

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 636.5(075)

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики, ав-
томатики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

_____ /Каплун В.В./
(підпис)
« ____ » _____ 2024 р.

_____ /Окушко О.В./
(підпис)
« ____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Підвищення енергоефективності енергоспоживання студентського гуртожитку №12»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ К.Т.Н. ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Усенко С.М
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ (науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Радько І.П
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

_____ Кулінич Р.П
(ПІБ)

КИЇВ – 2024
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та електротехнологій
к.т.н доцент _____ Окушко О.В.
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

_____ Куліничу Роману Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Підвищення енергоефективності енергоспоживання студентського гуртожитку №12» затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 26.09.2024р. № 1666 С

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.11.24

Вихідні дані до магістерської роботи

«Правила влаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Оцінка та аналіз раціонального використання електричної енергії в умовах гуртожитку
2. Розроблення заходів з підвищення енергоефективності для споживачів електроенергії
3. Аналіз впливу енергоменеджменту на показники споживання енергетичних ресурсів

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання 27. 09. 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____
(підпис)

Радько І.П
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Кулінич Р.П
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з 5 розділів та містить 76 сторінок основного тексту. В тексті роботи наведено 18 ілюстрацій, 22 таблиць та 37 бібліографічних найменування за переліком посилань.

Ключові слова: електрична енергія, теплова енергія, енергоефективність, енергозбереження, енергоспоживання.

Метою проекту є підвищення рівня енергоефективності споживання енергоресурсів у гуртожитку. Об'єкт дослідження – гуртожиток у м. Київ. Предмет дослідження – потенціал підвищення енергетичної ефективності. Методи дослідження – аналітично-розрахунковий, техніко-економічний аналіз. Впровадження всіх запропонованих можливостей енергозбереження допоможе скоротити споживання енергоресурсів та фінансові витрати. Економічний ефект від впровадження запропонованих заходів є значний, про що вказують невеликі терміни окупності.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОПИС ГУРТОЖИТКУ	5
1.1. Інформація про об'єкт	5
1.2. Опис мереж інженерно-технічного забезпечення	6
1.3. Дані про споживання енергетичних ресурсів гуртожитком	7
1.4. Висновки до розділу 1.	14
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ГУРТОЖИТКУ	16
2.1. Схема живлення гуртожитку	16
2.2. Перелік споживачів електроенергії та їх характеристики	17
2.3. Розрахунок енергоспоживання об'єкту	22
2.4. Зведення балансу потужностей по споживачам	30
2.5. Розроблення заходів з підвищення енергоефективності для споживачів електроенергії	35
2.5.1. Модернізація системи освітлення	35
2.5.2. Датчики руху	38
2.5.3. Інтеграція системи енергомоніторингу та диспетчеризації	42
2.5.4. Інтеграція відновлювальних джерел електроенергії	44
2.6. Висновки до розділу 2.	53
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	54
3.1. Визначення теплового навантаження об'єкту	54
3.2. Типові заходи для підвищення ефективності використання теплової енергії	58
3.2.1. Утеплення стін	58
3.2.2. Утеплення даху	59
3.2.3. Заміна конструкцій вікон та дверей	59

3.3. Висновки до розділу 3	59
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПОКАЗНИКИ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ	60
4.1. Висновки до розділу 4	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку енергетики та загострення екологічних проблем, пов'язаних з обмеженими запасами викопних ресурсів і зростанням викидів парникових газів, питання підвищення енергоефективності набуває дедалі більшої актуальності. Оптимізація енергоспоживання в будівлях, зокрема студентських гуртожитках, є одним із важливих напрямків енергозбереження, який здатний не лише знизити витрати на утримання будівель, але й сприяти сталому розвитку суспільства.

Питання підвищення енергоефективності у світі давно не розглядається як окреме завдання, а є необхідністю для виконання кліматичних зобов'язань міжнародної спільноти. Зокрема, Європейський Зелений Курс передбачає дорожню карту заходів, які покликані перетворити ЄС на ефективну, стійку та конкурентоспроможну економіку. Відповідно до Концепції зеленого енергетичного переходу України до 2050 року, визначальними напрямками «зеленого переходу» стають саме енергетичні (енергоефективність і відновлювані джерела енергії, посилення електрифікації різних галузей економіки, зменшення використання технологій на базі викопних видів палива) [1].

Студентські гуртожитки, як місце проживання великої кількості молоді, характеризуються інтенсивним споживанням енергії для опалення, освітлення, гарячого водопостачання та інших побутових потреб. Ефективне управління енергоспоживанням у таких об'єктах не тільки сприяє зменшенню навантаження на енергосистему, але й підвищує рівень комфорту проживання студентів та забезпечує економічні вигоди.

Актуальність теми дослідження обумовлена постійним зростанням тарифів на комунальні послуги, що спонукає до необхідності економії та пошуку шляхів зниження енергоспоживання. Основними засобами скорочення споживання енергоресурсів є раціональне та ефективне використання ресурсів і термомодернізація. Оскільки житловий фонд України є одним із найбільш

енергоємних секторів, першочергове впровадження заходів з підвищення енергоефективності в цій сфері є особливо важливим.

Мета дослідження – визначення методів та засобів управління енергоспоживанням у студентському гуртожитку з метою підвищення ефективності енерговикористання.

Об'єкт дослідження – 12-поверховий студентський гуртожиток.

Предмет дослідження – енергоспоживання будівлі, теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій будівлі, характеристики інженерних мереж.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вдосконаленні методичних підходів та методів аналізу, оцінки та моніторингу показників енергоефективності житлових будівель. Також проведено оцінку за національною методикою розрахунків до та після впровадження енергоефективних заходів.

РОЗДІЛ 1. ОПИС ГУРТОЖИТКУ

1.1. Інформація про об'єкт

Розташування будівлі: м. Київ.

Функціональне призначення: студентський гуртожиток.

Загальна площа: 5950 м².

Загальний об'єм: 20200 м³.

Опалювальна площа: 4800 м².

Опалювальний об'єм: 16100 м³.

Кількість поверхів: 12.

Рік прийняття в експлуатацію: 1977.

Кількість кімнат: 172.

Кількість під'їздів: 2.

На рисунку 1.1 загальний вигляд об'єкту дослідження.



