холодильники, мікрохвильові печі, комп'ютери, пральні машини тощо.

Аналіз енергоспоживання у розрізі цих категорій дозволив виявити структуру та характер навантаження на електромережу гуртожитку, а також визначити потенційні точки для зменшення витрат і підвищення ефективності споживання. Отримані результати можуть бути використані для розроблення комплексних заходів з енергозбереження, зокрема через модернізацію освітлення, впровадження автоматизованих систем керування споживанням та популяризацію енергозберігаючої поведінки серед мешканців.

2.3 Повірочний розрахунок навантажень житлової будівлі

Повірочний розрахунок електричного навантаження будинку є важливою частиною як проектування, так і експлуатації. Такий розрахунок важливий для забезпечення енергоефективності, безпеки та технічної надійності системи електропостачання протягом усього життєвого циклу будівлі.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність визначення навантажень безпосередньо залежить від стійкості та функціональності інженерних систем, рівня комфорту для населення та економічності будівництва та експлуатації об'єкта.

Розрахунки активного, реактивного та повного навантаження будівлі гуртожитку будуть виконані в цьому розділі з метою перевірки відповідності обраного перерізу силового кабелю, що забезпечує живлення об'єкта. Особлива увага буде приділена визначенню допустимої величини електричного струму, який може проходити через кабельну лінію безпечно та ефективно, не перевищуючи допустимих норм. Це гарантує, що параметри силового кабелю відповідають реальним навантаженням, а також запобігає перевантаженню або надмірним втратам енергії.

Під час розрахунків будемо користуватися наступними формулами:

$$P_{\Sigma n,j} = p_{ni} \cdot n_i, \quad (2.1)$$

де $P_{n,j}$ – сумарна номінальна потужність систем освітлення, кВт;

n_i – кількість однотипних приладів;

p_{ni} – номінальна потужність приладу, кВт.

$$\operatorname{tg}(\varphi)_i = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_i} - 1}, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg}(\varphi)_i$ – коефіцієнт реактивного навантаження для кожного електрообладнання;

$\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності споживача.

$$P_{p,j} = k_{в,j} \cdot P_{n,j}, \quad (2.3)$$

де $P_{p,j}$ – розрахункова активна потужність, кВт;

$k_{в,j}$ – коефіцієнт використання для кожного з пристроїв.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{p,j} = P_{p,j} \cdot \operatorname{tg}(\varphi)_i, \quad (2.4)$$

де $Q_{p,j}$ – розрахункова реактивна потужність споживача, квар.

$$S_{p,j} = \sqrt{P_{p,j}^2 + Q_{p,j}^2}, \quad (2.5),$$

де $S_{p,j}$ – розрахункова повна потужність поживача, квар.

За формулою (2.1), розрахуємо сумарну номінальну потужність системи коридорного освітлення для ще незамінених люмінесцентних ламп:

$$P_{\Sigma n,j} = 203 \cdot 0,032 = 6,528 \text{ кВт.}$$

Визначимо коефіцієнт реактивного навантаження для системи освітлення, за формулою (2.2):

$$\operatorname{tg}(\varphi)_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{1}{0,6^2} - 1} = 1,333.$$

За формулою (2.3), розрахуємо розрахункову активну потужність:

$$P_{p,\text{пр}} = 0,6 \cdot 6,528 = 3,91 \text{ кВт.}$$

За формулою (2.4), розрахуємо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_{p,j} = 3,91 \cdot 1,333 = 5,21 \text{ квар}$$

Підставивши данні у формулу (2.5) маємо:

$$S_{p,j} = \sqrt{3,91^2 + 5,21^2} = 6,51 \text{ кВА.}$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальшого аналізу споживання електроенергії в будівлі гуртожитку було розраховано електричні навантаження для додаткових груп силових споживачів.

Алгоритм, описаний раніше, використовувався для проведення розрахунків. У таблиці 2.1 ми занесли результати обчислень, які включають величини активного, реактивного та повного навантаження для кожної групи споживачів.

Таблиця 2.1 - Розрахунок питомого навантаження будівлі гуртожитку

Споживачі	n	P _n	P _{сум n}	кв	P _p	tg	Q _p	Sp
	шт.	кВт	кВт		кВт		квар	кВА
Люмінісцентні лампи	203,00	0,03	6,50	0,60	3,90	1,33	5,20	6,50
Світлодіодні лампи	84,00	0,02	1,34	0,90	1,21	0,48	0,59	1,34
Система освітлення	287,00	0,03	7,84	0,60	4,70	1,33	6,27	7,84
Ліфтова установка	2,00	6,50	13,00	0,10	1,30	9,95	12,93	13,00
Чайник	185,00	1,50	277,50	0,25	69,38	3,87	268,69	277,50
Фен	150,00	1,80	270,00	0,30	81,00	3,18	257,56	270,00
Силове обладнання	337,00		560,50	0,26	151,68		539,19	560,50
Пральна машинка	3,00	1,20	3,60	0,30	1,08	3,18	3,43	3,60
Мікрохвильовка	210,00	0,70	147,00	0,40	58,80	2,29	134,73	147,00
Холодильник	213,00	0,35	74,55	0,15	11,18	6,59	73,71	74,55
Комп'ютер	214,00	0,10	21,40	0,30	6,42	3,18	20,41	21,40
Принтер	84,00	0,40	33,60	0,20	6,72	4,90	32,92	33,60
Пилосос	87,00	0,75	65,25	0,20	13,05	4,90	63,93	65,25
Турнікет	1,00	0,03	0,03	1,00	0,03	0,48	0,01	0,03
Камери відеоспостереження	2,00	0,01	0,02	1,00	0,02	0,33	0,01	0,03
Інше обладнання	814,00		345,45		97,30		329,16	345,45
Всього	1438,00		913,79		253,68		874,61	913,79

Розрахуємо струм з [2] за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.6)$$

Підставивши отримані результати у формулу (2.6), отримаємо:

$$I_p = \frac{932,993}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 141,75 \text{ A}$$

Проаналізувавши результати згідно, можна зробити висновок, що найбільше споживання приходить на особисті прилади студентів, таких як чайники, холодильники, фени.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення приміщення гуртожитку

Одним із важливих етапів проектування та подальшої експлуатації житлових і громадських будівель є проектування системи внутрішнього електричного освітлення. Якісне освітлення підвищує безпеку та полегшує пересування мешканців і гостей. Також воно забезпечує ефективне використання простору в вестибюлях, коридорах, сходових клітках та інших спільних зонах. Рівень освітленості безпосередньо впливає на загальні показники енергоспоживання та витрати на експлуатацію будівлі.

Повірочний розрахунок проводиться з метою забезпечення нормативно визначених рівнів освітленості відповідно до чинних будівельних стандартів і норм. Визначення ідеальної кількості світильників, їх типу, потужності, схеми розміщення та типу джерел світла є частиною процесу розрахунку.

Згідно розряду зорових робіт при загальній системі освітлення має забезпечуватись 75 лк [3].

Проаналізувавши поверховий план, зображений на рисунку 2.2 одного з поверхів гуртожитку, можна побачити, що хоч гуртожиток і має блочну систему, в ньому також наявні довгі коридори, в яких не достатній рівень освітленості.

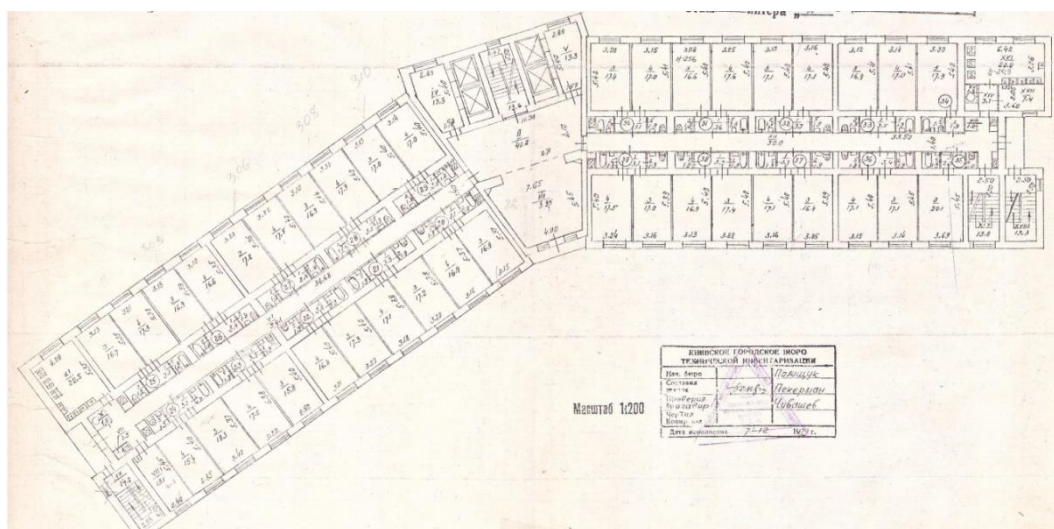


Рисунок 2.2 – План третього поверху гуртожитку №19

Зобразимо розміщення світильників на поверхх гуртожитку рисунку 2.3

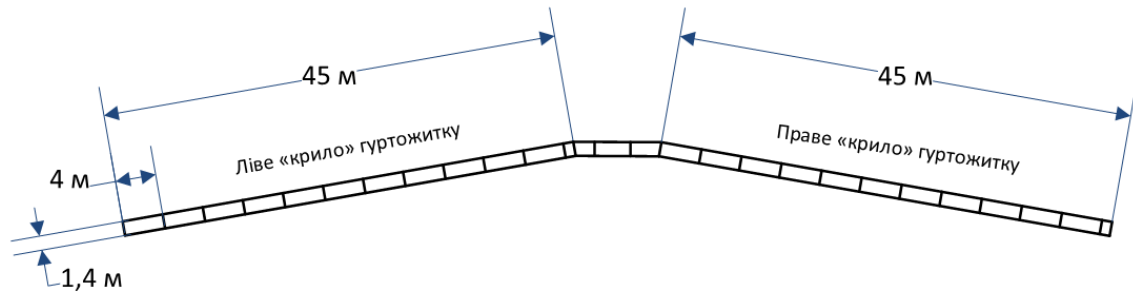


Рисунок 2.3 – Схематинне розміщення світильників на поверхх гуртожитку

З рисунка 2.3 ми бачимо, що коридорне приміщення гуртожитку має ширину – 1,4 м, довжина – 98 м, висота – 2,5 м. Коефіцієнти відбиття становлять 50/30/10.

На одному поверсі гуртожитку може розміщуватися 26 світильників. Цього буде достатньо, аби забезпечити належну освітленість в коридорах.

Для проведення повірного розрахунку використаємо метод світлового потоку, щоб переконатися, що існуюча система освітлення коридорів гуртожитку відповідає вимогам чинних будівельних норм і стандартів.

Цей метод дозволяє використовувати технічні характеристики світильників, геометричні параметри простору та коефіцієнти відбиття світла від поверхонь для визначення рівня освітленості приміщення. Розрахунок має на меті визначити, чи забезпечують наявні освітлювальні прилади достатню освітленість у межах визначеної площі коридору, враховуючи довжину, ширину та висоту підвісу світильників. Такий метод дозволяє оцінити якість існуючого освітлення та обґрунтувати, наскільки це доцільно модернізувати.

Визначимо коефіцієнти відбивання:

$$\rho_1(n) = 0.5\% \text{ від стіни}$$

$$\rho_2(p) = 0.3\% \text{ від стелі}$$

$$\rho_3(c) = 0,1\% \text{ від підлоги}$$

Розрахуємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A+B) \cdot h}, \quad (2.7)$$

де A – довжина коридорного приміщення, м;

B – ширина коридорного приміщення, м;

h – висота коридорного приміщення, м;

Підставивши значення у формулу (2.7), маємо:

$$i = \frac{98 \cdot 1,4}{(98 + 1,4) \cdot 2,5} = 0,557$$

Визначимо коефіцієнт використання світлового потоку :

$$\eta = 35\%$$

Освітленість приміщення знайдемо за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \quad (2.8)$$

де $k_3 = 1,3$ – коефіцієнт запасу;

$F_{\text{л}}$ – фактичний світловий потік лампи, Лм;

N – кількість світильників, шт;

z – коефіцієнт відмінності середнього освітлення від мінімального. Приймемо його $z = 1.1$;

S – площа приміщення;

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу приміщення знаходимо за формулою:

$$S = A \cdot B \quad (2.9)$$

Підставимо значення у формулу (2.9) і отримаємо:

$$S = 98 \cdot 1,4 = 137,2 \text{ м}^2$$

Знайдемо освітленість приміщення за формулою (2.8):

$$E_{\phi} = \frac{1400 \cdot 26 \cdot 0,35}{137,2 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 59,9 \text{ лк}$$

Перевіримо наскільки фактичне значення освітленості співпадає з допустимим:

$$\delta = \frac{|E_{\phi} - E_n|}{E_n} \quad (2.10)$$

Підставивши данні у формулу (2.10), отримаємо:

$$\delta = \frac{|59,9 - 79|}{79} \cdot 100\% = 20,1\%$$

Відхилення від норм перевищують 20%, що свідчить про недотримання норм освітленості у коридорах. Проте відхилення від норм є значно вищим, оскільки багато світильників які наявні в коридорах працюють через один, що значно зменшує рівень освітлення коридорів.

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

Для складання аналітичного балансу електричної енергії створимо таблицю, яка відображатиме усіх споживачів електричної енергії в гуртожитку. Ця таблиця містить основні технічні характеристики кожної категорії споживачів. Це включає потужність обладнання, кількість одиниць, середню тривалість використання та відповідні показники енергоспоживання.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З використанням цього методу можна провести оцінку структури та загального обсягу споживаної електроенергії, визначити найбільш енергоємні групи обладнання та розробити поради щодо підвищення енергоефективності експлуатації будівлі.

Визначимо загальне споживання за рік і занесемо в таблицю 2.3

Таблиця 2.2 – Загальне споживання електроенергії споживачів за рік в гуртожитку

	Кількість	Рн	Рвст	Кв	Рр	Тривалість роботи за місяць	Заг.Споживання
	шт.	кВт	кВт		кВт	год	кВт*год
Внутрішнє освітлення	287	0,032	9,184	0,6	5,5104	540	2975,616
Ліфтова установка	2	6,5	13	0,1	1,3	720	936
Чайник	340	1,5	510	0,25	127,5	60	7650
Фен	150	1,8	270	0,3	81	15	1215
Пральна машинка	3	1,2	3,6	0,3	1,08	540	583,2
Мікрохвильовка	273	0,7	191,1	0,4	76,44	60	4586,4
Холодильник	213	0,35	74,55	0,15	11,1825	600	6709,5
Комп'ютер	350	0,1	35	0,3	10,5	300	3150
Принтер	84	0,4	33,6	0,2	6,72	5	33,6
Пилосос	87	0,75	65,25	0,2	13,05	8	104,4
Турнікет	1	0,025	0,025	1	0,025	720	18
Камери відеоспостереження	2	0,012	0,024	1	0,024	720	17,28
						Всього за місяць	27978,996
						Всього за рік	335747,952

На основі отриманих результатів побудуємо діаграму Санкея [4] на рисунку 2.4

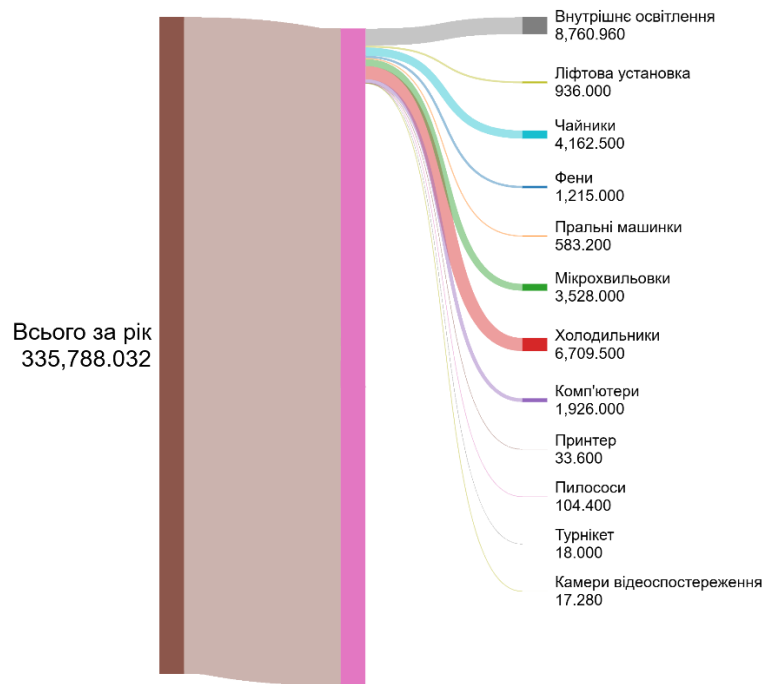


Рисунок 2.4 - Діаграма Санкея балансу споживання електроенергії гуртожитку

Данна діаграма демонструє нам річне споживання електроенергії по гуртожитку. Загальне становить 335 788 кВт · год. Також можна побачити, що основне споживання припадає на холодильники та освітлення.