Рис. 1.1. Загальний вигляд об'єкту дослідження

Стіни будівлі виконані з керамічної цегли, будівля немає утеплень. Віконні отвори по кімнатах та місця загального користування обладнано в переважній більшості металопластиковими та дерев'яними вікнами з одинарним склопакетом. Двері входних груп металеві та дерев'яні, наявний тамбур. Під всією будівлею розташований опалюваний підвал, частина якого є укриттям. Дах будівлі плаский. Перекриття даху виконано із залізобетонної плити.

Гуртожиток має цілодобове відеоспостереження, систему пожежної безпеки та пожежні крани на кожному поверсі.

1.2. Опис мереж інженерно-технічного забезпечення

Об'єкт має систему централізованого теплопостачання через індивідуальний тепловий пункт (ІТП). В якості теплоносія використовується звичайна вода. Будівля отримує тепло від теплового вводу, теплове навантаження системи опалення становить 0,313 Гкал/год. Схема підключення є залежною, а циркуляція теплоносія в будівлі забезпечується за рахунок перепаду тиску в мережі центрального опалення. Облік теплової енергії, спожитої на опалення, здійснюється за допомогою комерційних приладів обліку.

Система опалення всередині об'єкту є однотрубною з постійним гідравлічним режимом, яка не налагоджена. Відсутні балансувальні клапани на стояках (горизонтальних вітках) системи.

Система розподілу складається зі сталевих трубопроводів, розташованих у опалюваних приміщеннях. Тепловіддача забезпечується чавунними та сталевими радіаторами, без терморегуляторів. На сьогодні, трубопроводи системи опалення знаходяться в незадовільному стані, оскільки мають застарілий стан ізоляції. Система опалення об'єкту представлена на рисунку 1.2.



Рис. 1.2. Система опалення об'єкту

Вентиляція природня, шляхом відкривання вікон. В підвалі гуртожитку встановлена механічна вентиляція. Система охолодження на об'єкті відсутня.

Гаряче та холодне водопостачання об'єкту – централізоване. Система гарячого та холодного водопостачання має теплове навантаження в розмірі 0,239 Гкал/год. Облік споживання теплової енергії здійснюється за показами загального комерційного вузла обліку.

Система освітлення в приміщеннях гуртожитку представлена світлодіодними, люмінесцентними та лампами розжарювання. Керування системою освітлення відбувається в ручному режимі.

1.3. Дані про споживання енергетичних ресурсів гуртожитком

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів в гуртожитку має велике значення з економічної та екологічної точки зору. Нижче наведено зміни у споживанні енергетичних ресурсів об'єктом за останні три роки з метою виявлення засобів та можливостей для покращення енергоефективності. Для аналізу використані дані з комерційних лічильників, що встановлені в гуртожитку.

У таблиці 1.1 представлено споживання електричної енергії гуртожитком в період з 2021 по 2023 роки.

Таблиця 1.1.

Помісячне споживання електричної енергії об'єктом

Місяць	Спожи- вання ене- ргії, кВт·год	Оплаче- но, тис. грн	Спожи- вання ене- ргії, кВт·год	Оплаче- но, тис. грн	Спожи- вання ене- ргії, кВт·год	Оплаче- но, тис. грн
	2021		2022		2023	
Січень	24400	40992,00	27400	46032,00	10885	18286,8
Лютий	22000	36960,00	27610	46384,80	10335	17362,8
Бере- зень	15100	25368,00	9980	16766,40	8801	14785,68
Квітень	14900	25032,00	9980	16766,40	9165	15397,2
Травень	12700	21336,00	9980	16766,40	10336	17364,48
Червень	9400	15792,00	9980	16766,40	9925	26202
Липень	9450	15876,00	7250	12180,00	8445	22294,8
Серпень	9315	15649,20	6625	11130,00	8005	21133,2
Вересень	13447	22590,96	8575	14406,00	9019	23810,16
Жов- тень	22335	37522,80	14450	24276,00	9522	25138,08
Листо- пад	21175	35574,00	12922	21708,96	11661	30785,04
Грудень	24720	41529,60	12157	20423,76	15123	39924,72
Разом	198942	334222,6	156909	263607,1	121222	272485

Графік річного споживання електричної енергії у період з 2021 по 2023 рр. представлено на рисунку 1.3.

Із графіку видно сезонні коливання споживання електричної енергії за три роки. Споживання є нерівномірним протягом року. Взимку споживання

найвище, через погодні умови, тому мешканці гуртожитку починають використовувати обігрівачі. В теплі місяці року споживання менше, оскільки літом, немає навчання і більшість студентів покидають гуртожиток, енергоспоживання скорочується, але з початком навчального року споживання електричної енергії знову починає зростати.

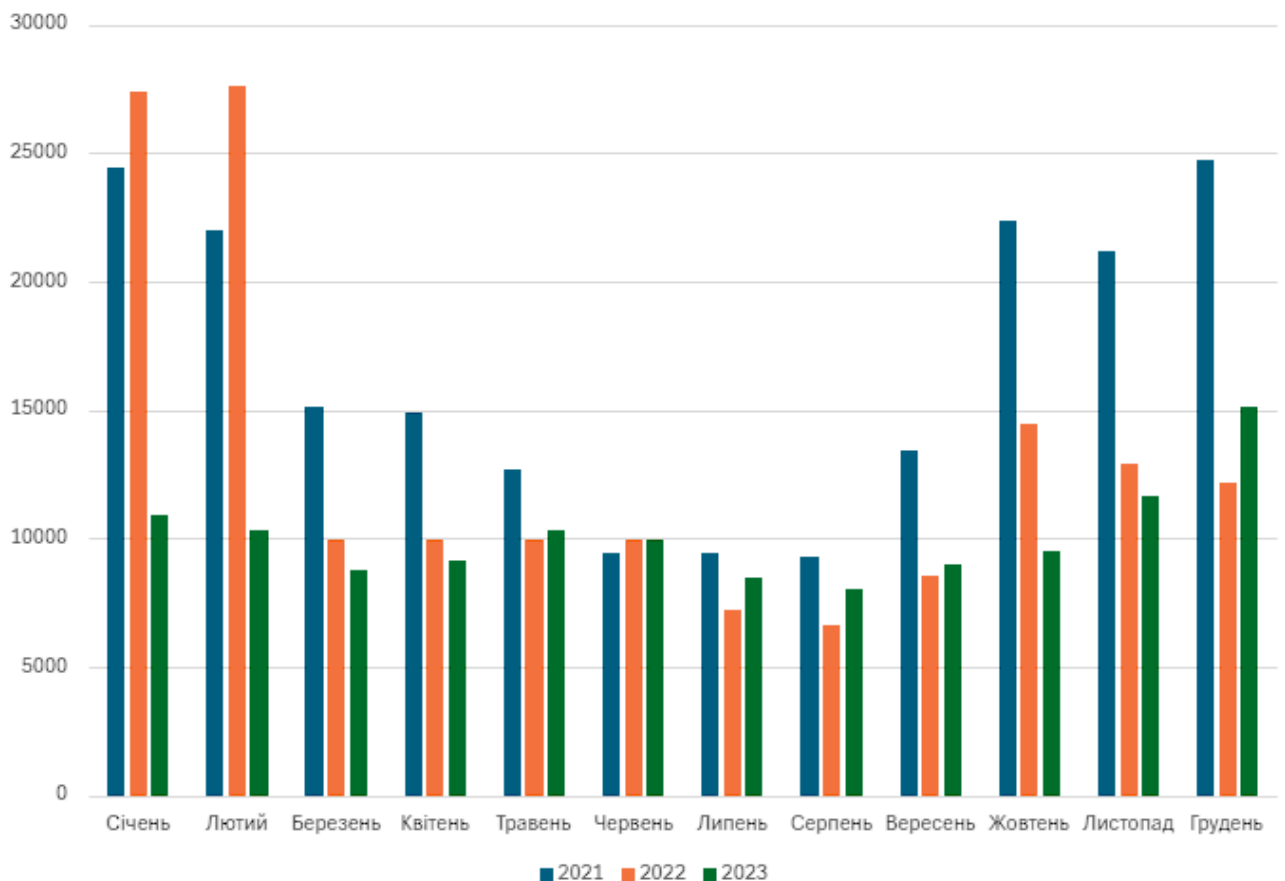


Рис. 1.3. Графік річного споживання електричної енергії об'єктом

Далі наведемо річне споживання теплової енергії у період з 2021 по 2023 рр. помісячно, що представлено у таблиці 1.2.

Помісячне споживання теплової енергії об'єктом

Місяць	Спожи- вання ене- ргії, Гкал	Оплаче- но, тис. грн	Спожи- вання ене- ргії, Гкал	Оплаче- но, тис. грн	Спожи- вання ене- ргії, Гкал	Оплаче- но, тис. грн
	2021		2022		2023	
Січень	60,1	99430,04	75,21	124428,1 8	88,12	145786,6 1
Лютий	89,5	148069,7	75,74	125305,0 1	99,36	164382,1 8
Бере- зень	75,6	125073,4	51,23	84755,42	85,6	141617,5 0
Квітень	55,2	91323,43	4,22	6981,61	64,19	106196,5 8
Травень	11,9	19687,48	12,09	20001,82	10,05	16626,82
Червень	2,4	3970,584	8,55	14145,21	5,12	8470,58
Липень	6,61	10935,65	0	0,00	9,33	15435,65
Серпень	7,98	13202,19	7,91	13086,38	67,8	112169,0 0
Вересень	17,45	28869,45	51,46	85135,94	45,15	74696,61
Жов- тень	28,25	46737,08	16,47	27248,13	68,22	112863,8 5
Листо- пад	56,55	93556,89	25,33	41906,21	15,88	26272,03
Грудень	65,27	107983,3	82,3	136157,9 4	58,65	97031,15
Разом	476,81	788839,2 3	410,51	679151,8 4	617,47	1021548, 54

Графік помісячного споживання теплової енергії у період з 2021 по 2023 рр. представлено на рисунку 1.4.