2.6 Аналіз стану та ефективності систем обліку і моніторингу споживання електричної енергії в гуртожитку

У гуртожитку №19 студмістечка використовується однофазний електролічильник, який призначений для вимірювання обсягів активної електроенергії в побутових електромережах з напругою 220 В і частотою 50 Гц. Він використовується для комерційного обліку електричної енергії. Лічильник може витримувати навантаження до 60 А, що гарантує, що він працюватиме добре в умовах звичайного побутового навантаження.

2.7 Розроблення заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії

Аби підвищити ефективність споживання електричної енергії в гуртожитку, мною пропонується виконати наступні заходи:

- а) замінити наявні люмінесцентні лампи на новіші і ефективніші світлодіодні в коридорах
- б) встановити датчики руху на кухнях та в коридорах

2.7.1 Заміна наявних люмінесцентних ламп на світлодіодні в коридорах

На даний момент система освітлення коридорних приміщень складається з люмінесцентних ламп та світлодіодних. Хоч і було вже частково проведено модернізацію освітлення і деякі лампи вже замінені, проте все ж на даний час лишається багато ламп які все ще необхідно замінити.

Пропонується замінити наявні люмінесцентні лампи на світлодіодні моделі: «Лампа світлодіодна трубчаста L-1200-6400-13 T8 18Вт 6400К G13» представлена на рисунку 2.5



Рисунок 2.5 - Лампа світлодіодна трубчаста L-1200-6400-13 T8 18Вт 6400К G13 [5]

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо річне споживання електричної енергії наявною системою освітлення

$$W_{\text{осв.}} = P \cdot k_{\text{в}} \cdot n \cdot T, \quad (2.11)$$

де P – потужність лампи, кВт;

n – кількість ламп, шт;

T – кількість годин роботи на рік.

Порахуємо спочатку скільки споживають тільки люмінесцентні лампи

Підставимо значення в формулу (2.11) і отримаємо:

$$W_{\text{осв}}^{\text{люм.}} = 0,032 \cdot 0,6 \cdot 203 \cdot 6\,480 = 25\,256 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Тепер розрахуємо споживання тільки для LED ламп, які вже були замінені:

Підставимо значення в формулу (2.11) і отримаємо:

$$W_{\text{осв}}^{\text{LED}} = 0,018 \cdot 0,6 \cdot 84 \cdot 6\,480 = 5\,878 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Отже сумарна споживана потужність буде дорівнювати:

$$W_{\text{осв.заг}} = W_{\text{осв}}^{\text{люм.}} + W_{\text{осв}}^{\text{LED}}. \quad (2.12)$$

Підставимо значення у формулу (2.12) і отримаємо:

$$W_{\text{осв.заг}} = 25\,256 + 5\,878 = 31\,134 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Отже, сумарне споживання системою освітлення гуртожитку на даний момент складає $31\,134 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$

Тепер розрахуємо споживання після повної заміни ламп на світлодіодні.
Сумарна кількість світильників в коридорах складає 287 ламп.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо значення у формулу (2.11) і отримаємо:

$$W_{\text{осв.}} = 0,018 \cdot 0,6 \cdot 287 \cdot 6\,480 = 20\,085 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Тепер можемо порахувати економію за виразом:

$$\Delta W = W_{\text{осв.заг}} - W_{\text{осв.}}. \quad (2.13)$$

Підставимо значення у формулу (2.13) і отримаємо:

$$\Delta W = 31\,134 - 20\,085 = 11\,049 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Отже, наша економія складає $11\,049 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$, що майже в половину менше від поточного споживання.

Тепер порахуємо економію внаслідок реалізації цього заходу за формулою:

$$E = \Delta W \cdot T, \quad (2.14)$$

де T – існуючий тариф на електроенергію, грн/кВт·год

Підставимо значення у формулу (2.14) і отримаємо:

$$E = 11\,049 \cdot 4,32 = 47\,731,68 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на монтаж та закупівлю необхідних ламп складають 39 360 грн.

Розрахуємо тепер простий термін окупності:

$$T = \frac{39\,360}{47\,731,68} = 0,82 \text{ роки.}$$

Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні (LED) аналоги є одним із найбільш економічно обґрунтованих способів зменшити електричне навантаження, яке створює будівля.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У порівнянні з традиційними лампами, світлодіодні джерела світла пропонують стабільне освітлення з еквівалентним світловим потоком, значно менше споживають енергії та мають тривалий термін служби.

Впровадження LED-технологій значно знижує витрати на електроенергію, а також частоту технічного обслуговування та загальну енергоефективність об'єкта. Простий термін окупності люмінесцентних ламп для гуртожитку складлає приблизно 8 місяців, що робить цей захід виправданим та привабливим з економічної точки зору. Такий захід є одним із найперспективніших напрямків оптимізації енергоспоживання, враховуючи загальну площу приміщень і кількість світильників у гуртожитку.

2.7.2 Встановлення датчиків руху в коридорах та на кухнях

Проблема неефективного використання освітлення у студентських гуртожитках є досить поширеною. Зокрема, освітлювальні прилади залишаються увімкненими постійно в місцях загального користування, таких як коридори, сходові клітки та вестибюлі, незалежно від того, скільки людей там. У більшості випадків студенти не вимикають світло після виходу. Це призводить до того, що освітлення працює по 18 годин на добу, що вимагає більшої кількості енергії та підвищує витрати на експлуатацію.

Пропонується впровадити автоматизовану систему керування освітленням на основі датчиків руху, щоб вирішити цю проблему. Ці пристрої реагують на присутність людей, вимикаючи світло, коли є рух, і вимикаючи його через певний проміжок часу, коли немає людей.

Встановимо датчик руху моделі ІЕК ДД 008 [6] зображений на рисунку 2.6

Цей датчик має кут виявлення 180 градусів і реагує на рухи на відстані 12 метрів. Виготовлений з міцного полікарбону він має захист від пилу та води IP 44. Здатен витримати максимально допустиме навантаження до 1100 Вт.

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.6 - Датчик руху моделі ІЕК ДД 008 [6]

Коли датчик вловлює рух, він активується і вмикає світло. Має затримки по спрацюванню від 10 секунд до 7 хвилин, що робить його дуже гнучким у налаштуванні.

Електромеханічне реле активується, коли рух фіксується в межах кута виявлення датчика. Якщо рух більше не фіксується, датчик автоматично вимикає навантаження відповідно до встановленої затримки. Це не тільки економить електроенергію, але й робить освітлення простим як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі. В коридорах та інших місцях загального користування в гуртожитках зазвичай світло горить протягом дня і всієї ночі, оскільки чіткого контролю за його вимкненням немає. Встановлення такого датчику може зекономити нам до 35-40% на час роботи освітлення.

Час роботи світильників на рік становить – 6 480 годин на рік.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою розрахуємо економію електричної енергії:

$$E_{\text{сум}} = P_{\text{заг}} \cdot T_{\text{роб}}, \quad (2.15)$$

де $P_{\text{заг}}$ — сумарна розрахункова потужність світильників;

$T_{\text{роб}}$ — час роботи світильників на рік.

Підставимо значення у формулу (2.15) і отримаємо:

$$E_{\text{сум}} = 5,16 \cdot 6\,480 = 33\,436 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Планується встановити 168 таких датчиків, отже можемо розрахувати річне споживання електричної енергії датчиками руху:

$$W_{\text{датч.}} = P \cdot n \cdot T_{\text{роб.}} \quad (2.16)$$

Підставивши значення у формулу (2.16), отримаємо:

$$W_{\text{датч.}} = 0,001 \cdot 168 \cdot 6\,480 = 1\,088 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Порахуємо споживання електроенергії LED лампами за формулою (2.16):

$$W_{\text{осв.}} = 0,018 \cdot 287 \cdot 669 = 3\,456 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо споживання електричної енергії лампами та датчиками руху:

$$W_{\text{заг.}} = W_{\text{осв.}} + W_{\text{датч.}} \quad (2.17)$$

Підставимо значення у формулу (2.17) і отримаємо:

$$W_{\text{заг.}} = 1\,088 + 3\,456 = 4\,544 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Споживання енергії LED лампами без встановлених датчиків на рік становить:

$$W_{\text{осв.}} = 0,018 \cdot 287 \cdot 0,6 \cdot 6\,480 = 20\,085 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо економію електроенергії після встановлення датчиків:

$$\Delta W = 20\,085 - 4\,544 = 15\,541 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Одержана економія внаслідок встановлення датчиків:

$$E = 15\,541 \cdot 4,32 = 67\,137 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Сумарні витрати на встановлення датчиків руху будуть становити близько 84 480 тисяч гривень. Тепер можна порахувати простий термін окупності.

Розрахуємо простий термін окупності на встановлення датчиків руху:

$$T = \frac{84\,480}{67\,137} = 1,2 \text{ роки}$$

Роблячи підсумки згідно вище наданих розрахунків, можна зробити висновок, що встановлення датчиків руху є економічно вигідним для гуртожитку №19.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

Отже, за результатами аналізу схеми електропостачання гуртожитку та оцінки реального споживання електроенергії було виявлено низку технічних недоліків. Крім того, було виявлено можливості для покращення функціонування системи.

Виявлені проблеми вказують на те, що модернізація електричних мереж і впровадження енергоефективних рішень є необхідним для оптимізації споживання енергії, а також для забезпечення безпечної та стабільної роботи інфраструктури гуртожитку.

Аби покращити ситуацію і зробити гуртожиток більш енергозберігаючим, мною були запропоновані такі заходи з енергозбереження:

- заміна всіх люмінісцентних ламп на світлодіодні
- встановити датчики руху на кухнях та в коридорах

Данні заходи зменшать загальне споживання електроенергії системою освітлення, та покращать умови проживання для студентів в гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

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

Енергоефективність будівель є важливою частиною концепції сталого розвитку, оскільки вона зменшує споживання енергоресурсів, знижує витрати на опалення, вентиляцію та кондиціювання повітря та створює приємний мікроклімат для мешканців. Рациональне використання енергії в будівлях має важливе економічне та екологічне значення, оскільки це зменшує викиди парникових газів і навантаження на енергетичну систему країни.

Законодавство та стандарти, які регулюють вимоги до енергоефективності на всіх етапах життєвого циклу будівлі, від проектування та будівництва до експлуатації та реконструкції, надзвичайно важливі.

Дотримання цих правил гарантує високий рівень енергоефективності та довгострокову надійність інженерних рішень

Проведення енергетичних аудитів є важливим обов'язком. Вони дозволяють виявити можливості для підвищення ефективності використання енергії в будівлях. Крім того, закон передбачає надання грошових стимулів для модернізації об'єктів, таких як пільгове фінансування, субсидії або податкові знижки. Це вимагає від постачальників енергії брати участь у програмах підвищення енергоефективності.

У цілому ці дії сприяють створенню національної системи управління енергією та створюють умови для досягнення енергетичної стійкості країни.

Важливими нормативними актами, що регулюють вимоги до енергоефективності та мікроклімату будівель, є :

					ОН-1113.00.012 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ				Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Крижановський І.О.									
Перевірив		Шовкалюк М.М								46	118
Реценз.									КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.									
Затверд.											

- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Цей документ визначає кліматичні параметри, які необхідно враховувати під час планування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Документ визначає стандарти зовнішнього повітря, які безпосередньо впливають на визначення енергетичних навантажень. Ці стандарти застосовуються до різних регіонів України.
- ДБН В.2.5-67:2013 регулює санітарно-гігієнічні вимоги до мікроклімату у приміщеннях, зокрема температурні, вологісні та вентиляційні параметри, необхідні для створення комфортного середовища в будівлі, а також вимоги до інженерних систем.
- ДСТУ ISO 50002:2016 "Енергетичні аудити. Вимоги та настанови" — визначає загальні підходи, вимоги та структуру до проведення енергетичних аудитів, включаючи вимірювання, аналіз та оцінку енергоспоживання будівель, систем та обладнання. Документ є важливим інструментом для впровадження системного енергоменеджменту.

Незважаючи на те, що в Україні є нормативна база та окремі заходи, які впроваджуються на державному рівні, велика частина будівельного фонду все ще не відповідає сучасним стандартам енергоефективності. Обмежене фінансування, нестача матеріальних і технічних ресурсів, низька обізнаність населення щодо переваг і можливостей впровадження енергоощадних технологій є основними перешкодами на шляху широкомасштабної модернізації.

Стан старих будівель, які були зведені без урахування сучасних вимог щодо теплозахисту та енергоефективності, є незадовільним з точки зору енергоефективності. Удосконалення їх вимагає значних фінансових вкладень, щоб завершити комплексний капітальний ремонт, який включає утеплення огорожувальних конструкцій, заміну інженерних систем і впровадження автоматизованих систем обліку.

З цієї причини необхідно збільшити державну підтримку, інвестиції та програми інформаційно-просвітницького характеру, щоб сприяти впровадженню енергоефективних рішень.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Визначення теплового навантаження гуртожитку №19

Зовнішні стіни, покрівля, підлоги та віконні блоки будівлі служать бар'єрами між внутрішнім простором гуртожитку та навколишнім середовищем. Вони не лише захищають будинок від несприятливих кліматичних впливів, але й забезпечують збереження теплової енергії, що є критично важливим для досягнення належного рівня енергоефективності.

Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій залежать від складу, властивостей матеріалів, які використовувалися під час будівництва, конструктивної товщини та якості монтажу. Для визначення рівня тепловтрат будівлі ці параметри мають вирішальне значення. Вони також впливають на величину теплового навантаження, необхідного для підтримки стабільного мікроклімату в приміщенні.

Розрахунок теплового навантаження дозволив оцінити енерговитрати з урахуванням фактичного стану зовнішніх огорожувальних конструкцій та розробити подальші рекомендації для зменшення втрат.

Мінімально допустимі значення опору теплопередачі для огорожувальних конструкцій визначаються відповідно до вимог [7]. Ці нормативи враховуються при оцінці енергоефективності будівлі та обґрунтуванні необхідності додаткового утеплення.

Сумарна площа зовнішніх стін будівлі гуртожитку складає 6156,32 м²

Зовнішні стіни гуртожитку №19 складаються з певних шарів цегли і бетону. А саме:

- Цегла керамічна порожниста густиною 1400 кг/м³, $\lambda = 0,64 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, товщина $\delta = 0,38$ м;
- Розчин цементно-піщаний $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ товщина $\delta = 0,01$ м;
- Розчин вапняно-піщаний $\lambda = 0, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, товщина $\delta = 0,01$ м;
- Плити керамічні $\lambda = 1,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, товщина $\delta = 0,01$ м;

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо термічний опір зовнішніх стін за формулою:

$$R_c = \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{si}}. \quad (3.1)$$

де λ_i – коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

δ - товщина відповідного шару, м;

h_{si} – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до стінки, який приймається згідно з ДСТУ 9191:2021 і дорівнює $8,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

h_{se} – коефіцієнт тепловіддачі від стіни до зовнішнього повітря, який приймається згідно з ДСТУ 9191:2021 і дорівнює $23 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Підставляємо значення у формулу (3.1) і отримаємо

$$R_c = \frac{1}{8.7} + \frac{0.38}{0.65} + \frac{0.01}{0.81} + \frac{0.01}{0.93} + \frac{0.01}{1.1} + \frac{1}{23} = 0.775 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Згідно [7] для температурної зони І, мінімально допустимий термічний опір для зовнішніх огорожувальних конструкцій становить $R_{qmin} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі стін за формулою:

$$k_c = \frac{1}{R_c}. \quad (3.2)$$

Підставимо значення у формулу (3.2) і отримаємо:

$$k_c = \frac{1}{0.775} = 1,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Результати теплотехнічного аналізу показали, що опір теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі нижче мінімальних нормативних значень. Це вказує на те, що зовнішні огороження не мають достатніх теплозахисних властивостей, що призводить до підвищених тепловтрат і нераціонального використання енергетичних ресурсів.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.1 Світлопрозорі огорожувальні конструкції

У будинку встановлено сучасні металопластикові віконні конструкції з двокамерними енергозберігаючими склопакетами, що зменшує теплові втрати через огороження. Загальна площа 2465,1 квадратних метрів світлопрозорих елементів фасаду є важливою для визначення теплового балансу та енергоефективності будівлі.

Опір теплопередачі металопластикових вікон становить: $R_{\text{м.вік}} = 0,45 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$, для дерев'яних вікон становить $R_{\text{дерев..вік}} = 0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікна

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

Коефіцієнт опору теплопередачі для металопластикових вікон буде розраховуватися за формулою (3.2):

$$k_{\text{м.вік.}} = \frac{1}{0,45} = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт опору теплопередачі для дерев'яних вікон вікон буде розраховуватися за формулою (3.2):

$$k_{\text{дерев.вік.}} = \frac{1}{0,35} = 2,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Звідси слідує, що $R_{\text{вік}} < R_{q \min}$, результат не відповідає ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"

Проведена оцінка теплотехнічного стану зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі показала, що фактичні значення опору теплопередачі не відповідають мінімально допустимим нормам, визначеним чинними будівельними стандартами.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надмірні тепловтрати виникають через низький рівень теплозахисних властивостей стін, покрівлі та інших зовнішніх елементів, що негативно впливає на енергоефективність об'єкта та комфортне проживання мешканців. Це означає, що необхідно впровадити низку заходів із термомодернізації. Найважливішим із цих заходів є підвищення опору теплопередачі зовнішніх огорожень шляхом утеплення конструкцій за допомогою сучасних теплоізоляційних матеріалів.