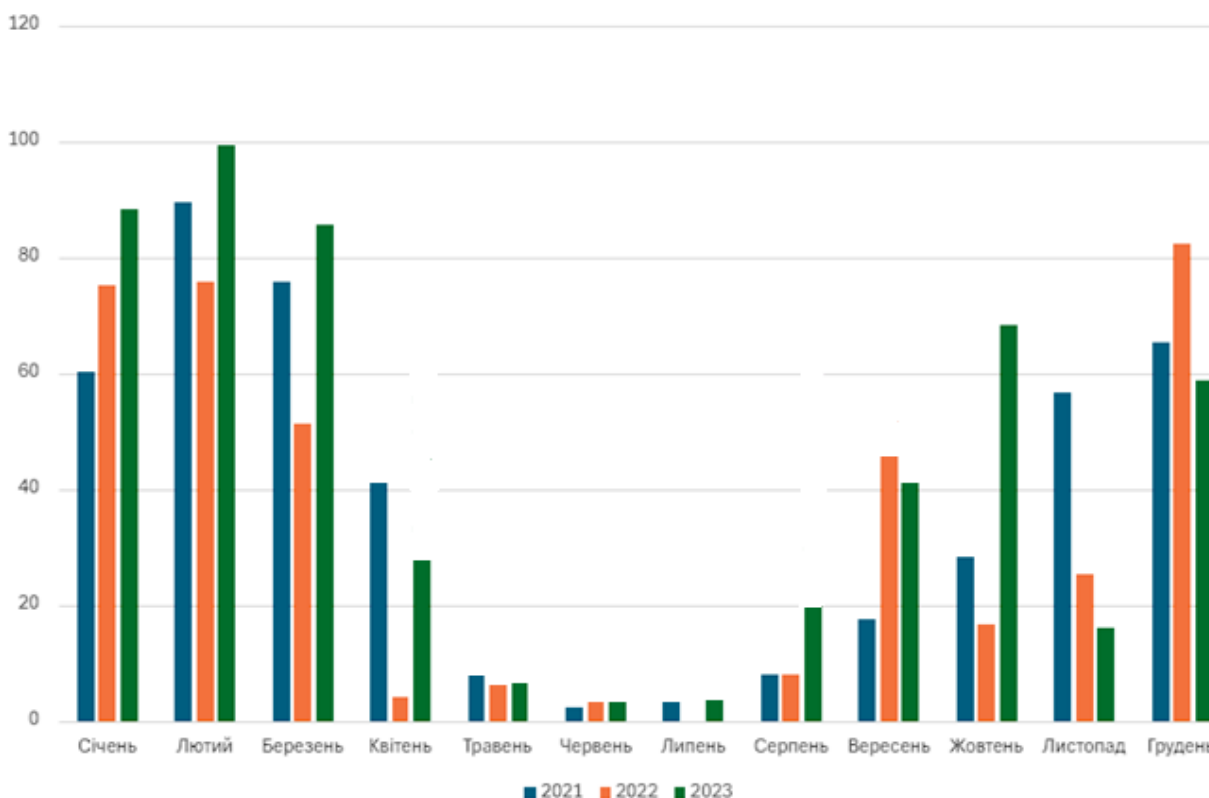


Рис. 1.4. Графік річного споживання теплової енергії об'єктом

На графіку відображено сезонні коливання споживання теплової енергії об'єктом за три роки. Найбільше споживання теплової енергії зимою, це напряму пов'язано з порою року. Весною потреба в опаленні зменшується через підвищення температури навколишнього середовища. Мінімальне споживання теплової енергії у літній період пов'язано, з тим що, опалення практично не використовується, споживання може бути пов'язане з гарячою водою. Зростання у квітні може бути зумовлене холоднішою погодою або збільшенням кількості мешканців. Стрибок споживання у серпні є незвичним для цієї пори року і може бути пов'язаний з аварійними ситуаціями, підготовкою до нового навчального року чи несправностями обладнання. У жовтні ймовірно почався ранній опалюваний сезон або проводились інтенсивні роботи з налаштування систем опалення. Для точного визначення причин цих стрибків необхідний детальний аналіз і корекція управління енергоресурсами.

З огляду на температуру за 2023 рік, яка є у вільному доступі, можна зробити висновок, що такі стрибки не зумовлені зовнішньою температурою повітря.

Помісячний обсяг водоспоживання в період з 2021 по 2023 рр. представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Помісячне водоспоживання об'єктом

Місяць	Споживання води, м ³	Оплачено, тис. грн	Споживання води, м ³	Оплачено, тис. грн	Споживання води, м ³	Оплачено, тис. грн
	2021		2022		2023	
Січень	1330	33755,40	2720	82644,48	1802	54751,97
Лютий	980	24872,40	1350	41018,40	930	28257,12
Березень	1245	31598,10	850	25826,40	1310	39803,04
Квітень	1450	36801,00	660	20053,44	1507	45788,69
Травень	840	21319,20	601	18260,78	1550	47095,20
Червень	1367	34694,46	806	24489,50	930	28257,12
Липень	1378	34973,64	825	25066,80	1140	34637,76
Серпень	702	17816,76	815	24762,96	1045	31751,28
Вересень	1465	37181,70	1175	35701,20	1188	36096,19
Жовтень	2198	55785,24	1065	32358,96	1190	36156,96
Листопад	1690	42892,20	1501	45606,38	1225	37220,40
Грудень	1070	27156,60	1036	31477,82	1369	41595,70
Разом	15715	398846,7	13404	407267,13	15186	461411,42

Графік помісячного водоспоживання у період з 2021 по 2023 рр. представлено на рисунку 1.5.

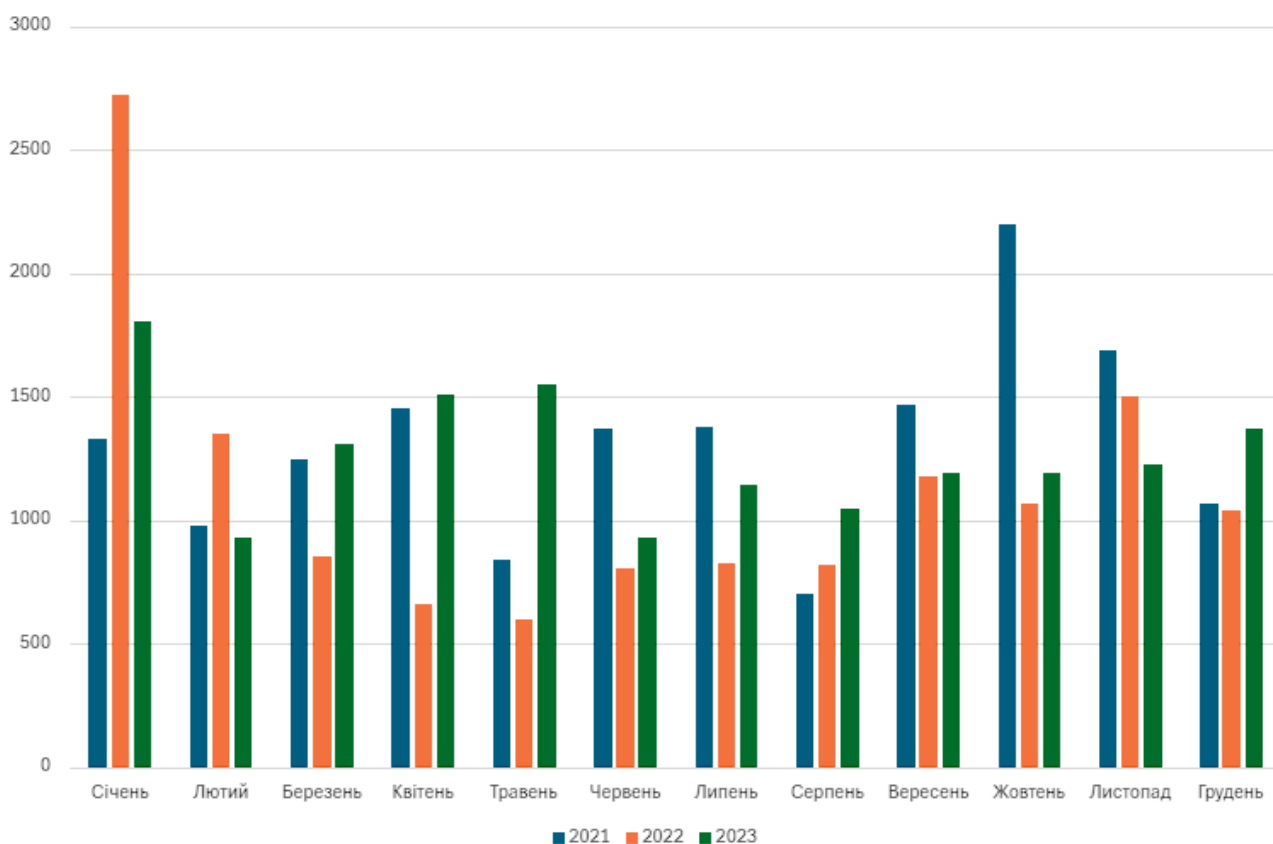


Рис. 1.5. Графік річного водоспоживання об'єктом

З графіка чітко видно залежність в періоди відсутності студентів та персоналу в гуртожитку. Відповідно водоспоживання у літній період менше ніж у інші.

Зміни тарифів на енергетичні ресурси гуртожитку, є важливими, для фінансового планування та енергоефективності. Зміна тарифів відбувається відповідно до коливання ринку води, електричної та теплової енергії, враховуючи різноманітні чинники, що впливають на ціни. Проаналізуємо тарифи для об'єкту у період за 2021-2023 роки з метою виявлення тенденцій та впливу змін на фінансовий стан.

В таблиці 1.4 зведемо тарифи на електричну енергію за останні 4 роки згідно з [2].

Тарифи на електроенергію за 2021-2024 рр.

Проміжок часу	Тариф, грн. з ПДВ
01.01.2021 – 31.05.2023 р.	1,68
01.06.2023 – 31.05.2024 р.	2,64
з 01.06.2024 р.	4,32

Тарифи КП «Київтеплоенерго» на теплоенергію для мешканців м. Києва за опалювальний сезон 2021-2022 рр. є такими же як минулого року.

Вартість 1 Гкал теплоенергії становить 1654,41 грн. з ПДВ [3].

Тарифи на водопостачання та водовідведення для м. Києва зведемо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5.

Тарифи на водопостачання та водовідведення

Проміжок часу	Тариф, грн. з ПДВ		
	Водопостачання	Водовідведення	Разом
01.01.2021 – 31.12.2021 р.	13,344	12,036	25,38
з 01.01.2022 р.	16,164	14,22	30,384

1.4. Висновки до розділу 1

Об'єкт перебуває в задовільному стані, виходячи з огляду на поточний стан будівлі. Однак є необхідність у впровадженні енергозберігаючих заходів.

Виконавши аналіз споживання енергетичних ресурсів гуртожитком за період останніх років, виявлено, що споживання змінюється в залежності від пори року, що пояснюється сезонними змінами температури, особливо помітно в

споживанні теплової енергії. Постійне збільшення тарифної політики є одним із приводів для впровадження енергозберігаючих заходів, з метою зниження енергоспоживання, що дасть змогу скоротити фінансові витрати об'єкту.

РОЗДІЛ 2.

ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ГУРТОЖИТКУ

2.1. Схема живлення гуртожитку

Система електропостачання гуртожитку є важливим компонентом інженерних мереж будівлі, що забезпечує електроенергією приміщення та обладнання об'єкту. Енергосистема складається з мережі електропостачання, розподільчого пристрою, розподільчих щитів, комутаційного обладнання, що забезпечує надійність та безперервність живлення всіх користувачів будівлі.

Електроживлення надходить від трансформаторної підстанції потужністю 400кВА. Підстанція забезпечує електропостачанням ще ряд суміжних житлових та адмінбудівель. Так як гуртожиток є житловою будівлею, то він категорія надійності електропостачання – 3, це означає, що перерва в електропостачанні, яка необхідна для ремонту і заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби [4].

До основних елементів системи належать:

- трансформатор ТМ-400 кВА;
- розподільчі щити 0,4 кВ;
- кабельні лінії 10 кВ та 0,4 кВ;
- комутаційне обладнання.

В таблиці 2.1 наведемо технічні характеристики трансформатора 400кВА.

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики трансформатора 400кВА

Тип	S , кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	$P_{кз}$, кВт	$P_{хх}$, кВт	$U_{кз}$, %
ТМ-400	400	10	0,4	5,5	1,05	4,5

Кожен поверх гуртожитку має дві щитові панелі 0,4кВ. У підвальному приміщенні розміщено головну щитову, всі щитові автоматично керуються викиачами. На рисунку 2.1 наведено зображення однієї з існуючих щитових.



Рис. 2.1. Зображення однієї з існуючих щитових

З рисунку видно, що щитова знаходиться в незадовільному стані та потребує модернізації. Деякі дроти мають застарілу ізоляцію, що може призвести до короткого замикання або пожежі, провідники не мають належного захисту від механічних пошкоджень, деякі з'єднання відкриті. Також, проводка незакріплена, що може призвести до випадкових відключень або пошкоджень.

2.2. Перелік споживачів електроенергії та їх характеристики

Гуртожиток має місця загального користування, а саме, коридори, хол, сходові клітини, кухні, санвузли та пральні кімнати, всі вони обладнані прист-

роями та системами, що споживають електричну енергію, такі як: турнікет, електроосвітлення, пральні машини, камери відеоспостереження. Додатково споживачами електричної енергії є насосні установки в технічному приміщенні та побутові прилади, які знаходяться в житлових кімнатах.

Дані про обладнання, яке споживає електричну енергію представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Перелік споживачів електроенергії

№ рядка	Тип споживача	Обладнання	Кількість, шт.	Потужність одиниці, Вт	Загальна потужність, Вт	Кількість год. роботи на добу, шт.
1	2	3	4	5	6	7
2	Система освітлення	LED лампи Brille	35	20	700	10
3		Світлодіодні лампи	8	12	96	10
4		Світлодіодні світильники	40	36	1440	10
5		Світлодіодні лампи	99	25	2475	10
6		Світлодіодні лампи	10	18	180	10
7		Люмінесцентні лампи	95	36	3420	10

1	2	3	4	5	6	7
8	Система освітлення	Люмінесцентні лампи Philips	25	36	900	10
9		Лампи розжарювання	10	100	1000	10
10	Інші споживачі	Камери відеоспостереження в будівлі	6	7,5	45	24
11		Камери відеоспостереження зовні	5	15	75	24
12		Прохідний турнікет	2	25	50	24
13		Пральні машини	4	1500	6000	7
14	Теплові насоси	Тепловий насос подачі води 1	1	750	750	10
15		Тепловий насос подачі води 2	1	500	500	10
Електроприймачі в кімнатах			172	200	34400	6,5
Разом, кВт			-	-	52	-

Як видно з таблиці 2.2, загальна встановлена потужність обладнання в гуртожитку становить 52 кВт.

Основна частина навантаження це обладнання в житлових кімнатах та пральні машини. Важливо зазначити, що значна частина обладнання гуртожитку знаходиться в задовільному стані, а іншу частину, саме люмінесцентні та лампи розжарювання, рекомендується замінити на більш енергоефективні світлодіодні лампи, оскільки вони споживають набагато менше електричної енергії, забезпечуючи при цьому аналогічний рівень освітлення.

Споживачі електроенергії об'єкту зображено на рисунках 2.2 - 2.4.



Рис. 2.2. Зображення циркуляційних насосів



Рис. 2.3. Зображення внутрішнього освітлення



Рис. 2.4. Пральні машинки

2.3. Розрахунок енергоспоживання об'єкту

Розрахунок проведемо на прикладі пральних машин за методикою [6].