3.2.2 Дверні конструкції

Термічний опір дерев'яних конструкцій:

$$R_{\text{дд}} = 0,4 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір металевих конструкцій буде становити:

$$R_{\text{мд}} = 0,34 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі дверей дерев'яних:

$$k_{\text{дд}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі дверей металевих:

$$k_{\text{мд}} = \frac{1}{0,34} = 2,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Мінімальний термічний опір для дверей першої температурної зони становить:

$$R_{\text{д}} = 0,7 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведений порівняльний аналіз показав, що значення термічного опору дерев'яних і металевих дверних конструкцій не відповідають вимогам чинних стандартів. У результаті теплозахисні властивості наявних дверей недостатні.

Для покращення енергетичних характеристик будівлі доцільно вжити заходів, спрямованих на економію енергії. Зокрема, це може включати заміну існуючих дверей теплоізованими моделями з підвищеним опором теплопередачі або додаткове утеплення та ущільнення існуючих конструкцій.

3.2.3 Переkritтя даху

Переkritтя даху складається з кількох шарів:

- залізобетонні плити $\lambda = 1,69 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, з товщиною $\delta = 0,22\text{м}$;
- бетонна стяжка $\lambda = 0,025 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, з товщиною $\delta = 0,85\text{м}$.
- шар щебню $\lambda = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, з товщиною $\delta = 0,12\text{ м}$

Порахуємо термічний опір даху за формулою (3.1):

$$R_{\text{даху}} = \frac{1}{10} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,25}{0,85} + \frac{0,15}{0,17} + \frac{1}{6} = 1,57 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі становить:

$$k_{\text{даху}} = \frac{1}{1,57} = 0,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Згідно [8], для І-ї температурної зони, термічний опір переkritтя становить:

$$R_{qmin} = 6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Згідно з аналізом теплотехнічного стану зовнішніх огорожувальних конструкцій, реальна опір теплопередачі не досягає нормативних мінімумів. Це показує, що теплозахисні властивості будівельних матеріалів недостатні, що призводить до більших тепловтрат.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Утеплення зовнішніх стін, покрівлі та інших компонентів огороження з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів є необхідною мірою для забезпечення належного рівня енергоефективності.

3.2.4 Підлога над неопалювальним підвалом

Підлога гуртожитку №19 складається з наступних шарів:

- залізобетонні плити $\lambda = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ [8], з товщиною $\delta = 0,02\text{м}$;
- бетонна стяжка $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ [8], з товщиною $\delta = 0,02\text{м}$;
- лінолеум одношаровий $\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\lambda = 21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ [8] з товщиною
 - $\delta = 0,03 \text{ м}$.

Порахуємо за формулою (3.1), термічний опір підлоги:

$$R_{\text{підл.}} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,02}{2,04} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{6} = 0,65 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Згідно [7], для першої температурної зони, термічний опір для підлоги становить:

$$R_{qmin} = 5 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порахуємо коефіцієнт теплопередачі підлоги

$$k_{\text{підлоги}} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Проведений аналіз показав, що підлога над неопалюваним підвалом не забезпечує необхідних рівнів термічного опору відповідно до чинних будівельних норм.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недостатня теплоізоляція конструкції призводить до значних тепловтрат у приміщеннях першого поверху, що впливає на енергоефективність будівлі та тепловий комфорт мешканців. У результаті підлога потребує додаткового утеплення, щоб підвищити її термічну стійкість і зменшити витрати на опалення.

3.2.5 Визначення тепловтрат для окремих типів огороджувальних конструкцій

Будемо визначати втрату тепла через зовнішні стіни за формулою:

$$Q_{\text{стін}} = \sum K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{ст}}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнти тепловтрат, які використовуються для розрахунку зведених тепловтрат через зовнішні стіни будівлі, розраховуються залежно від того, як стіни орієнтовані навколо світу.

Наступні значення поправочного коефіцієнта (β) показують ступінь теплових втрат внаслідок впливу вітру та сонячної інсоляції:

- для стін північно-східної, північно-західної та північної — 10 %;
- для стін сходу, заходу, південно-сходу та південно-заходу — 5 %;
- для південної стіни — 0%, оскільки вона найбільше піддається сонячному прогріву та має найменші вітрові втрати.

Такий метод дозволяє враховувати нерівномірність теплових втрат через стіни залежно від їх розташування, що є важливою частиною точного теплотехнічного моделювання.

Для розрахунків теплотехніки були використані наступні граничні умови: температура повітря всередині приміщень становить +18 °С, а зовнішня температура становить –22 °С протягом зимового періоду. Температурний перепад визначається за допомогою цих цифр, що є важливим компонентом для визначення тепловтрат через зовнішні огороджувальні конструкції.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки будівля має складну геометрію фасадів, площа кожної орієнтованої стіни була окремо визначена. Це дозволяє використовувати відповідні поправочні коефіцієнти (β) для кожної орієнтації, враховуючи вплив просторового положення кожної поверхні на інтенсивність тепловтрат. Наступні значення площ були отримані:

- Північна стіна (Пн) займає площу 1118,04 м²;
- Північно-східна стіна (ПнСх) становить 84,96 м²;
- Північно-західна стіна (ПнЗах) становить 1520,04 м²;
- Південна стіна (Пд) становить 1052,16 м²;
- Південно-східна стіна (ПдСх) становить 1253,12 м²;
- Південно-західна стіна (ПдЗ) займає площу 562,20 м²;
- Східна стіна (Сх) займає площу 565,80 м².

За формулою (3.3) підставимо значення і отримаємо:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{стін}} &= 1,29 \cdot ((1118,04 + 84,96 + 1520,04) \cdot 1,1 + 1052,16 + \\
 &\quad + (1253,12 + 562,2 + 565,8) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) = \\
 &= 296,653 \text{ кВт} = 0,26 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}
 \end{aligned}$$

Порахуємо втрати тепла через вікна:

$$Q_{\text{вік}} = \sum K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{вік}} \quad (3.4)$$

Відповідно до орієнтації віконних прорізів відносно сторін світу, загальна площа віконних прорізів була визначена під час процесу розрахунку тепловтрат через світлопрозорі конструкції. При подальших теплотехнічних розрахунках площі вікон групуються за напрямками. Це дозволяє врахувати вплив інсоляції та вітрового навантаження. Таким чином, розподіл буде:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вікна на північний фасад (Пн) займають 502,94 м²;
- Вхідні двері на північно-західну сторону (ПнЗ) становлять 268,07 м²;
- На південному фасаді (Пд) є вікна площею 502,94 м²;
- Вікна розташовані в південно-східній орієнтації (ПдСх) – 188,07 м²;
- На південно-західному фасаді (ПдЗ) є вікна площею 248,62 м²;
- Вікна, орієнтовані на схід (Сх), займають 71,94 м².

Такий поділ дозволяє враховувати теплові втрати через вікна залежно від їх орієнтації. Це важлива частина загального енергетичного балансу будівлі.

Підставимо значення у формулу(3.4) і отримаємо тепловтрати через дерев'яні вікна:

$$Q_{\text{дерев.вік}} = 2,8 \cdot (198,07 + 1994,67) \cdot 1,1 + 173,47 + 176 \cdot 1,05 \cdot (18 + 22) \\ = 8,803 \text{ кВт} = 0,01 \text{ Гкал/рік}$$

Тепер за формулою (3.4) порахуємо тепловтрати через металопластикові вікна:

$$Q_{\text{мп.вік}} = 2,2 \cdot (304,87 + 487,79) \cdot 1,1 + 329,47 + (71,95 + 268,07 + 188,07 + 71,95) \\ \cdot 1,05 \cdot (18 + 22) = 89,9 \text{ кВт} = 0,08 \text{ Гкал/рік}$$

Порахуємо тепловтрати для вхідних дверей будівлі:

$$Q_{\text{дв}} = \sum K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{дв}}. \quad (3.5)$$

Тепловтрати дерев'яних дверей порахуємо за формулою (3.5) і отримаємо:

$$Q_{\text{дв.дерев.}} = 2,5 \cdot 12 \cdot (18 + 22) = 1,2 \text{ кВт} = 0,0009 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловтрати металевих дверей порахуємо за формулою (3.5) і отримаємо:

$$Q_{\text{дв.дерев.}} = 2,9 \cdot 12 \cdot (18 + 22) = 1,392 \text{ кВт} = 0,00086 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Для горища втрати теплоти будуть розраховуватися за формулою:

$$Q_{\text{гор}} = \sum K_{\text{гор}} \cdot F_{\text{гор}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{гор}}. \quad (3.6)$$

Підставимо данні у формулу (3.6) і отримаємо:

$$Q_{\text{гор}} = 1,57 \cdot 1533,2 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 96,284 \text{ кВт} = 0,08 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Порахуємо втрати теплоти через підлогу гуртожитку:

$$Q_{\text{підл.}} = \sum K_{\text{підл.}} \cdot F_{\text{підл.}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{підл.}} \quad (3.7)$$

Підставимо значення у формулу (3.7) і отримаємо:

$$Q_{\text{підл.}} = 0,65 \cdot 1533,2 \cdot (18 + 22) \cdot 0,6 = 3,983 \text{ кВт} = 0,003 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Порахуємо загальні тепловтрати огорожувальних конструкцій за формулою:

$$Q_{\text{огор.}} = Q_{\text{стін}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{підл.}} \quad (3.8)$$

Підставимо данні у формулу (3.8) і отримаємо:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{огор.}} = 296,653 + 8,803 + 89,908 + 1,2 + 1,392 + 3,983 + 96,284 =$$

$$498,224 \text{ кВт} = 0,43 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Порахуємо втрати через природну вентиляцію за формулою:

$$Q_{\text{вент.}} = 0,337 \cdot V_0 \cdot 0,6 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \quad (3.9)$$

де V_0 – опалювальний об'єм житлових приміщень в гуртожитку і дорівнює
 $V_0 = 52057$

Підставимо данні у формулу (3.9) і отримаємо:

$$Q_{\text{вент.}} = 0,337 \cdot 52057 \cdot 0,6 \cdot (18 + 22) = 421 \, 037 \text{ кВт} = 0,36 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Для отримання повного значення сумарних тепловтрат будівлі необхідно врахувати втрати тепла через природну вентиляцію та огорожувальні конструкції. Таким чином, загальне теплове навантаження складається з суми тепловтрат через стіни, вікна, дах, підлогу та втрати, пов'язані з обміном повітря між внутрішньою та зовнішньою частиною.

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{вент.}} + Q_{\text{огор.}} \quad (3.10)$$

Підставимо значення у формулу (3.10) і отримаємо:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\Sigma} = 421,037 + 498,224 = 919,261 \text{ кВт} = 0,4 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Занесемо отримані данні в таблицю 3.1:

Таблиця 3.2 – Тепловтрати огорожувальних конструкцій гуртожитку №19

Найменування	Орієнтація	Площа, м ²	Термічний опір, $\frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$	Коефіцієнт теплопереда чі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$	$1+\sum \beta$	Тепловтрати, Вт
Стіни	Пн	1118,04	0,775	1,29	1,1	296653,1904
	ПнСх	84,96				
	ПнЗах	1520,04				
	Пд	1052,16			1	
	ПдСх	1253,12			1,05	
	ПдЗах	562,2				
	Сх	565,8				
Вікна дерев'яні	Пн	198,07	0,35	2,8	1,1	8803,2492
	ПнСх	194,67			1	
	Пд	173,47			1,05	
	ПдЗах	176,67				
Вікна металопластикові	Пн	304,87	0,45	2,2	1,1	89908,288
	ПнСх	487,79			1	
	Пд	329,47			1,05	
	ПдЗах	71,95				
	ПнЗах	268,07				
	ПдСх	188,07				
	Сх	71,95				
Двері дерев'яні	Пд	12	0,4	2,5	1	1200
Двері металеві	Пд	12	0,34	2,9	1	1392
Підлога		153,2	1,54	0,65	0,6	3983,2
Дах		1533,2	0,63	1,57	1	96284,96
Вентиляція						421 037
ВСЬОГО						919,261

Для демонстрації розподілу теплових втрат через огорожувальні елементи будівлі та систему вентиляції, створено діаграму, що представлена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції та вентиляцію

Теплотехнічний аналіз огорожувальних конструкцій і вентиляційної системи гуртожитку №19 показав сумарні тепловтрати будівлі 919 261 кВт. Найбільші втрати теплової енергії відбуваються через зовнішні стіни та вентиляцію. Це пояснюється великою загальною площею стін та відносно невисоким значенням термічного опору. Помітною також є величина тепловтрат через вікна, зокрема металопластикові і дерев'яні. Незважаючи на кращі теплоізоляційні характеристики металопластикових вікон, вони мають великі тепловтрати, через те, що вони відносно старі і їх кількість дуже велика. Багато металопластикових вікон не відрегульовані належним чином, мають щілини, через які виходить тепло. Дерев'яні вікна також мають великі тепловтрати. Це спричинене їх станом, оскільки всі дерев'яні вікна дуже старі і мають великі щілини, через які також здійснюються тепловтрати.

Основні напрямки для зменшення теплових втрат полягають у підвищенні теплозахисних властивостей стін, даху та вікон, що дозволить знизити навантаження на систему опалення та забезпечити комфортні умови проживання мешканцям.

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності гуртожитку № 19

3.3.1 Утеплення конструкцій зовнішніх стін мінеральною ватою

Заходи з термомодернізації зовнішніх стін гуртожитку можуть підвищити енергоефективність будівлі.

Огляд технічного стану огорожувальних конструкцій виявив багато дефектів, включаючи пошкодження захисного шару, місцеві відшарування та тріщини, які впливають на теплотехнічні властивості фасадів.

Розрахунок показав, що приведений опір теплопередачі стін не відповідає мінімальним нормативним вимогам чинних будівельних норм.

Запропонований ізоляційний шар може значно покращити характеристики теплозахисту огорожувальних конструкцій. Після термомодернізації розрахункове значення приведенного опору теплопередачі відповідатиме чинним нормативам. Це призведе до зменшення тепловтрат, підвищення енергоефективності та покращення мікроклімату в приміщеннях гуртожитку. З огляду на стан будівлі та можливості енергозбереження, цей захід є технічно обґрунтованим і економічно доцільним.

Наразі опір теплопередачі становить:

$$R_{\text{ст}} = 0,775 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Аби задовільнити вимоги ДБН «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [7], необхідно, щоб значення опору теплопередачі дорівнювало

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

Обравши за виробника мінеральної вати Rockwool Frontrock Super (див. рисунок 3.2) [9], визначимо, що оптимальна товщина буде 150 мм, а густина $150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [9].

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – Мінеральна вата Rockwool Frontrock Super [9]

Заплановано теплоізоляцію 6156,32 кв. м зовнішніх стін гуртожитку.

За формулою (3.1) визначимо термічний опір стін після проведення заходу:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,38}{0,65} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{0,15}{0,042} + \frac{1}{8,7} = 4,32 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Згідно ДБН [7] $R_{\text{ст}} \geq R_{q \text{ min ст}}$, а отже після проведення заходу, наші стіни відповідають значенню мінімального опору теплопередачі.

За формулою (3.2), розрахуємо коефіцієнт теплопровідності для зовнішніх стін гуртожитку:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{4,32} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Розрахунок зменшення теплових втрат через зовнішні стіни після теплоізоляції було виконано з метою оцінки ефективності впровадження заходів з утеплення фасадів будівлі. Таким чином можна оцінити річну економію енергоресурсів, яку можна досягти за допомогою підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнявши теплові втрати до та після утеплення, можна визначити, наскільки багато тепла споживається. Це допоможе зробити подальші розрахунки щодо економії тепла та, як наслідок, фінансових витрат. Цей показник має вирішальне значення для визначення того, скільки часу знадобиться для завершення проекту термомодернізації та чи варто інвестувати гроші в підвищення енергоефективності будівлі.

Тепер ми можемо розрахувати тепловтрати через зовнішні стіни після проведення заходу:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = \sum \left(\frac{1}{R_{\text{ст}}} - \frac{1}{R_{\text{ст н}}} \right) \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}}) \cdot b_u \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{ст}}. \quad (3.11)$$

Підставимо значення у формулу (3.11) і отримаємо:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = \left(\frac{1}{0,775} - \frac{1}{4,35} \right) \cdot ((1118,04 + 84,96 + 1520,04) \cdot 1,1 + 1052,16 + (1253,12 + 562,2 + 565,8) \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 286,758 \text{ кВт} = 0,25 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Річну економію теплової енергії розрахуємо за формулою:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ст н}} = \Delta Q_{\text{ст}} \cdot \frac{t_{\text{вн.}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.12)$$

Підставимо значення у формулу (3.12) і отримаємо:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ст н}} = 286758 \cdot \frac{18+0,1}{18+22} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 471,279 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо річну економію коштів за формулою:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E_{\text{зс}} = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ст н}} \cdot T \quad (3.13)$$

Візьмемо тариф за теплову енергію $T = 1654 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}$ та підставимо значення у формулу (3.13)

$$\Delta E_{\text{зс}} = 471,279 \cdot 1654 = 779,495 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Тепер ми можемо розрахувати простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E_{\text{зс}}} \quad (3.14)$$

де I – інвестиції, які необхідні для реалізації заходу.