Сумарна номінальна потужність, кВт, визначається за формулою:

$$P_{\Sigma_{нав}} = n \cdot P_{ЕП} \quad (2.1)$$

де n - кількість споживачів

$P_{ЕП}$ - номінальна потужність електроприймача (ЕП), кВт.

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$P_{\Sigma_{нав}} = 4 \cdot 1,5 = 6 \text{ кВт}$$

Розраховуємо коефіцієнт реактивного навантаження для кожного електрообладнання за формулою:

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

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності споживача.

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$tg\varphi = \sqrt{\frac{1}{0,8^2} - 1} = 0,75$$

Розраховуємо розрахункову активну потужність за формулою:

$$P_p = k_\epsilon \cdot P_{\Sigma нав}$$

де k_ϵ - коефіцієнт використання для ЕП, для пральної машини – 0,7.

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$P_p = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ кВт}$$

Розраховуємо розрахункову активну потужність за формулою:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.4)$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$Q_p = 4,2 \cdot 0,75 = 3,15 \text{ кВАр}$$

Розраховуємо повну потужність за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.5)$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$S_p = \sqrt{4,2^2 + 3,15^2} = 5,25 \text{ кВА}$$

За наведеним вище алгоритмом виконуємо розрахунки навантаження для всіх інших ЕП, отримані дані зводимо в таблицю 2.3.

На об'єкті використовується 8 різних типів світильників, виконаємо розрахунок для LED ламп Brille.

Розраховуємо активну потужність LED ламп Brille за наступною формулою:

$$P_{p.осв.} = k_{\epsilon} \cdot P_{CB} \cdot n \quad (2.6)$$

де k_{ϵ} - коефіцієнт використання для освітлення прийнято відповідно до встановленої потужності світильників згідно з [5], для LED ламп $k_{\epsilon} = 0,8$.

P_{CB} - потужність світильника, Вт.

n - кількість світильників, шт.

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$P_{p.осв.} = 0,8 \cdot 0,020 \cdot 35 = 0,56 \text{ кВт}$$

Розраховуємо реактивну потужність LED ламп Brille за наступною формулою:

$$Q_{p.осв.} = P_{p.осв.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{осв} \quad (2.7)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{осв}$ - відповідає $\cos \varphi$ світильника.

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$Q_{p.осв.} = 0,56 \cdot 0,33 = 0,18 \text{ кВАр}$$

За наведеним вище алгоритмом виконуємо розрахунки для всіх інших світильників, отримані дані зводимо в таблицю 2.3.

Розрахуємо сумарну активну потужність системи освітлення, яка складається з 8 видів світильників, за формулою:

$$P_{\Sigma osv.} = P_{p.osv.1} + P_{p.osv.2} + P_{p.osv.3} \dots + P_{p.osv.8} \quad (2.8)$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$P_{\Sigma osv.} = 0,56 + 0,09 + 1,01 + 1,73 + 0,13 + 2,22 + 0,63 + 0,65 = 7,02 \text{ кВт}$$

Розрахуємо реактивну потужність системи освітлення:

$$Q_{\Sigma osv.} = (0,56 + 0,09 + 1,01 + 1,73 + 0,13) \cdot 0,33 + (2,22 + 0,63) \cdot 0,43 + 0,65 \cdot 0 = 2,39 \text{ кВАр}$$

Розраховуємо повне навантаження на ЩО за формулою:

$$S_p = \sqrt{7,02^2 + 2,39^2} = 7,42 \text{ кВА}$$

Загальний струм, який споживає гуртожиток розрахуємо за наступною формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.9)$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$I_p = \frac{51,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 78 \text{ А}$$

Розрахунок навантажень будівлі

Споживачі	n	P_n	$P_{\Sigma n}$	k_b	P_p	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Q_p	S_p
	шт.	кВт	кВт		кВт			кВАр	кВА
Пральні машини	4	1,5	6	0,70	4,20	0,80	0,75	3,15	5,25
LED лампи Brille	35	0,02	0,7	0,80	0,56	0,95	0,33	0,18	0,59
Світлодіодні лампи	8	0,012	0,096	0,90	0,09	0,95	0,33	0,03	0,09
Світлодіодні світильники	40	0,036	1,44	0,70	1,01	0,95	0,33	0,33	1,06
Світлодіодні лампи	99	0,025	2,475	0,70	1,73	0,95	0,33	0,57	1,82
Світлодіодні лампи	10	0,018	0,18	0,7	0,13	0,95	0,33	0,04	0,13
Люмінесцентні лампи	95	0,036	3,42	0,65	2,22	0,92	0,43	0,96	2,42
Люмінесцентні лампи Philips	25	0,036	0,9	0,7	0,63	0,92	0,43	0,27	0,69
Лампи розжарювання	10	0,1	1	0,65	0,65	1	0,00	0,00	0,65
Тепловий насос подачі води 1	1	0,75	0,75	0,75	0,56	0,70	1,02	0,57	0,8
Тепловий насос подачі води 2	1	0,5	0,5	0,75	0,38	0,70	1,02	0,38	0,54
Камери відеоспостереження в будівлі	6	0,0075	0,045	1	0,05	0,95	0,33	0,01	0,05
Камери відеоспостереження зовні	5	0,015	0,075	1	0,08	0,95	0,33	0,02	0,08
Прохідний турнікет	2	0,025	0,05	1	0,05	0,9	0,48	0,02	0,06
Споживання е/е особистими електроприладами	172	0,20	34,40	1,00	34,4	0,93	0,40	13,76	37,05
Всього	513	3,285	52,03	-	46,72	-	-	20,32	51,28
								$I_p(A)=$	78

Виконавши аналіз таблиці 2.3 можемо констатувати, що найбільше електричної енергії споживається мешканцями гуртожитку за рахунок використання особистих електроприладів, найменше енергії споживається камерами відеоспостереження.

Додатково виконаємо розрахунок відповідності існуючих освітлювальних приладів чинним нормативам, виконаємо обчислення рівня освітлення в коридорі першого поверху. На 1-му поверсі встановлені світлодіодні трубчасті лампи [7], технічні характеристики ламп наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Технічні характеристики лампи

Характеристика	Значення
Колірна температура	м'яке холодне світло (6400 К)
Клас енергоспоживання	A++
Термін служби	25 000 год.
Номінальна напруга	230 В
Номінальна потужність	18 Вт
Світловий потік	1400 лм
Кут розсіювання	160 град.
Цоколь	G13
Діапазон температур	-20...+40°C
Коефіцієнт потужності	0,95

Довжина коридору – 76,8 м, ширина - 2,15 м, висота – 2,6 м, кількість світильників – 13 шт., розташовані на відстані 6,3м друг від друга, що забезпечує відносно рівномірну освітленість по площі.

Для визначення відповідності наявних освітлювальних приладів чинним нормативам проведемо розрахунок за допомогою методу світлового потоку.

Відповідно до джерела [7], мінімальний рівень освітленості для загальної системи освітлення коридору має становити 30 люкс.

Окрім індексу приміщення, для знаходження коефіцієнта використання світлового потоку необхідно знати коефіцієнти відбиття стелі, стін і робочої поверхні:

Приймаємо такі коефіцієнти відбивання:

- $\rho_1(\text{п})=0,5\%$ – від стін;
- $\rho_2(\text{р})=0,3\%$ – від стелі;
- $\rho_3(\text{с})=0,1\%$ – від підлоги.

Коефіцієнт використання світлового потоку, який входить у формулу, вибирають в довідковій літературі залежно від світильника, його ККД та характеру світлового розподілу, коефіцієнтів відбивання стелі, стін і робочої поверхні та від розмірів і форми приміщення, які враховуються індексом приміщення [8]:

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

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$i = \frac{76,8 \cdot 2,15}{2,6 \cdot (76,8 + 2,15)} = 0,804$$

Визначимо коефіцієнт використання по знайденому індексу приміщення та коефіцієнтах відбиття згідно з [9] $\eta = 40,1 \%$.

КСС	М						Д						Г											
	70		50		30	0	70		50		30	0	70		50		30	0						
$p_n, \%$	50		30		50	30	10	0	50		80		50	30	10	0	50		30		50	30	10	0
$p_c, \%$	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0
$p_p, \%$	Коефіцієнт використання, %																							
i																								
0,5	28	28	21	21	25	19	15	13	36	35	30	30	34	28	25	22	58	57	55	53	57	53	49	47
0,6	35	34	27	26	31	24	18	17	43	42	35	34	40	33	28	27	68	65	62	60	64	60	57	56
0,7	41	39	32	31	39	31	25	24	48	47	41	39	45	38	33	31	74	69	68	64	69	64	66	60
0,8	49	46	38	36	43	36	29	28	54	51	45	43	49	43	37	36	78	73	72	69	72	69	56	64
0,9	51	48	40	39	46	39	31	30	57	55	48	46	52	46	41	39	81	75	75	72	75	72	70	67
1,0	54	50	43	41	48	41	34	32	60	57	52	50	55	49	45	42	84	78	78	75	77	74	72	70
1,1	56	52	46	43	50	43	35	33	64	60	55	52	58	51	47	44	87	81	80	77	79	76	74	72
1,25	59	55	49	46	53	45	38	35	69	63	60	56	61	55	50	48	90	83	84	79	82	79	16	75
1,5	64	59	53	50	56	49	42	39	73	69	67	62	67	61	55	53	94	86	88	83	85	82	79	78
1,75	68	62	57	53	60	53	45	42	79	72	71	66	70	65	60	57	97	88	92	85	86	85	82	80
2,0	73	65	61	56	63	56	48	45	83	75	75	69	73	68	64	61	99	90	95	88	88	87	84	82
2,25	76	68	65	60	66	59	51	48	86	77	79	73	76	71	66	64	101	92	97	90	90	88	85	83
2,5	79	70	68	63	68	61	54	51	89	80	82	75	78	73	69	66	103	93	99	91	91	89	87	85
3,0	83	75	73	67	72	65	58	55	93	83	86	79	81	77	73	71	105	94	102	92	93	91	80	86
3,5	87	78	77	70	75	68	61	59	96	86	90	82	83	80	76	73	107	95	104	94	94	93	90	88
4,0	91	80	81	73	78	72	65	62	99	88	93	84	85	83	79	76	109	95	105	94	94	94	91	89
4,5	95	83	86	77	80	75	69	65	105	90	98	88	88	85	81	79	111	97	108	95	96	95	92	90

Рис. 2.5. Коефіцієнт використання світлового потоку світильників

Освітленість приміщення розраховуємо за наступною формулою:

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

де: $F_{\text{л}}$ - фактичний світловий потік обраної лампи, лм;

$K_{\text{зп}}$ - коефіцієнт запасу, 1,3;

S – площа приміщення, м²;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

N – кількість світильників, шт;

z - коефіцієнт мінімальної освітленості, 1,1-1,15.

Знайдемо площу коридору:

$$S = a \cdot b \quad (2.12)$$

$$S = 76,8 \cdot 2,15 = 165,12 \text{ м}^2$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$E_{\phi} = \frac{1400 \cdot 13 \cdot 0,41}{165,12 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 31,6 \text{ лк}$$

Порівняємо фактичні значення освітленості з допустимими відхиленнями за [10]:

$$\delta = \frac{|E_{\phi} - E_n|}{E_n} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Підставимо дані у вище наведену формулу:

$$\delta = \frac{|31,6 - 30|}{30} \cdot 100\% = 5,3\%$$

Виконавши розрахунки, робимо висновок, що LED лампи відповідають нормам, оскільки, за нормативами допускається відхилення фактичних значень освітленості від допустимих в межах $-10\% \dots +20\%$ [10].

2.4. Зведення балансу потужностей по споживачам

В нинішніх умовах, коли енергоресурси обмежені та постійно зростають в ціні, проблема ефективного використання електричної енергії особливо важливим, виходячи з цього гуртожитку необхідно забезпечити стабільне енергопостачання та знизити енергозатрати, при цьому зберігаючи продуктивність. Баланс споживання електричної енергії є важливим фактором в даному процесі, він відображає структуру та обсяги використання електроенергії та містить в собі дані про всі джерела електроспоживання, допомагаючи виявити основних

споживачів, виконати аналіз їх ефективності та виявити енергетичні втрати. Це дозволяє контролювати споживання енергоресурсів та впроваджувати заходи з їх оптимізації, знижуючи витрати та підвищуючи економічну ефективність об'єкта.

Зведення балансу споживання електричної енергії включає в себе облік фактичного споживання, аналіз структури та динаміки використання енергії, дозволяє виконати оцінку ефективності систем та обладнання, а також виявлення та усунення енергетичних втрат, що сприяє підвищенню загальної енергоефективності.

Складемо баланс споживання енергії електроприймачами об'єкту.