Підставимо значення у формулу (3.14):

$$T_{\text{ок}} = \frac{4890000}{779\,495} = 6,2 \text{ років}$$

Для того, щоб повністю зрозуміти, наскільки ефективними є заходи термомодернізації, доцільно провести розрахунок терміну окупності інвестицій. Це можна зробити, використовуючи як розраховану річну економію теплової енергії, так і фактичний тариф на тепlopостачання, який діє під час реалізації проекту. Цей метод дозволяє дати економічно обґрунтовану оцінку доцільності впровадження утеплення та визначити, скільки часу потрібно, щоб повністю повернути вкладені кошти.

Тарифна ставка на теплову енергію має важливе значення для розрахунків, оскільки вона прямо впливає на прибуток проекту. Для створення реалістичної моделі ефективності та адаптації проекту до змін вартості енергоносіїв у майбутньому необхідно враховувати поточний тариф.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підрахуємо термін окупності для обґрунтованого тарифу за формулою (3.13):

$$\Delta E_T = 471,279 \cdot 3752,99 = 1\,768\,705 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Тоді простий термін окупності для обґрунтованого тарифу буде визначатись за формулою (3.14):

$$T_{\text{ок}} = \frac{4890000}{1\,768\,705} = 2,7 \text{ роки}$$

Аналіз отриманих результатів щодо терміну окупності показує, що впровадження запропонованого заходу з підвищення енергоефективності є доцільним і економічно обґрунтованим. Відносно короткий термін окупності вказує на те, що інвестиції, необхідні для реалізації цього проекту, повернуться за рахунок зменшення витрат на енергоресурси в короткий термін.

Цей захід економить гроші як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, оскільки він сприяє зниженню енергетичного навантаження будівлі. Подібні заходи також можуть закласти основу для подальшого розвитку системи енергоменеджменту та служити прикладом для впровадження таких рішень в інших об'єктах житлового фонду.

Наведемо економічні показники нашого проекту у таблиці 3.3:

Таблиця 3.3 - Економічні показники проекту

Часовий горизонт проекту, роки	Капітальні витрати, тис.грн	Щорічні експлуатаційні витрати тис. грн.	Щорічна економія від впровадження проекту, тис.грн	Ставка дисконту ,%
30	4890	10	780	15,5

В середовищі Excel розрахуємо фінансові показники для нашого проєкту і представимо їх в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Фінансові показники проєкту

Рік	Капітальні витрати, тис. грн.	Експлуатаційні витрати, тис. грн.	Вигоди, тис. грн	Грошовий потік (CF), тис. грн	Кумулятивний грошовий потік, тис. грн	Кі 15,5 %	Дисконт. Грошовий потік, тис. грн	Дисконт. Кумулят. Грошовий потік, тис. грн
0	4890	0	0	-4890	-4890	1,00	-4890,000	-4890,000
1		10	780	770	-4120	0,87	666,667	-4223,333
2		10	780	770	-3350	0,75	577,201	-3646,133
3		10	780	770	-2580	0,65	499,741	-3146,392
4		10	780	770	-1810	0,56	432,676	-2713,716
5		10	780	770	-1040	0,49	374,611	-2339,105
6		10	780	770	-270	0,42	324,339	-2014,766
7		10	780	770	500	0,36	280,813	-1733,953
8		10	780	770	1270	0,32	243,128	-1490,825
9		10	780	770	2040	0,27	210,500	-1280,325
10		10	780	770	2810	0,24	182,251	-1098,074
11		10	780	770	3580	0,20	157,793	-940,280
12		10	780	770	4350	0,18	136,618	-803,662
13		10	780	770	5120	0,15	118,284	-685,379
14		10	780	770	5890	0,13	102,410	-582,969
15		10	780	770	6660	0,12	88,667	-494,302
16		10	780	770	7430	0,10	76,768	-417,534
17		10	780	770	8200	0,09	66,466	-351,068
18		10	780	770	8970	0,07	57,546	-293,522
19		10	780	770	9740	0,06	49,823	-243,699
20		10	780	770	10510	0,06	43,137	-200,562
21		10	780	770	11280	0,05	37,348	-163,214
22		10	780	770	12050	0,04	32,336	-130,878
23		10	780	770	12820	0,04	27,997	-102,881
24		10	780	770	13590	0,03	24,239	-78,642
25		10	780	770	14360	0,03	20,987	-57,655
26		10	780	770	15130	0,02	18,170	-39,485
27		10	780	770	15900	0,02	15,732	-23,753
28		10	780	770	16670	0,02	13,621	-10,133
29		10	780	770	17440	0,02	11,793	1,660
30		10	780	770	18210	0,01	10,210	11,870

Розрахуємо внутрішню норму рентабельності нашого проєкту і результати занесемо до таблиці 3.5:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Таблиця 3.5– Внутрішня норма рентабельності проєкту

Рік	Грошовий потік (CF), тис. грн	20%		26%	
		Коефіцієнт дисконту	Дисконт. Грошовий потік, тис. грн	Коефіцієнт дисконту	Дисконт. Грошовий потік, тис. грн
0	-4890	1	-4890	1	-4890
1	770	0,8	616	0,769230769	592,3076923
2	770	0,694444	534,7222222	0,591715976	455,6213018
3	770	0,512	394,24	0,455166136	350,4779244
4	770	0,4096	315,392	0,350127797	269,5984034
5	770	0,32768	252,3136	0,269329074	207,3833872
6	770	0,262144	201,85088	0,207176211	159,5256825
7	770	0,209715	161,480704	0,159366316	122,7120635
8	770	0,167772	129,1845632	0,122589474	94,39389497
9	770	0,134218	103,3476506	0,094299595	72,61068844
10	770	0,107374	82,67812045	0,07253815	55,85437572
11	770	0,085899	66,14249636	0,055798577	42,9649044
12	770	0,068719	52,91399709	0,042921982	33,04992646
13	770	0,054976	42,33119767	0,03301691	25,42302036
14	770	0,04398	33,86495814	0,025397623	19,5561695
15	770	0,035184	27,09196651	0,019536633	15,04320731
16	770	0,028147	21,67357321	0,015028179	11,57169793
17	771	0,022518	17,36137656	0,011560138	8,912866239
18	772	0,018014	13,90711565	0,008892414	6,864943367
19	773	0,014412	11,14010404	0,006840318	5,287565985
20	774	0,011529	8,923612446	0,005261783	4,072620233
21	775	0,009223	7,148113329	0,004047526	3,13683232
22	776	0,007379	5,72586936	0,003113481	2,41606142
23	777	0,005903	4,586598446	0,002394986	1,86090377
24	778	0,004722	3,674001124	0,001842297	1,433306735
25	779	0,003778	2,942978792	0,001417151	1,103960794
26	780	0,003022	2,357405348	0,001090116	0,850290727
27	781	0,002418	1,88834213	0,000838551	0,654908341
28	782	0,001934	1,512607986	0,000645039	0,504420686
29	783	0,001547	1,211633813	0,000496184	0,388512096
30	784	0,001238	0,970544991	0,00038168	0,299237139

Простий термін окупності: 6 років і 4 місяців

Чиста приведена вартість проєкту: 11 870 грн

Динамічний термін окупності: 28 років і 1 місяць

Внутрішня норма прибутку: 15,45%

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо внутрішню норму прибутку IRR і представимо її на графіку на рисунку 3.3.

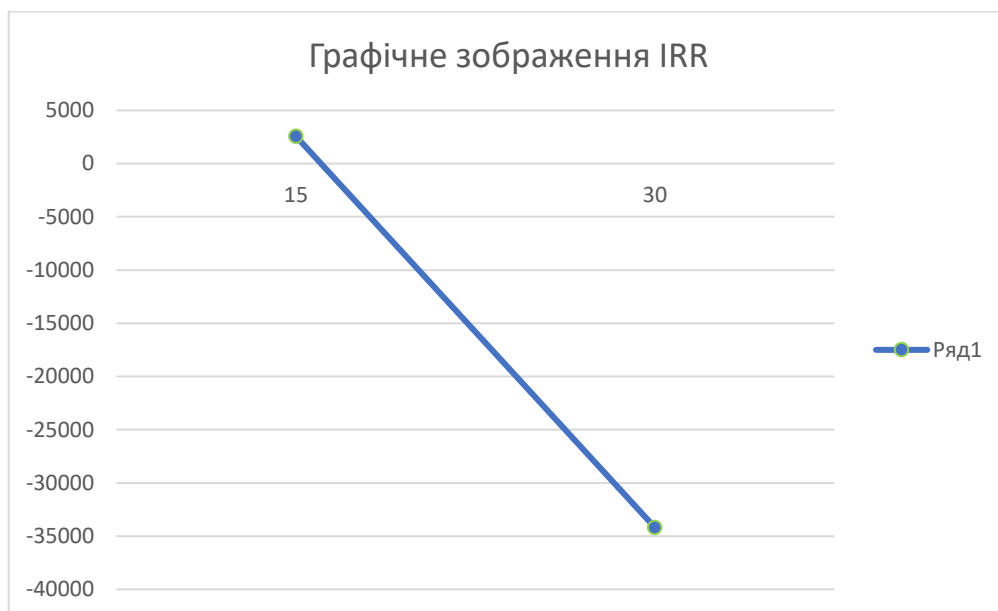


Рисунок 3.3 – Графічне зображення внутрішньої норми прибутку

3.3.1.1 Ризики проєкту з утеплення зовнішніх стін гуртожитку

Кожен проєкт має на меті досягти певних цілей, але для того, щоб досягти успіху, необхідно враховувати ризики та проблеми, які можуть виникнути на шляху до успіху. Управління проєктом неможливе без оцінки можливих небезпек, які можуть вплинути на очікувані результати. Інвестиційні коливання, зміни в економічному середовищі та варіативність ставки дисконтування є основними факторами ризику, які доцільно розглянути в контексті цього проєкту.

Перш за все, слід звернути увагу на ймовірність того, що структура інвестицій зміниться. Зміна джерел фінансування, політична нестабільність, коливання ринкових умов або зменшення доступності кредитних ресурсів є кількома з причин, які можуть вплинути на фінансування, як у внутрішній, так і у зовнішній економіці.

Крім того, макроекономічні зміни, такі як зростання інфляції, підвищення цін на будівельні матеріали, енергоносії чи зміни валютного курсу, можуть значно вплинути на вартість проекту та очікувану економічну ефективність. Це вимагає впровадження адаптивного методу управління ресурсами та регулярного перегляду бюджету.

Ставка дисконту, яка використовується для розрахунку економічних показників, таких як чиста приведена вартість (NPV) та дисконтований період окупності, також є важливою змінною. Її зміна прямо впливає на оцінку фінансової доцільності інвестицій і їх довгострокової ефективності.

Незважаючи на перелічені ризики, більшість загроз можна не лише передбачити, але й ефективно нейтралізувати за допомогою ефективного стратегічного планування та впровадження системи управління ризиками. Аналіз чутливості дозволяє оцінити вплив зміни важливих параметрів на результати проекту, що підвищує легітимність рішень керівників.

Аналіз чутливості вивчав, як зміни входних параметрів впливають на коливання основних показників проекту: внутрішньої норми прибутковості (IRR), чистої приведеної вартості (NPV), простого та дисконтованого термінів окупності. Розрахунки проводяться в діапазоні плюс-мінус двадцять відсотків із кроком десять відсотків, що дозволяє оцінити надійність і стабільність проекту в умовах економічної невизначеності.

Покажемо розрахунок чутливості показників IRR та NPV у таблиці 3.6:

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Розрахунок чутливості основних показників IRR та NPV

	Зменшення			Збільшення	
	20%	10%	Базовий рівень	10%	20%
Капітальні витрати					
NPV	989,8701402	500,8701402	11,87	-477,1299	-966,12986
IRR	8,905097482	12,95321579	15,45	17,146351	18,37212146
Вигода					
NPV	-552,2154065	-484,682939	11,87	508,42322	1004,976298
IRR	17,35955193	17,16827228	15,45	12,90532	8,739656029
Відсоткова ставка					
NPV	1133,434529	537,9426435	11,87	-3797,802	-775,014222
IRR	7,191791138	12,71470903	15,45	21,766327	17,93576926

На основі таблиці 3.7,можемо побудувати графіки

Представимо на рисунку 3.4 Вплив змін економічних параметрів на чисту приведену вартість

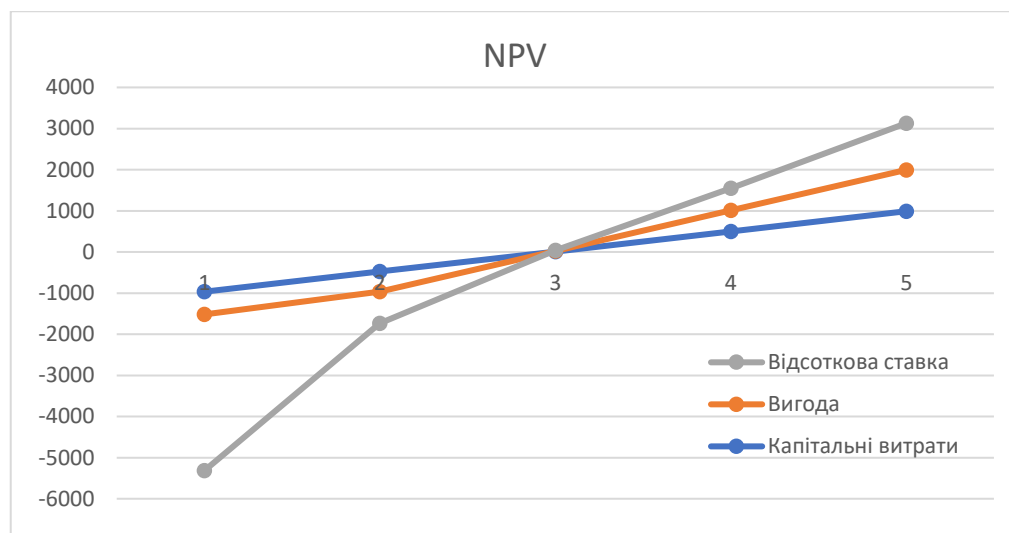


Рисунок 3.4 - Вплив змін економічних параметрів на чисту приведену вартість (NPV)

Зобразимо на рисунку 3.5 Вплив зміни параметрів проєкту на внутрішню норму прибутковості

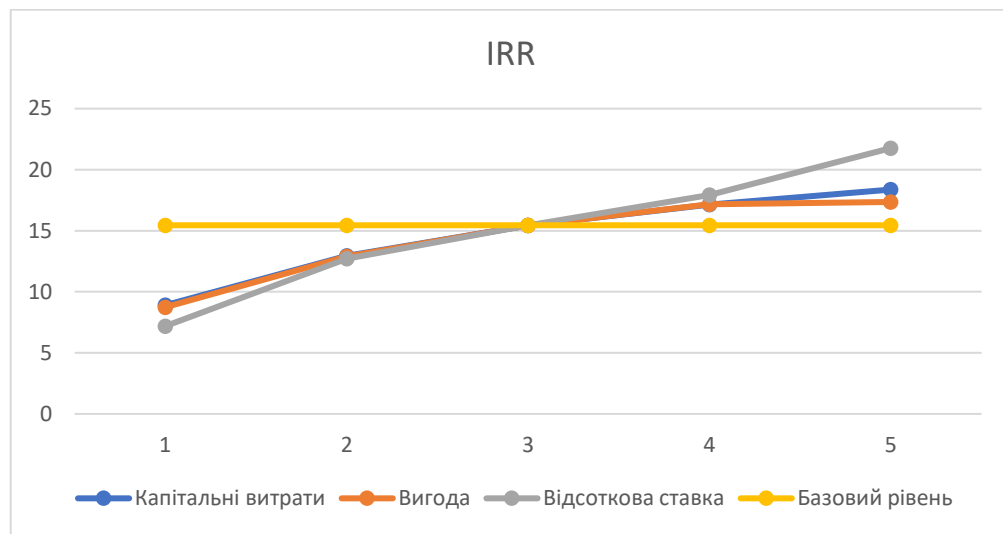


Рисунок 3.5 - Вплив зміни параметрів проєкту на внутрішню норму прибутковості (IRR)

Аналіз діаграм чутливості показує, що при збільшенні вигоди чиста приведена вартість (NPV) зростає, а при збільшенні капітальних витрат або відсоткової ставки знижується. Це свідчить про те, що фінансові показники значною мірою залежать від економічної ефективності проєкту. Вплив вигоди є особливо важливим, оскільки при її зростанні чиста прибутковість швидко переходить у позитивну зону, що вказує на рентабельність проєкту.

Що стосується внутрішньої норми прибутковості (IRR), графік показує, що, хоча збільшення капітальних витрат призводить до зниження внутрішньої норми прибутковості лише до певного рівня, після чого IRR починає падати, що може свідчити про зниження граничної ефективності.

Загалом, графіки підтверджують, що проєкт є економічно доцільним при оптимальному співвідношенні вигоди, капітальних витрат та ставки дисконту. Висока чутливість показників до змін параметрів підкреслює необхідність детального моніторингу фінансових умов під час реалізації проєкту.

3.3.2 Заміна світлопрозорих конструкцій (вікон) на енергоефективні

Наразі стан віконних і дверних конструкцій у гуртожитку №19 незадовільний, що призводить до підвищених теплових втрат через огорожувальні елементи. Таким чином, заміщення старих вікон сучасними вікнами з металопластику, які оснащені двокамерними енергоефективними склопакетами з низькоемісійним напиленням.

Таке рішення значно знизить тепловтрати через зниження коефіцієнта теплопередачі та зменшення інфільтрації холодного повітря через нещільності старих рам. Модернізація світлопрозорих огорожувальних конструкцій є ефективним методом комплексної термомодернізації будівлі, який дозволяє значно підвищити загальну енергоефективність гуртожитку.

Розрахуємо теплові витрати після встановлення нових вікон:

$$Q_{\text{вік нов}} = \frac{1}{0,9} \cdot ((392,74 + 792,66) \cdot 1,1 + 502,94 + (176,67 + 340,02 + 260,02 \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) = 116,5 \text{ кВт} = 0,01 \text{ Гкал}$$

Порахуємо економію енергії за рік зі зменшенням теплопередачі [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.15)$$

Підставимо значення у формулу (3.15) і отримаємо:

$$\Delta Q_1 = (98711 - 1655) \cdot \frac{18+0,1}{18+22} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 159,5 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Порахуємо на скільки скоротилося споживання тепла за рахунок інфільтрації:

$$\Delta Q_2 = \Delta n_{\text{об}} \cdot V \cdot \rho \cdot c_{\text{пов}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.16)$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\Delta n_{об}$ – зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон;

V – опалювальний об’єм приміщень;

ρ – густина повітря ($1,293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

$c_{пов}$ – теплоємність повітря ($1005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$).

Підставимо значення в формулу (3.16) і отримаємо:

$$\begin{aligned}\Delta Q_2 &= (0,7 - 0,6) \cdot 52057 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (18 + 0,1) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} \\ &= 123,5 \text{ Гкал.}\end{aligned}$$

Розрахуємо скорочення споживання тепла за рахунок нашого впровадження із заміни вікон за формулою:

$$\Delta Q_{рік}^B = \Delta Q_1 + \Delta Q_2. \quad (3.17)$$

Підставимо значення у формулу (3.17) і отримаємо:

$$\Delta Q_{рік}^B = 159,5 + 123,5 = 36 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Порахуємо економію для нашого проєкту після заміни вікон:

$$\Delta E = \Delta Q_{рік}^B \cdot T. \quad (3.18)$$

Підставимо значення у формулу (3.18) і отримаємо:

$$\Delta E = 36 \cdot 1654 = 59\,544 \text{ грн/рік.}$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також доцільно здійснити розрахунок (також за формулою (3.18) із урахуванням економічно обґрунтованого тарифу на теплову енергію, встановленого для міста Києва, що дозволить об'єктивніше оцінити ефективність запропонованих енергозберігаючих заходів:

$$\Delta E_T = 36 \cdot 3752,99 = 135\,107 \text{ грн/рік}.$$

Порахуємо тепер простий термін окупності за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{\Delta E}. \quad (3.19)$$

Підставимо значення у формулу (3.19) і отримаємо:

$$T_{\text{ок}} = \frac{228096}{59\,544} = 3,8 \text{ роки}.$$

Порахуємо термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{228096}{135\,107} = 1,6 \text{ роки}.$$

3.3.3 Утеплення підлоги над неопалювальним підвалом

У будівлі студмістечка КПІ №19 є цокольний поверх, який не опалюється, що призводить до значних втрат теплової енергії через конструкції перекриття. Щоб зменшити ці втрати та підвищити загальний рівень енергоефективності будівлі, над цокольним приміщенням можна встановити теплоізоляційні плити з пінополістиролу.

Це дозволить зменшити витрати на опалення та покращити теплозахисні характеристики підлоги житлової частини.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою (3.1) розрахуємо термічний опір підлоги:

$$R_{п.н.} = \frac{1}{10} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{0,2}{0,036} + \frac{1}{6} = 6,134 \frac{м^2 \cdot K}{Вт}.$$

Згідно [8], мінімальний термічний опір становить $R_{q \min} = 6 \frac{м^2 \cdot K}{Вт}$.

Після утеплення, мінімальні умови термічного опору задовільняються. Отже вважаємо такий захід з енергозбереження доцільним.

За формулою (3.2) розрахуємо коефіцієнт теплопровідності для підлоги після проведення нашого заходу:

$$k_{п} = \frac{1}{6,134} = 0,163 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}.$$

Порахуємо втрати теплоти через підлогу після проведення заходу:

$$\Delta Q_{рік}^{п} = \sum \left(\frac{1}{R_{п}} - \frac{1}{R_{п.н.}} \right) \cdot F_{п} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot b_u. \quad (3.20)$$

Тепер за формулою (3.20) порахуємо втрати теплоти:

$$\Delta Q_{п} = \left(\frac{1}{0,65} - \frac{1}{6,134} \right) \cdot 1533,2 \cdot (18 + 22) \cdot 0,6 = 50,61 \text{ кВт} = 0,05 \text{ Гкал}.$$

Порахуємо економію теплової енергії за формулою:

$$\Delta Q_{рік}^{п} = \Delta Q_{п} \cdot \frac{t_{вн} - t_{с.о}}{t_{вн} - t_{п.о}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.21)$$

Підставимо значення у формулу (3.21) і отримаємо:

$$\Delta Q_{рік}^{п} = 5061 \cdot \frac{18+0,1}{18+22} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 8,31 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер порахуємо економію за формулою (3.18):

$$\Delta E = 8,31 \cdot 1654,41 = 13\,748 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Також порахуємо економію для економічно обґрунтованого тарифу:

$$\Delta E_T = 8,31 \cdot 3752,99 = 31\,187 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Порахуємо тепер терміни окупності. Простий термін окупності для нашого проєкту розрахуємо за формулою (3.19):

$$T_{\text{ок}} = \frac{197782}{13\,748} = 14,3 \text{ роки.}$$

Також розрахуємо термін окупності для обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{197782}{31\,187} = 6,3 \text{ роки.}$$

3.3.4 Встановлення балансувальних клапанів в опалювальній системі

Наразі опалювальні системи студентських гуртожитків перебувають у незадовільному технічному стані через тривалий термін служби. Корозія та забруднення осадам негативно впливають на радіатори, що призводить до значного зниження їх теплової продуктивності та нераціонального використання енергії.

Крім фізичного зносу, системи централізованого опалення часто страждають від гідравлічної нерівномірності, що призводить до нерівномірного розподілу тепла в різних частинах будівлі. Таким чином, температура може підвищуватися в одних приміщеннях, а в інших залишатися низькою, що викликає незручності для людей.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такий дисбаланс не тільки погіршує умови проживання, але й збільшує споживання енергії, оскільки загальне навантаження на систему збільшується для компенсації втрат у холодних кімнатах. Усунення цих проблем вимагає комплексного підходу, який включає гідравлічне балансування системи опалення та заміну зношеного обладнання.

Предбачається модернізація системи опалення, щоб вирішити наявні технічні проблеми. Досягнення рівномірного розподілу теплової енергії між усіма приміщеннями будівлі можна досягти шляхом виконання гідравлічного балансування мережі. Це зменшить загальне енергоспоживання та підвищить рівень комфорту для мешканців.

Заплановано також хімічне очищення радіаторів і трубопроводів від осадів і накипу, які накопичуються під час тривалої експлуатації. Це дозволить значно покращити теплопровідність труб, а також підвищити загальну ефективність системи опалення. Комплексне впровадження зазначених заходів гарантує, що опалювальна інфраструктура гуртожитку працює стабільно та економічно.

Для забезпечення гідравлічного балансу системи опалення планується встановлення балансувальних клапанів GIACOMINI. Ці клапани можуть регулювати споживання теплоносія в стояках і окремих гілках мережі. Ця техніка дозволяє рівномірному та постійному розподілу тепла по всій будівлі. Рисунок 3.6 показує зовнішній вигляд і конструкцію клапанів.[10]

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.6 – Балансувальний клапан GIACOMINI [10]

У системі опалення гуртожитку є двадцять чотири стояки, тому планується встановлення двадцяти чотирьох балансувальних клапанів для повного гідравлічного балансування. Загальна орієнтовна вартість обладнання становить 172 312 грн [10], що охоплює вартість усіх клапанів, необхідних для виконання цього технічного заходу.

Орієнтовна вартість реконструкції житлового будинку шляхом встановлення індивідуального теплового пункту та модернізації внутрішньобудинкових мереж із монтажем балансувальних клапанів, заробітної плати за виконання аналогічних робіт становить 9 550 грн.

У місцях модернізації системи опалення також доцільно передбачити очищення трубопроводів. Проведення цих робіт коштуватиме 182 500 грн, враховуючи наявність 25 стояків. Також заміна радіаторів трубопроводу коштуватиме приблизно 700 000 грн.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, загальний обсяг інвестицій, необхідних для реалізації комплексного заходу з модернізації системи опалення, можна визначити, підсумовуючи вартість закупівлі балансувальних клапанів, витрати на оплату праці персоналу та витрати на промивку системи.

$$I = 272\,312 + 9\,550 + 182\,500 + 700\,000 = 1\,164\,362 \text{ грн.}$$

Для того, щоб оцінити ефективність запропонованих заходів з модернізації системи опалення, ми використовуємо наступні орієнтовні показники очікуваної економії теплової енергії:

Установка балансувальних клапанів дозволить зменшити споживання тепла принаймні на десять відсотків.

промивка трубопроводів на 5% або більше.

Таким чином, після впровадження комплексного технічного рішення загальна річна економія теплової енергії становитиме не менше 15% загального теплового навантаження. Цей показник буде використано для визначення можливого зниження витрат на опалення. Наступна формула використовується для обчислення:

$$\Delta Q_{\text{рік.}}^{\text{б.к.}} = 0,15 \cdot 1140,689 = 171,103 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Для визначення щорічної економії коштів, отриманої в результаті впровадження комплексної модернізації системи опалення за чинним тарифом, використовується відповідна формула (3.18):

$$\Delta E_{\text{б.к.}} = 171,103 \cdot 1654,41 = 283\,074,514 \text{ грн.}$$

Порахуємо простий термін окупності для нашого заходу з модернізації системи опалення за формулою (3.19):

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,164\,362}{283\,074,514} = 4,2 \text{ роки.}$$

Економія грошей за рік при діючому тарифі розрахуємо за формулою (3.18):

$$\Delta E_{\text{б.к.н.}} = 171,103 \cdot 3752,99 = 642\,147 \text{ грн..}$$

Порахуємо простий термін окупності, при економічно обґрунтованих тарифах за формулою (3.19):

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,164\,362}{642\,147} = 1,8 \text{ роки.}$$

На основі результатів щодо терміну окупності можна зробити висновок, що впровадження запропонованого пакету заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності, є економічно вигідним. Хороше рішення має короткий період повернення інвестицій. Модернізація не лише покращує функціонування системи опалення, але й робить життя студентів більш комфортним. Заходи також сприятимуть ефективному використанню енергії, що позитивно вплине на фінансову стабільність гуртожитку за рахунок зниження витрат на опалення.

У таблиці 3.7 представлені всі заходи з енергоефективності представлені у розділі 3.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Заходи з енергоефективності для гуртожитку №19

Назва заходу	Інвестиції, I, грн	Економія		Термін окупності
		Гкал/рік	грн	років
Утеплення конструкцій зовнішніх стін мінеральною ватою	4890000	471,2	779	6,2
Заміна світлопрозорих конструкцій на енергоефективні	228096	36	59544	1,6
Утеплення підлоги над неопалювальним підвалом	197782	8,31	13748	6,3
Модернізація системи опалення гуртожитку	1164362	11,103	283074	1,8

Висновок до розділу 3

У цьому розділі було проаналізовано теплотехнічний стан огорожувальних конструкцій студентського гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського. Існуючі конструктивні елементи будівлі, такі як стіни, вікна, двері, дах і підлога над неопалюваними приміщеннями, не відповідають вимогам щодо теплового опору відповідно до чинних будівельних норм. Аналіз термічного опору огорожувальних елементів показав, що будівля повинна бути модернізована, щоб зменшити тепловтрати.

Зокрема, пропонується утеплення зовнішніх стін мінераловатними плитами. Це дозволить досягти нормативних значень опору теплопередачі. Крім того, було підкреслено, наскільки важливо замінити віконні та дверні конструкції на конструкції з покращеними теплоізоляційними характеристиками. Щоб зменшити додаткові тепловтрати, велика увага приділена модернізації підлоги над неопалюваним цокольним поверхом і модернізації системи опалення опалення.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

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

У світлі зростаючих вимог до енергоефективності, екологічної безпеки та швидкого розвитку інноваційних технологій сучасне управління енергією в житлових будівлях стає все більш важливим. В умовах глобального переходу до сталої енергетики управління енергоспоживанням житлових будинків стає не лише економічно доцільним, але й стратегічно необхідним. Сьогодні модернізація застарілого житлового фонду та необхідність впровадження ефективних рішень у сфері енергозбереження є серйозними проблемами, з якими стикається Україна та багато інших європейських країн.

Зменшення витрат на комунальні послуги, зменшення впливу на навколишнє середовище та створення комфортних умов проживання є основними завданнями енергоменеджменту. При цьому інженерні системи будівель також повинні отримувати менше енергетичного навантаження.

Насамперед слід підкреслити той факт, що велика частина житлового фонду в Україні, особливо ті будівлі, які були побудовані протягом останніх десяти років, функціонує з технічно застарілими системами опалення, вентиляції та внутрішнього енергетичного контролю. Такі системи не відповідають сучасним стандартам ефективного використання енергоресурсів, що призводить до значних теплових втрат, перевитрати енергії та високих рахунків за комунальні послуги.

Таким чином, одним із головних напрямків сучасного енергоменеджменту є покращення інженерних систем житлових будинків.

					ОН-1113.00.012 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Крижановський І.О.			РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевірив		Третякова Л.Д.						82	118
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11			
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.							
Затверд.									

Енергетичне навантаження зменшується за допомогою впровадження автоматизованих систем керування споживанням, утеплення огорожувальних конструкцій, заміни морально та фізично застарілого обладнання на енергоефективні аналоги та інших заходів.

Такий підхід створює основу для стійкого управління енергоресурсами в житловому секторі та сприяє досягненню економічних і екологічних цілей у довгостроковій перспективі.

В Україні існує низка законодавчих актів, спрямованих на підтримку енергоефективних рішень у житловому секторі. Зокрема, передбачається надання державної допомоги шляхом субсидій і компенсацій для фінансування енергоефективних ремонтів, термомодернізації та заміни інженерних систем багатоквартирних будинків.

Крім того, при проектуванні та будівництві нових житлових будинків необхідно дотримуватися обов'язкових енергоефективних стандартів, які визначені відповідними ДБН та законами України. Згідно з цими стандартами забудовники зобов'язані враховувати такі фактори, як теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, енерговитрати на опалення, вентиляцію, освітлення та інші. Ці заходи разом створюють правове підґрунтя для розвитку будівництва, яке є стійким і енергозберігаючим. Це дозволить будувати відповідно до сучасних європейських підходів до енергетичної політики.

Аналітика поточних тенденцій у сфері енергоменеджменту житлових будинків в Україні свідчить про поступовий, але постійний перехід до технологій, які є екологічно чистими та енергоефективними. В останні роки населення стало більш обізнаним щодо того, як ефективно використовувати енергоресурси. Це призвело до стійкого попиту на житло з покращеними теплотехнічними характеристиками та низьким рівнем енергоспоживання.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З іншого боку, підприємства та організації, які займаються енергоменеджментом, активно впроваджують інноваційні технології, автоматизовані системи спостереження та управління та інноваційні інженерні рішення, які відповідають європейським стандартам сталого розвитку.

Усі ці процеси свідчать про те, що житловий сектор України перебуває на етапі значного оновлення, модернізації та інтеграції з міжнародними тенденціями.

Серед ключових нормативно-правових актів, які регламентують питання енергоефективності будівель в Україні, варто виділити наступні документи:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (2017 р.)

Цей закон є базовим документом у сфері державної політики щодо енергозбереження. Він:

- встановлює вимоги до енергетичних характеристик новозбудованих та реконструйованих об'єктів;
- запроваджує механізм енергетичної сертифікації будівель;
- визначає процедури та критерії проведення енергетичних аудитів.

2. Державні будівельні норми (ДБН):

- ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель" — містить обов'язкові вимоги щодо теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій, визначає мінімальні допустимі рівні опору теплопередачі;
- ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція і кондиціонування" — регулює вимоги до проектування інженерних систем із урахуванням сучасних стандартів енергоефективності, забезпечуючи належний мікроклімат у приміщеннях.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Про затвердження Порядку проведення енергетичної сертифікації будівель»:

- деталізує процедуру енергетичної сертифікації, яка є обов’язковою для об’єктів новобудови та реконструкції;
- встановлює вимоги до кваліфікації енергоаудиторів і описує алгоритм проведення енергетичного аудиту.

4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів (в тому числі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення)

Енергоменеджмент, який охоплює системний підхід до обліку, аналізу та оптимізації енергоспоживання будівлі, особливо важливий у сучасних умовах. Використання організаційних і технічних заходів для ефективного управління енергетичними потоками включає в себе впровадження автоматизованих систем обліку та вдосконалення систем освітлення, опалення та вентиляції.

Досягнення оптимального балансу між комфортом мешканців і економічною доцільністю споживання енергії є одним із основних завдань енергоменеджменту.

Система моніторингу енергії є важливою частиною сучасного енергоменеджменту, яка забезпечує постійне вимірювання, реєстрацію та аналіз енергетичних параметрів будівлі. Такими параметрами є величини споживання електроенергії, тепла та води, а також значення навантаження окремих компонентів інженерних систем.

Встановлення системи моніторингу дозволяє відстежувати споживання енергії в режимі реального часу, виявити пікові навантаження та миттєво фіксувати аномалії або відхилення, які можуть свідчити про технічні несправності або неефективне використання ресурсів.

Аналітична обробка даних дозволяє визначити періоди надмірного споживання, знайти зони будівлі, які споживають багато енергії, і розробити стратегії оптимізації, які зменшують витрати та підвищують загальну ефективність.

Таким чином, система енергомоніторингу є не лише засобом моніторингу, але й основою для прийняття управлінських рішень у рамках комплексного енергоменеджменту будівлі.

Одним із ефективних способів оптимізації процесу управління енергоспоживанням будівлі є впровадження автоматизованої системи диспетчеризації енергетичного менеджменту (АСЕМ). Зображення принципу роботи такої системи можна подивитися на рисунку 4.1



Рисунок 4.1 – Принцип роботи системи АСЕМ [11]

Така система дозволяє спостерігати та контролювати споживання енергії в реальному часі.

АСЕМ збирає, обробляє та демонструє дані з усіх основних енергетичних точок об'єкта, включаючи лічильники електроенергії, тепла, води, освітлення та систем опалення.

Завдяки цьому можна не лише відстежувати фактичне споживання, але й прогнозувати енергетичні навантаження, аналізувати ефективність інженерних систем і швидко приймати управлінські рішення.

АСЕМ значно підвищує енергоефективність об'єкта, зменшує витрати на експлуатацію та створює умови для впровадження стратегії сталого розвитку житлового фонду.

На фото 4.1 показано, як працює автоматизована система енергоменеджменту. Користувач фіксує споживання енергії за допомогою спеціальних лічильників, які також можуть повідомляти про аварійні ситуації. Він може отримати доступ до системи за допомогою веб-браузера, який використовується для перегляду даних, які надходять до веб-сервера через Інтернет.

Ці дані приймаються сервером для подальшої обробки та зберігання. Спеціальний модуль аналізу та перевірки даних оцінює достовірність даних. У базі даних зберігаються всі зібрані дані. Енергоменеджери використовують ці дані для аналізу та прийняття рішень про те, як підвищити ефективність використання енергії.

Енерго-температурна (Е-Т) діаграма є одним із основних компонентів системи, яка контролює споживання енергії. Вона демонструє зв'язок між температурою навколишнього середовища та кількістю спожитої енергії. Така діаграма, створена на основі аналітичних даних, дозволяє моделювати зміни енергоспоживання будівлі залежно від температур навколишнього середовища. Основним завданням є встановлення цільових рівнів енергоспоживання в певних діапазонах температур.

Наприклад, вона може передбачити очікувані середньотижневі витрати енергії при типових температурах зимових або літніх.

Це дозволяє керівникам будівель краще керувати системами опалення, вентиляції та кондиціонування, що зменшує витрати енергії під час пікових навантажень. Крім того, Е-Т діаграма допомагає визначити відхилення в споживанні енергії. Якщо реальні показники значно перевищують очікувані при певних температурних умовах, це може свідчити про те, що обладнання не працює належним чином або що будівля повинна покращити енергоефективність.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сонячні електростанції, вітрові турбіни та теплові насоси є прикладами відновлюваних джерел енергії, які стають все більш популярними. Це не тільки зменшує витрати на електроенергію, але й робить житло більш екологічно чистим. Енергоефективні технології, такі як світлодіодні стрічки (LED), енергоощадні прилади та розумні системи вентиляції, можуть значно зменшити загальне споживання енергії.

Безумовно, підвищення обізнаності населення про енергозбереження та залучення їх до програм енергозбереження є одним із найважливіших компонентів успішного енергоменеджменту. Систематичне навчання та інформаційні кампанії сприяють формуванню свідомого ставлення до розумного використання енергії.

Таким чином, впровадження цих заходів дозволить підвищити енергоефективність гуртожитків, скоротити витрати на утримання, покращити умови проживання та зробити значний внесок у збереження навколишнього середовища.

4.3 Рекомендації щодо організаційноуправлінських заходів

Удосконалення систем обліку та моніторингу показників споживання енергії та ресурсів є важливим кроком до ефективного управління енергоспоживанням житлових об'єктів. Рекомендації можуть бути використані для підвищення ефективності цих систем, особливо щодо впровадження спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ) і автоматизованих систем енергоменеджменту (АСЕМ):

Впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, такого як АСКОЕ (Автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів) або АСЕМ (Автоматизована система управління енергоресурсами), повинно бути першим кроком. Такі продукти автоматизують збір, обробку та візуалізацію даних про використання енергії та ресурсів у режимі реального часу.

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

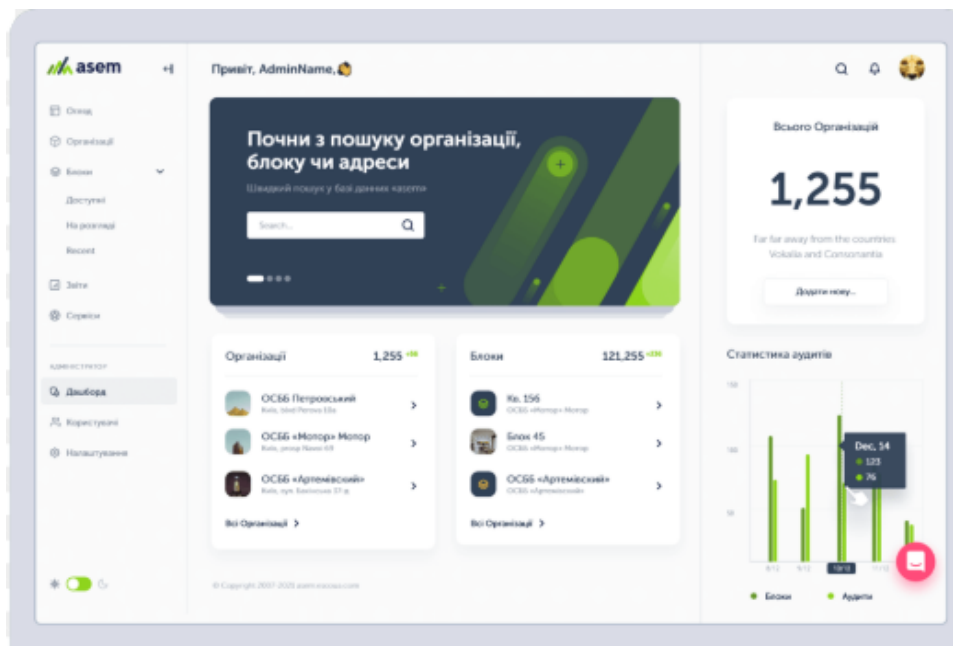


Рисунок 4.2 – Автоматична система моніторингу АСЕМ [11]

Необхідним є підключення програмного забезпечення до відповідного вимірювального обладнання — лічильників електроенергії, газу, води тощо — для автоматизованого збору показників. Це дозволяє гарантувати високу точність і надійність даних щодо споживання ресурсів.

Система також повинна надати користувачам зручні інструменти для аналізу та зображення даних. Використання зображень, діаграм і звітів допоможе краще зрозуміти структуру енергоспоживання та виявляти можливості його оптимізації. Важливо, щоб система забезпечувала моніторинг споживання енергії в реальному часі та автоматично повідомляла про перевищення лімітів або несправності.

Крім того, доцільно створити модулі для оцінки витрат і ефективності функціонування окремих інженерних систем, таких як освітлення, вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Це дозволить знайти резерви економії та вибрати найкращі енергоефективні рішення для конкретних ситуацій.

Окрему увагу слід приділити навчанню користувачів, надання технічної підтримки щодо використання програмного забезпечення та аналізу результатів. Це гарантує ефективне впровадження системи та максимізує її потенціал.

Висновок до розділу 4

Отже, можна стверджувати, що розвиток енергоменеджменту має вирішальне значення для економічного зростання, екологічної безпеки та соціального благополуччя, зосереджуючись на викладеному щодо енергоменеджменту в житловому секторі та пов'язаних організаційно-управлінських заходів. Упровадження ефективних методів управління енергоспоживанням у житлових будівлях допомагає зменшити витрати на ресурси, оптимізувати комунальні платежі, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити комфорт проживання.

Використання сучасних технологій і програмних рішень, розробка ефективних стратегій і політик, розвиток професійних навичок персоналу та співпраця з експертами з енергоефективності є важливими компонентами успіху в цій галузі. Запропоновані рекомендації не тільки зменшують споживання енергії, але й сприяють створенню більш стійких, інноваційних і конкурентоздатних житлових комплексів.

У більш широкому контексті впровадження практик енергоменеджменту в житлових будинках України може стати потужним стимулом для досягнення цілей сталого розвитку та покращення добробуту громадян.

Особливу увагу слід приділити впровадженню енергетичних температурних карт як інструменту оптимізації споживання енергії залежно від зовнішніх температурних умов. Застосування таких карт дозволяє адміністрації гуртожитків ефективно планувати та регулювати використання енергоресурсів з урахуванням актуального клімату, що сприяє раціональному споживанню енергії та її збереженню.

Енергоощадні технології та програми енергозбереження будуть використані в гуртожитку №19 для покращення умов проживання студентів, зниження витрат на експлуатацію будівлі та підвищення свідомості мешканців щодо екології. Це особливо важливо в світлі загальносвітової тенденції до сталого розвитку та мінімізації шкідливих впливів на довкілля.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

У сучасних умовах підвищеної вартості енергоносіїв потреби в переході енергетичних систем на використання відновлюваних джерел енергії набуває особливого значення. Сонячні колектори, зокрема геліосистеми для гарячого водопостачання (ГВП), є одним із найефективніших рішень для підвищення енергоефективності будівель, зниження експлуатаційних витрат та зменшення навантаження на традиційні системи теплопостачання. Наведемо типовий приклад розрахунку геліоколекторів для задоволення потреб ГВП студентського гуртожитку №19.

5.1 Визначення середніх потреб у гарячій воді гуртожитку

Згідно з [12] середнє добове споживання гарячої води для студентських гуртожитків становить:

$$q = 80 \frac{\text{л}}{\text{добу на людину}}$$

У гуртожитку може проживати до 1300 осіб.

Розрахуємо загальну добову потребу в гарячій воді за формулою:

$$V_{\text{заг}} = q \cdot n, \quad (5.1)$$

де q — середнє добове споживання гарячої води на одну особу;

n — кількість осіб проживаючих в гуртожитку.

					ОН-1113.00.012 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив		Крижановський І.О.			ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ			Літ.		Арк.		Акрушів	
Перевірив		Третякова Л.Д.								91		118	
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11					
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.											
Затверд.													

Підставимо значення у формулу (5.1) і отримаємо:

$$V_{\text{заг}} = 80 \cdot 1300 = 104\,000 \text{ л} = 104 \text{ м}^3$$

Гуртожиток може споживати в загальному 65 м^3 гарячої води на добу. Можемо розрахувати необхідну кількість теплоти яка необхідна на нагрівання води.

Нехай температура холодної води дорівнює $t_{\text{вх}} = 10^\circ\text{C}$. Розрахуємо кількість теплоти за формулою:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot c \cdot (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}), \quad (5.2)$$

де Q — кількість теплоти необхідна для нагріву води;

c — питома теплоємність води ($4,187 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$);

$t_{\text{вх}}$ — температура води на вході (10°C);

$t_{\text{вих}}$ — температура води на виході (60°C).

Підставимо значення у формулу (5.2) і отримаємо:

$$Q = 104\,000 \cdot 4,187 \cdot (60 - 10) = 13\,607\,750 \text{ кДж} = 3\,780 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{добу}}.$$

Розрахуємо скільки необхідно енергії для безперервного забезпечення гарячим водопостачанням гуртожитку протягом року:

$$Q_{\text{річна}} = Q \cdot n, \quad (5.3)$$

де n — кількість днів.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо значення у формулу (5.2) і отримаємо:

$$Q_{\text{річна}} = 3\,780 \cdot 365 = 1\,379\,700 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

5.2 Розрахунок сонячної інсоляції

Розміщення сонячних колекторів на даху гуртожитку відіграє ключову роль у забезпеченні їхньої продуктивності. Кількість сонячного випромінювання, яку поглинають колектори, безпосередньо залежить від рівня освітленості ділянки встановлення. Затінення від навколишніх об'єктів — таких як сусідні будівлі, дерева або інженерні споруди — може суттєво знижувати ефективність системи. Для точного визначення оптимальних зон розміщення панелей було проаналізовано карту сонячної інсоляції, представлену на рисунку 5.1. Такий аналіз дозволяє виявити найбільш сонячні ділянки даху, уникнути затінених зон і забезпечити максимальний коефіцієнт корисної дії встановлених геліоколекторів.

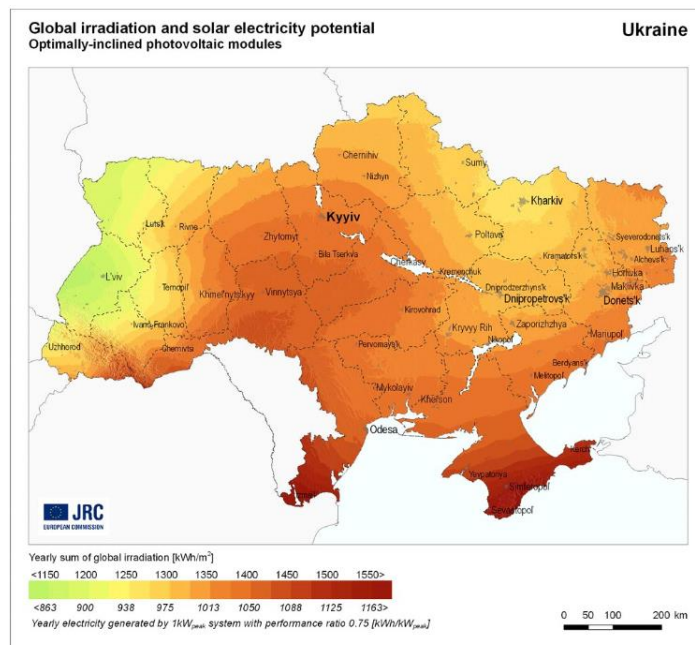


Рисунок 5.1 – Карта сонячної інсоляції України [13]

Згідно з даними карт сонячної інсоляції, для Києва характерний середньорічний рівень глобального сонячного випромінювання в межах 1250–1300 кВт·год на квадратний метр. Це означає, що кожен квадратний метр горизонтальної поверхні в столиці щорічно отримує таку кількість сонячної енергії, що є цілком достатньою для ефективного функціонування сонячних теплових установок. Для порівняння, найвищі показники інсоляції фіксуються на півдні України — зокрема в Криму, Одеській, Херсонській областях — де цей показник може перевищувати 1450–1600 кВт·год/м². У західних і північних регіонах (наприклад, Львівська, Волинська, Чернігівська області) кількість сонячного випромінювання дещо нижча, що зумовлено кліматичними особливостями та більшим рівнем хмарності.

Попри це, Київ розташовується в сприятливій інсоляційній зоні, що дозволяє ефективно використовувати сонячні колектори для покриття значної частки потреб у гарячій воді навіть без додаткових джерел енергії в теплий період року.

5.3 Визначення необхідної площі і кількості колекторів для гуртожитку

Аби визначити необхідну площу, колекторів, нам необхідно визначити сонячну інсоляцію за рік [14].

Річна інсоляція сонця становить $H = 1200$ кВт · год/м²/рік.Ц

Розрахуємо необхідну площу колекторів:

$$S_{\text{кол.}} = \frac{Q_{\text{річна}}}{H \cdot \eta}, \quad (5.4)$$

де $S_{\text{кол.}}$ — розрахункова необхідна площа колекторів;

H — річна інсоляція сонця;

η — середній ККД колекторів ($\eta = 0.5$).

Підставимо значення у формулу (5.4) і отримаємо:

$$S_{\text{кол.}} = \frac{1\,379\,700}{1200 \cdot 0,5} = 229,9 \text{ м}^2.$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо скільки сонячних колекторів необхідно для забезпечення річного споживання теплової енергії:

$$N = \frac{S_{\text{кол.}}}{S_{\text{од.кол.}}}, \quad (5.5)$$

де N — кількість сонячних колекторів;

$S_{\text{кол.}}$ — розрахункова необхідна площа колекторів;

$S_{\text{од.кол.}}$ — фактична середня площа колекторів (2 м²).

Підставимо значення у формулу (5.4) і отримаємо:

$$N = \frac{229,9}{2} = 115 \text{ штук.}$$

Розрахунок показує, що для задоволення добової потреби 1300 мешканців у гарячій воді, необхідно встановити близько 1150 геліоколекторів загальною площею близько 2300 м². Така система дозволить забезпечити до 100% потреб у ГВП в літній період і суттєво знизити навантаження на ІТП та центральну систему тепlopостачання в міжсезоння.

5.4 Визначення максимально доступної енергії отриманої з сонячних колекторів встановлених на гуртожитку

Розрахунок потенційної теплової енергії ґрунтується на декількох ключових параметрах: інсоляції, площі даху, орієнтації та кута нахилу дахової поверхні, а також коефіцієнтів ефективності обраних типів сонячних колекторів. Ми враховуємо як пряме, так і розсіяне сонячне випромінювання, що потрапляє на поверхню, а також можливі затінення від навколишніх об'єктів чи елементів самої будівлі.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення максимально можливого заповнення дахової площі колекторами, ми застосовуємо оптимізаційні методи, що дозволяють мінімізувати втрати від затінення та максимізувати загальну продуктивність системи. Це включає розробку моделі розміщення колекторів з урахуванням мінімальних відстаней між рядами, необхідних для запобігання взаємному затіненню, а також для забезпечення доступу для обслуговування.

Розрахуємо, скільки теплової енергії можна отримати з наявної площі при максимальному заповненні колекторами:

$$Q_{\text{даху}} = S_{\text{даху}} \cdot H \cdot \eta, \quad (5.6)$$

де $Q_{\text{даху}}$ — кількість теплової енергії, яку можна отримати з наявної площі;

$S_{\text{даху}}$ — площа даху гуртожитку;

Підставимо значення у формулу (5.6) і отримаємо:

$$Q_{\text{даху}} = 1533 \cdot 1200 \cdot 0,5 = 919\,800 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 790,5 \text{ Гкал/рік}$$

Ключовим показником ефективності та економічної доцільності інтеграції сонячних теплових систем у загальний енергетичний баланс будівлі є відсоток покриття річних теплових потреб за рахунок згенерованої сонячної енергії. Цей показник відображає ступінь енергетичної незалежності об'єкта та його внесок у скорочення споживання традиційних видів палива, що є одним з основних завдань сучасної енергоефективності.

Визначення відсотка покриття дозволяє не тільки кількісно оцінити потенціал сонячної установки, але й провести подальший аналіз щодо оптимізації системи, порівняння різних конфігурацій та оцінки термінів окупності інвестицій.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо відсоток покриття потреб гуртожитку сонячними колекторами:

$$\mu = \frac{Q_{\text{даху}}}{Q_{\text{річна}}}, \quad (5.6)$$

де μ – відсоток покриття потреб гуртожитку сонячними колекторами;

$Q_{\text{даху}}$ – кількість теплової енергії, яку можна отримати з наявної площі;

$Q_{\text{річна}}$ – кількість енергії необхідної для безперервного забезпечення гарячим водопостачанням гуртожитку

Підставимо значення у формулу (5.6) і отримаємо:

$$\mu = \frac{919\,800}{1\,379\,700} = 66,7\%$$

Результати розрахунку відсотка покриття теплових потреб, а саме показник у 66.7%, підтверджують значний потенціал використання доступної дахової площі для генерації теплової енергії за допомогою геліосистеми. Цей відсоток є індикатором високого рівня енергетичної самодостатності об'єкта в частині гарячого водопостачання (ГВП), що має суттєві переваги як з економічної, так і з екологічної точки зору.

Однак все ж гуртожитку необхідно буде споживати гаряче водопостачання безпосередньо з централізованої мережі.

5.5 Вибір сонячних колекторів та їх ефективність

Для гуртожитку №19 оберемо сонячний колектор типу: Viessmann Vitosol 100-FM SH1F(див. рисунок 5.2).

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.2 – Сонячний колектор горизонтальний
Viessmann Vitosol 100-FM SH1F[15].

Інтеграція високоефективних плоских сонячних колекторів, таких як моделі Vitosol 100-FM, є оптимальним рішенням для підвищення енергоефективності будь-якої теплової системи. Ці колектори вирізняються здатністю до високопродуктивного перетворення сонячної радіації на теплову енергію, що дозволяє отримувати значний обсяг тепла без додаткових експлуатаційних витрат. Застосування цієї технології в житловому секторі охоплює широкий спектр потреб: від забезпечення гарячого водопостачання до підігріву води в басейнах та підтримки функціонування систем опалення.

За умов українського клімату, використання сонячних колекторів серії Vitosol дозволяє в середньому покривати до 60% річної потреби в енергії, необхідної для приготування гарячої води. У теплий період року, зокрема влітку, можливе повне призупинення роботи традиційного опалювального обладнання, що дає змогу повністю перейти на безкоштовну сонячну енергію для ГВП.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В інші місяці, коли інтенсивність сонячного випромінювання знижується, сонячні колектори продовжують виконувати функцію попереднього нагріву води, тим самим зменшуючи навантаження на допоміжні джерела тепла, такі як газові чи електричні котли, які лише доводять температуру води до необхідного рівня.

Крім того, застосування сонячних колекторів Vitosol для додаткової підтримки системи опалення, особливо у поєднанні з конденсаційними котлами, забезпечує значну економію.

Розрахуємо необхідну площу колекторів які ми можемо розташувати на даху:

$$S_{\text{факт.кол.}} = \frac{Q_{\text{даху}}}{H \cdot \eta}. \quad (5.7)$$

Підставимо значення у формулу (5.7)

$$S_{\text{факт.кол.}} = \frac{91\,980}{1200 \cdot 0,5} = 1533 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо фактичну кількість сонячних колекторів які розміщуватимуться на даху гуртожитку:

$$N = \frac{S_{\text{факт.кол.}}}{S_{\text{од.кол.}}} \quad (5.8)$$

Підставимо значення у формулу (5.8) і отримаємо:

$$N = \frac{1533}{2} = 776 \text{ штук.}$$

Розрахуємо об'єм акумулюючого бака за формулою:

$$V_{\text{бака}} = n \cdot q, \quad (5.9)$$

де n — кількість споживачів;

q — добове споживання гарячої води на одну особу

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо значення у формулу (5.9) і отримаємо:

$$V_{\text{бака}} = 1300 \cdot 80 = 104\,000 = 104 \text{ м}^3$$

На практиці для великих сонячних систем зазвичай використовують баки об'ємом 1000, 1500 або 2000 літрів, тому ми орієнтуватимемося на баки по 2000 літрів (2 м³).

Розрахуємо кількість акумулюючих баків за формулою:

$$N_{\text{баків}} = \frac{V_{\text{заг.}}}{V_{\text{баку}}}. \quad (5.10)$$

Підставимо значення у формулу (5.10) і отримаємо:

$$N_{\text{баків}} = \frac{104\,000}{2\,000} = 32,5 \text{ баки}$$

Отже нам необхідні 33 акумулюючих баки по 2 000 літрів. Площа яку займає один розширювальний бак становить $S_{\text{одн.баку}} = 2 \text{ м}^2$.

Загальну площу необхідну під розширювальні баки розрахуємо за формулою:

$$S_{\text{бак}} = N_{\text{баків}} \cdot S_{\text{одн.баку}} \quad (5.11)$$

Підставимо значення у формулу (5.11) і отримаємо:

$$S_{\text{бак}} = 33 \cdot 2 = 66 \text{ м}^2$$

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 5.1 наведемо технічні характеристики колектора Vitosol 100-FM:

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики колектора Vitosol 100-FM

Тип	Vitosol 100-FM Тип SV1F
Площа брутто, м ²	2,51
Площа абсорбера, м ²	2,32
Площа апертури, м ²	2,33
Ширина, мм	1056
Висота, мм	2380
Глибина, мм	72
Вага, кг	42

Розрахуємо терміни окупності нашої системи.

Загальні витрати на всю систему становлять $C_{\text{заг.}} = 29\,358\,000$ грн.

Розрахуємо річну економію:

$$E = 790,5 \cdot 3752,99 = 2\,965\,608 \text{ грн/рік.}$$

Розрахуємо термін окупності:

$$T = \frac{29\,358\,000}{2\,965\,608} = 9,9 \text{ років.}$$

Отже, встановлення колекторної системи є цілком доцільною в гуртожитку №19. Про це свідчить розрахована економія та термін окупності системи, який є досить невеликим для такого заходу.

5.6 Визначення оптимальної орієнтації сонячних колекторів

Для досягнення максимальної ефективності сонячних теплових систем критичне значення має правильна орієнтація колекторів відносно сторін світу. Ідеальною орієнтацією, що забезпечує найбільший рівень сонячного випромінювання на поверхню колектора протягом року, є строго на Південь із допустимим відхиленням у межах $\pm 15^\circ$. Цей діапазон відхилень вважається прийнятним, оскільки він дозволяє зберегти високу продуктивність системи без суттєвих втрат.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дослідження показують, що відхилення орієнтації колекторів понад $\pm 20^\circ$ від ідеального Півдня може призвести до зниження річної генерації теплової енергії на 5-15%, що є значною втратою потенціалу системи. Таким чином, при проектуванні та монтажі сонячних колекторів необхідно прагнути максимально точного позиціонування на південний напрямок, враховуючи при цьому архітектурні особливості будівлі та можливі затінення.

5.7 Визначення оптимального кута нахилу сонячних колекторів

Кут нахилу сонячних колекторів від горизонтальної площини є другим ключовим параметром, що впливає на їхню річну продуктивність. Для кліматичних умов міста Києва, що розташоване приблизно на 50° північної широти, оптимальним вважається діапазон кутів нахилу від 30° до 40° .

Вибір цього діапазону обґрунтовується кількома факторами:

- Максимізація інсоляції в міжсезоння: Кут нахилу в цьому діапазоні забезпечує оптимальне падіння сонячних променів на поверхню колектора як в осінньо-весняний період, так і взимку, коли потреба в тепловій енергії є найвищою, а сонце стоїть нижче над горизонтом. Це дозволяє максимізувати збір сонячної енергії тоді, коли вона є найбільш затребуваною.

- Запобігання накопиченню снігу: Достатній кут нахилу (понад 30°) сприяє природному зісковзуванню снігу та льоду з поверхні колектора. Це особливо важливо в зимові місяці, оскільки сніговий покрив може значно знизити або повністю блокувати роботу колектора. Автоматичне очищення поверхні зменшує потребу в ручному обслуговуванні та забезпечує безперервну роботу системи.

- Відповідність географічній широті: Загальноприйнятою практикою є вибір кута нахилу колекторів, що приблизно дорівнює географічній широті місця встановлення (або на $10-15^\circ$ менше/більше для оптимізації сезонної продуктивності). Для Києва (50°) діапазон $30^\circ-40^\circ$ є розумним компромісом, що забезпечує високу річну ефективність з урахуванням вищезазначених факторів.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 5

У ході розрахунків системи сонячних колекторів для забезпечення потреб гарячого водопостачання гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського було встановлено, що загальна річна потреба мешканців у тепловій енергії становить приблизно 1 379 700 кВт·год. За умов середньої інсоляції в Києві на рівні 1250–1300 кВт·год/м² та ефективності геліосистеми близько 50%, площа активної поверхні колекторів, необхідна для повного покриття річного попиту, складає орієнтовно 2300 м². Проте з урахуванням фактичної площі даху будівлі (1533 м²), можливо встановити не більше ніж 76 плоских сонячних колекторів стандартного розміру 1×2 м, що дозволить забезпечити близько 66,7% річної потреби у тепловій енергії для гарячого водопостачання.

Додатковий аналіз показав, що ефективність колекторів значною мірою залежить від їх розміщення: для максимального теплового виходу панелі мають бути орієнтовані на південь з допустимим відхиленням до $\pm 15^\circ$ та нахилом у межах 30–40°, оптимальним для географічного розташування Києва. Врахування цих параметрів дозволяє досягти максимальної продуктивності геліосистеми, знизити втрати енергії через затінення або неоптимальне розміщення та забезпечити ефективну інтеграцію сонячної енергетики в загальну систему енергозабезпечення будівлі. Таким чином, впровадження сонячних колекторів є обґрунтованим комплексним енергозберігаючим заходом, що забезпечує істотне зниження споживання первинної енергії, економію коштів на оплату комунальних послуг і підвищення рівня енергетичної автономії об'єкта.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ ДАТЧИКІВ РУХУ

6.1 Характеристика об'єкту енергоаудиту

Споживання електричної енергії в гуртожитку протягом року демонструє виражену нерівномірність, що обумовлено циклічністю навчального процесу. У період активного навчання, коли у будівлі перебуває значна кількість мешканців, рівень енергоспоживання суттєво зростає. Основним фактором перевитрат є постійне функціонування освітлювальних приладів у місцях загального користування — таких як кухні, санвузли, коридори та сходові клітини. Ці прилади, як правило, не вимикаються, що призводить до нераціонального використання електроенергії.

Для підвищення енергоефективності гуртожитку доцільно впровадити автоматизацію системи освітлення в місцях загального користування за допомогою датчиків присутності ІЕК ДД 008 [6]. Ця модель вирізняється низьким енергоспоживанням (всього 1 Вт), широким діапазоном робочої напруги (110–240 В $\pm 10\%$) та частотою 50 Гц, що робить її придатною для стандартних електромереж. Датчики ІЕК ДД 008 встановлюються у підвісні стелі та є ефективними для невеликих приміщень, таких як коридори, кухні та санвузли. Встановлення по 14 датчиків на кожному поверсі дозволяє забезпечити ефективне управління освітленням, активуючи його тільки за потреби — у присутності людей. Загалом передбачено монтаж 168 датчиків по всій будівлі. Це дозволить істотно скоротити споживання електроенергії, зменшити зношення освітлювального обладнання та підвищити рівень автоматизації системи енергоменеджменту в гуртожитку.

					ОН-1113.00.012 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ ДАТЧИКІВ РУХУ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Крижановський І.О.								
Перевірив		Третякова Л.Д.							104	118
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕП, гр ОН-11		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.								
Затверд.										

6.2 Розрахунок типу та сумарної кількості датчиків освітленості

З огляду на активне впровадження сучасних електронних пристроїв у будівлях, таких як датчики руху для автоматизованого керування освітленням, важливим етапом проектування електричних мереж є розрахунок електричних навантажень.

Під час розрахунку будемо оперуватися наступними формулами:

$$P_p = n \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (6.1)$$

де P_p – активна розрахункова потужність споживача, кВт;

n – кількість споживачів;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність споживача, кВт;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту.

$$Q_p = n \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{tg}(\varphi), \quad (6.2)$$

де Q_p – реактивна розрахункова потужність користувача, кВт;

$\text{tg}(\varphi)$ – коефіцієнт реактивного навантаження.

$$S_p = \frac{P_p}{\cos(\varphi)}, \quad (6.3)$$

де S_p – повна потужність споживача, кВА;

$\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності.

Оцінка активного, реактивного та повного навантаження для системи датчиків руху здійснюється з метою визначення електричного струму, який повинен витримувати силовий кабель живлення.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Порахуємо активну потужність за формулою (6.1):

$$P_p = 168 \cdot 0,001 \cdot 1 = 0,168 \text{ кВт.}$$

Порахуємо реактивну потужність за формулою (6.2):

$$Q_p = 0,168 \cdot 0,43 = 0,072 \text{ квар.}$$

За формулою (6.3) порахуємо повну потужність:

$$S_p = \frac{0,168}{0,92} = 0,182 \text{ кВА.}$$

Маючи значення повної потужності, споживаної датчиками, розрахуємо величину електричного струму, який повинен проходити через кабель живлення.

$$I_p = \frac{S_p}{3 \cdot U_\phi}, \quad (6.4)$$

де I_p – розрахунковий струм, А;

U_ϕ – фазна напруга мережі, кВ;

S_p – повна розрахункова потужність, кВА.

$$I_p = \frac{0,182}{3 \cdot 0,22} = 0,275 \text{ А}$$

З урахуванням того, що внутрішньобудинкова електромережа виконана кабелем типу ВВГ 5х10, доцільно також підключити датчики до цієї ж лінії живлення. Такий кабель має достатню струмопровідну здатність для забезпечення необхідного електроживлення усіх датчиків без перевантаження.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Перелік робіт та склад бригади

Монтажні роботи включають такі етапи [16]:

- підготовка інструменту, засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), перевірка справності електроінструменту;
- огляд місця монтажу та вибір місця встановлення датчика згідно з технічним завданням;
- знеструмлення лінії живлення, перевірка її відсутності за допомогою індикатора напруги;
- свердління монтажного отвору та підготовка місця для кріплення;
- підключення до електроживлення згідно зі схемою;
- монтаж корпусу датчика, перевірка фіксації;
- тестування працездатності обладнання та налаштування зони виявлення.

Роботи виконує бригада у складі 1–2 монтажників з електротехнічною підготовкою, які мають щонайменше II групу з електробезпеки. Усі працівники повинні пройти вступний та цільовий інструктаж, а також мати медичний допуск до виконання робіт на висоті та в електроустановках до 1000В.3

6.4 Шкідливі чинники і небезпеки під час монтажу

Під час виконання монтажу датчиків руху можливий вплив таких факторів[17]:

Механічні:

- падіння з висоти з драбини або підмостка;
- удари та притискання частинами корпусу або інструментом;
- порізи при зачистці кабелів, обробці монтажних елементів.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричні:

- ураження електричним струмом під час підключення при неякісному знеструмленні;
- коротке замикання внаслідок помилкового підключення проводів.

Фізичні:

- недостатнє освітлення в місці монтажу;
- вплив шуму при використанні електроінструменту;
- робота у незручному положенні (запалення м'язів, втому).

Психофізіологічні:

- втома, зниження концентрації уваги;
- перенапруження зору при роботі на висоті чи в умовах обмеженої видимості.

6.5 Оцінювання ризиків які можуть виникнути на робочому місці

Оцінка ризиків передбачає аналіз ймовірності виникнення небезпечної події та можливих наслідків для здоров'я працівників. Враховано специфіку монтажу датчиків руху, роботу з електроенергією, висоту встановлення, використання інструменту та вплив навколишнього середовища.

Високий рівень ризику:

- **Падіння з висоти.** Найнебезпечніший ризик, що виникає при встановленні датчиків на висоті без використання фіксованої драбини або при неправильному положенні тіла працівника. Наслідки можуть включати серйозні травми, переломи чи навіть смертельні випадки. Для запобігання необхідне використання стійких драбин, страхувальних засобів та проведення інструктажів.

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Ураження електричним струмом.** Можливе при підключенні до мережі без належного знеструмлення або в разі несправності електроінструменту. Ризик підвищується за умов вологи або пошкодження ізоляції. Обов’язкове дотримання правил безпеки, перевірка інструменту, використання ЗІЗ.

Середній рівень ризику:

- **Механічні ушкодження.** Удари, порізи, притискання пальців при обробці дроту або монтажі корпусу датчика. Можливі незначні травми, подряпини, забої. Зменшуються за допомогою робочих рукавиць та дотримання техніки безпеки при роботі з інструментом.
- **Подразнення органів дихання або зору.** Виникає при свердлінні стін, особливо бетонних або цегляних. Захист забезпечують респіратори та окуляри.

Низький рівень ризику:

- **Психофізіологічне навантаження.** Тривале перебування в одній позі, перенапруження м’язів шиї та рук, втома зору. Не становить прямої загрози, але впливає на продуктивність і точність. Мінімізується регламентованими перервами та ротацією робіт.

Для кожного ризику має бути визначено набір профілактичних заходів, зокрема технічних (вибір якісного обладнання), організаційних (інструктажі, контроль), та індивідуальних (ЗІЗ, планування робочого часу).

					<i>ОН-1113.00.012 ПЗ</i>	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.6 Захисти індивідуального захисту (ЗІЗ):

Організаційні заходи:

- Проведення цільового інструктажу з охорони праці.
- Оформлення наряду-допуску на виконання електромонтажних робіт.
- Визначення керівника робіт, відповідального за безпечне виконання робіт.
- Встановлення чіткого графіка проведення монтажу із зазначенням перерв (5 днів на тиждень з 8:00 до 17:00 з перервами на обід з 12:00 до 13:00)
- Забезпечення контролю доступу сторонніх осіб до місця робіт.
- Забезпечення аварійного зв'язку з медичним пунктом або охороною.

Технічні засоби безпеки:

- Застосування справного електроінструменту з подвійною ізоляцією та вбудованим вимикачем.
- Використання засобів захисту від ураження струмом: УЗО (пристрій захисного відключення), індикаторів напруги.
- Надійне кріплення драбин, наявність протиковзких насадок та платформ.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Захисна каска (особливо при роботі на сходових клітинах або під перекриттями).
- Робочий одяг з антистатичними властивостями.
- Діелектричні рукавиці для роботи з електричними колами згідно вимог [18].
- Протиударні окуляри при роботі з інструментом згідно вимог [19].
- Респіратор класу FFP2 при свердлінні.
- Спецвзуття з прогумованою нековзною підошвою згідно вимог [20].

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7 Пожежна безпека під час встановлення датчиків руху

Під час монтажу електрообладнання необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки. Основні вимоги включають:

- **Контроль за станом електрообладнання:** перед початком монтажу слід переконатися в справності всіх електроінструментів.
- **Пожежне обладнання:** у зоні проведення робіт обов'язково має бути встановлений вогнегасник (вуглекислотний або порошковий) з терміном придатності не менше 12 міс. Кожен член бригади повинен пройти інструктаж з користування вогнегасником.
- **Уникнення загорянь:** заборонено використання відкритого вогню, нагрівальних елементів, несправного обладнання. Під час свердління необхідно уникати перегріву свердла та корпусу пристрою.
- **Пожежна сигналізація та евакуація:** у разі виникнення задимлення або запаху горілого слід негайно знеструмити електролінію, повідомити відповідальну особу, активувати пожежну та розпочати евакуацію відповідно до плану.
- **Безпека шляхів евакуації:** не допускається блокування дверей, коридорів, сходових клітин кабелями, інструментами чи іншим обладнанням. Усі евакуаційні маршрути повинні залишатися вільними та доступними в будь-який момент.

Всі працівники повинні бути ознайомлені з планом евакуації та місцями розташування первинних засобів пожежогасіння на об'єкті.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7 Розрахунок базового ризику під час виконання проєкту

Для оцінювання ризику застосовується формула:

$$R = P \cdot C, \quad (6.5)$$

де R — рівень ризику,

P — ймовірність настання події,

C — тяжкість наслідків (оцінюється за шкалою від 1 до 5).

Ймовірність події (P): 0,005 (0,5% — при відсутності напруги, але помилковому підключенні або порушенні ізоляції).

Серйозність наслідків (C): 5 (може призвести до летального випадку або важкого ураження).

За формулою (6.5) розрахуємо ризик ураженням електричним струмом при підключенні

$$R = 0.005 \cdot 5 = 0.025$$

Цей розрахунок демонструє надзвичайну важливість впровадження цілого комплексу профілактичних заходів, зокрема: знеструмлення електромережі перед початком робіт, використання індикаторів напруги, застосування інструменту з подвійною ізоляцією, використання діелектричних рукавиць та спецвзуття, організація робочого місця, а також проведення інструктажів з охорони праці.

Зменшення ймовірності настання небезпечної події (P) шляхом реалізації саме таких організаційних і технічних заходів є ключовим чинником у зниженні загального рівня ризику під час виконання монтажних робіт.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 6

У цьому розділі розглянуто ключові аспекти забезпечення охорони праці під час монтажу та подальшої експлуатації електротехнічного обладнання, зокрема датчиків присутності.

Головною потенційною загрозою під час виконання монтажних робіт є ризик ураження електричним струмом, що може виникнути у разі несвоєчасного відключення напруги від джерела живлення. З метою попередження таких ситуацій передбачено застосування тимчасових захисних огорожень на елементах, які залишаються під напругою. Також підкреслено важливість суворого дотримання правил техніки безпеки під час електромонтажних робіт і необхідність використання засобів індивідуального захисту.

Окремо відзначено вплив несприятливих виробничих факторів, таких як фізичне навантаження та психоемоційна напруга, які можуть впливати на стан працівника під час виконання завдань.

Оскільки монтаж обладнання здійснюється на висоті до 3 метрів, працівники зобов'язані використовувати драбини, запобіжні пояси та спеціальні сумки для інструментів, що сприяє зменшенню ризиків та підвищенню безпеки.

Роботи проводяться в умовах, що відповідають другому класу допустимості за санітарними нормами, із дотриманням встановлених мікрокліматичних параметрів. Винятком є перевищення рівня вологості, спричинене непрацюючою системою вентиляції.

Таким чином, дотримання комплексу організаційних та технічних заходів забезпечує безпечне виконання робіт та мінімізує вплив шкідливих факторів на працівників.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті була проведена оцінка комплексної модернізації студентського гуртожитку №19 КПІ ім. Ігоря Сікорського. Було проаналізовано технічний стан будівлі гуртожитку №19, включаючи його архітектурно-планувальні рішення, інженерні мережі та основні характеристики споживання енергоресурсів. Встановлено, що будівля має значний енергетичний потенціал для оптимізації, оскільки частина огорожувальних конструкцій та інженерних систем є застарілими. На основі зібраних даних можна зробити висновок що:

1) Аналіз динаміки електроспоживання за останні два роки показав, що гуртожиток споживає доволі багато електроенергії. Однією з причин, є постійне використання системи освітлення у коридорах, де світло горить як ночі, так і вдень. Для вирішення проблеми було запропоновано такі заходи:

- Заміна існуючих люмінесцентних ламп на світлодіодні
- Встановлення датчиків руху в місцях загального користування

Ці заходи суттєво зменшать споживання електроенергії в гуртожитку і дозволять зекономити сприятимуть значному покращенню споживанню енергоресурсами.

2) Було проведено визначення енергоефективності гуртожитку та запропоновані заходи з її підвищення. Стан огорожувальних та світлопрозорих конструкцій гуртожитку не відповідають мінімально допустимим значенням опору теплопередачі. Виходячи з цього було запропоновано також низку рішень, спрямованих на вирішення цієї проблеми:

- Утеплення конструкцій зовнішніх стін мінеральною ватою
- Заміна світлопрозорих конструкцій на енергоефективні
- Утеплення підлоги над неопалювальним підвалом
- Встановлення балансувальних клапанів в опалювальній системі

Ці заходи значно зменшать втрати теплової енергії та дозволять її рівномірно розподіляти між всіма мешканцями гуртожитку для комфортного проживання.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Розвиток енергоменеджменту в гуртожитку №19 показує про необхідність подальшого його впровадження. Інтеграція інноваційних засобів контролю, зокрема автоматизованих систем комерційного обліку енергії (АСКОЕ), відіграє ключову роль у досягненні енергетичної ефективності об'єкта. Використання температурних карт дозволяє адаптувати режими споживання енергії до кліматичних умов, що забезпечує раціональне використання теплових ресурсів. Запровадження сучасних технологій енергозбереження й відповідних організаційних заходів позитивно впливає на зниження експлуатаційних витрат гуртожитку. Крім того, це сприяє формуванню екологічно відповідального підходу до споживання енергії серед студентів.

4) Оцінка можливостей застосування відновлювальних джерел енергії показала, що в гуртожитку доцільно буде встановити сонячні колектори на даху. Цей захід позитивно вплине на економію споживання гарячої води, оскільки сонячні колектори будуть покривати частину споживання. Також у періоди відсутності гарячого водопостачання, колекторна установка подачу гарячої води, що забезпечить комфорт проживання для студентів.

5) Останній розділ дипломного проєкту присвячений питанням дотримання вимог охорони праці під час встановлення датчиків руху. Акцент зроблено на безпечному та правильному підключенні освітлювальних приладів до електричної мережі з дотриманням чинних технічних регламентів та стандартів. Завершальне тестування системи освітлення після виконання робіт гарантує її справну роботу, відповідність нормативам і мінімізує ризики виникнення технічних несправностей.

На основі всіх розділів і досліджень можа зробити висновок, що запропоновані заходи дозволять підвищити енергоефективність гуртожитку. Це забезпечить не тільки зменшення витрат на енергоресурси, але й покращить умови проживання для студентів. Крім того, впровадження заходів знизить екологічне навантаження на довкілля та зміцнить загальний рівень енергетичної стабільності й безпеки об'єкта.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Супутникове зображення гуртожитку Google maps URL: https://www.google.com/maps/place/%D0%93%D1%83%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA+%E2%84%9619,+%D0%9D%D0%A2%D0%A3%D0%A3+%22%D0%9A%D0%9F%D0%86%22/@50.4463309,30.4488949,134m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x40d4cc212c84a125:0xa98c13f262b19c6c!8m2!3d50.4463715!4d30.4493519!16s%2Fg%2F1x6q08ls?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyMS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D.
- 2) Системи електропостачання [Електронний ресурс] : довідкові дані (таблиці) до викон. практ. занять, контр. і самоств. робіт, курсового проекту з дисципліни для студ. напрямів підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» та 6.05060 «Теплоенергетика» за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут» ; уклад. : В.А. Попов, В.В. Ткаченко, О.С. Ярмолук. – К. : Вид-во НТУУ «КПІ», 2014. – 17 с.
- 3) 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.
- 4) Побудова діаграми Санкея SankeyMATIC вебсайт URL: <https://sankeymatic.com/build/>.
- 5) Лампа EVROLIGHT L-1200 6400K 18Вт G13 T8 трубчаста LED вебсайт URL: https://comfy.ua/ua/lampochka-svetodiodnaja-evrolight-l-1200-6400k-18vt-g13-t8-trubchastaja-led-000041028.html?gad_source=1&gad_campaignid=20707836170&gbraid=0AAAAAC-ixwh0QDZ8530rSigl_khoRYFXS&gclid=Cj0KCQjw_8rBBhCFARIsAJrc9yC624TeE0S50nSF6fzQbtgOHSemsYzajCm_mKRePmZJb7rKP1Cd8ggaAvVLEALw_wcB.

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6) Датчик руху ДД008 білий 180° IP44 LDD10-008-1100-001 ІЕК вебсайт URL:https://electro-market.com.ua/uk/ctproduct/datchik-ryhy-dd-008-bilii-180-ip44-ldd10-008-1100-001-iek.html?gad_source=1&gad_campaignid=22505566489&gclid=Cj0KCQjw_8rBBhCFARIsAJrc9yCUvJBpA3LOb8iCz8VO0IFvIt2NUw_8bcUs_caDbPoOuMRARwBpVM AaAj9YEALw_wcB .

7) ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2021 – 8-9 с.

8) ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель вебсайт URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98996 .

9) Мінвата Rockwool Frontrock Super вебсайт URL: <https://slons.com.ua/products/rockwool-frontrock-super-120> .

10) Балансувальний клапан GIACOMINI вебсайт URL: https://bom.com.ua/product/klapan-balansuvalnii-giacomini-du-20-zi-zlivom-r206by014?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=merchant_vsi_tovari_maks_klikiv_ppcexperts_24_04_2025&utm_term=&gad_source=1&gad_campaignid=22472138559&gbraid=0AAAAA_SoabNmri454V7xQiJRcORZV3F1R&gclid=CjwKCAjwgb_CBhBMEiwA0p3oOMpEQXbh07TpAsyfVK2rlpwL2lgThs-DOnlmlSjCepvNdcieBFfn9RoC0KQQA vD_BwE

11) Встановлення автоматизованої системи диспетчеризації АСЕМ вебсайт URL: <https://cee.com.ua/ASEM.html> .

12) ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" вебсайт URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152 .

13) Карта сонячної інсоляції України вебсайт URL: <https://globalsolaratlas.info/map?c=49.181482,27.562501,6> .

14) Методика вибору та розрахунку геліосистеми вебсайт URL: <https://www.solargarden.com.ua/kak-rasschytyat-neobhodymoe-kolychestvo-solnechnyh-kollektorov/>

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15) Сонячний колектор горизонтальний Viessmann Vitosol 100-FM SH1F
вебсайт URL: <https://ms-comfort.kyiv.ua/soniachnyi-kolektor-horyzontalny-viessmann-vitosol-100-fm-sh1f->

[zk02626/?gad_source=1&gad_campaignid=21746938034&gbraid=0AAAAAqYe9CM704STkzDY-TNo27CFnFRy0&gclid=CjwKCAjw6ZTCBhBOEiwAqfwJd3IfKcTVXChC-2Tqd2C_xcEt-ysrkgWgRYwU21Bk-IwoVWMhLgNoQhoCkdoQAvD_BwE](https://ms-comfort.kyiv.ua/soniachnyi-kolektor-horyzontalny-viessmann-vitosol-100-fm-sh1f-zk02626/?gad_source=1&gad_campaignid=21746938034&gbraid=0AAAAAqYe9CM704STkzDY-TNo27CFnFRy0&gclid=CjwKCAjw6ZTCBhBOEiwAqfwJd3IfKcTVXChC-2Tqd2C_xcEt-ysrkgWgRYwU21Bk-IwoVWMhLgNoQhoCkdoQAvD_BwE)

16) ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" вебсайт URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610

17) ДБН В.2.5-23:2010 "Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення" вебсайт URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3084989669637621022?doc_type=2

18) ДСТУ EN 420:2017 Рукавички захисні. Загальні вимоги та методи випробування (EN 420:2003+A1:2009, IDT) вебсайт URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82030

19) ДСТУ EN 166:2017 Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови (EN 166:2001, IDT) вебсайт URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75013

20) ДСТУ EN ISO 20345:2016 Засоби індивідуального захисту. Взуття безпечне (EN ISO 20345:2011, IDT; ISO 20345:2011, IDT) вебсайт URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71630

					ОН-1113.00.012 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		