Споживання електричної енергії для відповідного обладнання розраховується за формулою:

$$W = P_{вст.} \cdot n \cdot k_e \cdot T_{роб} \quad (2.14)$$

де: $P_{вст.}$ - встановлена потужність обладнання, згідно паспортних даних, кВт;

k_e - коефіцієнт використання потужності;

$T_{роб}$ - тривалість роботи обладнання за рік;

n - кількість обладнання одного типу.

Підставимо дані у вище наведену формулу та обчислимо загальне електроспоживання для пральних машин:

$$W = 1,5 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 2555 = 10731 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Використовуючи формулу 2.14, розраховуємо споживання електричної енергії всіх інших електроспоживачів за рік. Представимо розрахунок в таблиці 2.5.

Споживання електричної енергії за рік

Споживачі	N	$P_{ном}$	$P_{вст}$	$K_{п}$	Час роботи	Загальне електроспоживання
	шт.	кВт	кВт		год/рік	кВт·год
Пральна машина	4	1,5	6	0,70	2190	10731
LED лампи Brille	35	0,02	0,7	0,80	3650	2044
Світлодіодні лампи	8	0,012	0,096	0,90	3650	315,36
Світлодіодні світильники	40	0,036	1,44	0,70	3650	3679,2
Світлодіодні лампи	99	0,025	2,475	0,70	3650	6323,63
Світлодіодні лампи	10	0,018	0,18	0,7	3650	459,9
Люмінесцентні лампи	95	0,036	3,42	0,65	3650	8113,95
Люмінесцентні лампи Philips	25	0,036	0,9	0,7	3650	2299,5
Лампи розжарювання	10	0,1	1	0,65	3650	2372,5
Тепловий насос подачі води 1	1	0,75	0,75	0,75	3650	2053,13
Тепловий насос подачі води 2	1	0,5	0,5	0,75	3650	1368,75
Камери відеоспостереження в будівлі	6	0,0075	0,045	1	8760	394,2
Камери відеоспостереження зовні	5	0,015	0,075	1	8760	657
Прохідний турнікет	2	0,025	0,05	1	8760	438
Споживання е/е особистими електроприладами	172	0,20	34,40	1,00	2372,5	81614
Всього	513	3,285	52,03	-		122864,11

Використовуючи дані таблиці 2.5 розіб'ємо по групах споживачів та зведемо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6.

Енергетичний баланс об'єкту

Споживачі	Загальне електроспоживання (<i>W</i>)
	кВт·год
Освітлення	
Світлодіодні світильники	12822,09
Люмінесцентні світильники	10413,45
Лампи розжарювання	2372,5
Насосні установки	
Теплові насоси подачі води	3421,88
Інше обладнання	
Пральні машини	10731
Камери відеоспостереження	1051,2
Прохідний турнікет	438
Споживання електричної енергії особистими електроприладами студентів	81614
Всього	122864,11

Для більш наочного аналізу споживання енергетичних ресурсів, представимо таблицю 2.6 у вигляді діаграми.

Діаграма дозволить продемонструвати річне споживання електричної енергії різними видами обладнання в гуртожитку.

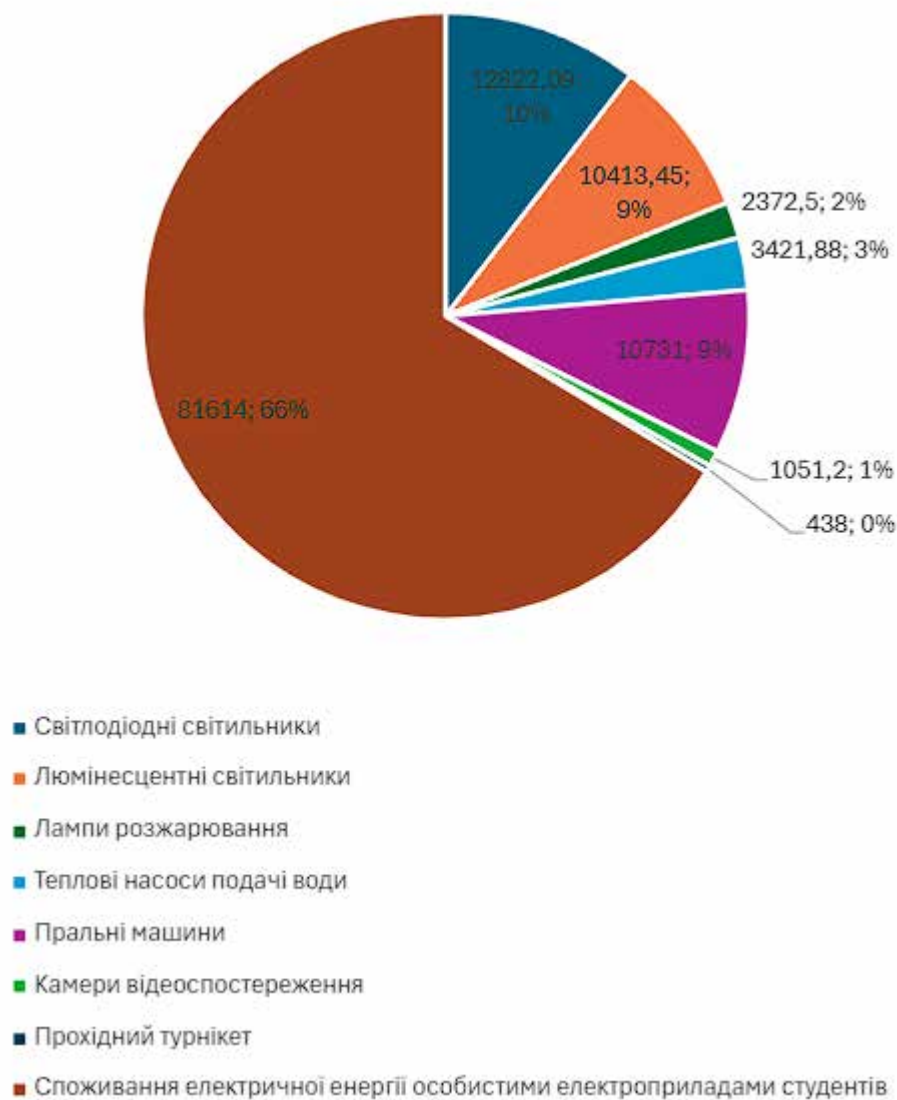


Рис. 2.6. Діаграма споживання електроенергії по споживачам

Отже, загальне споживання електроенергії становить 122864,11 кВт·год. Баланс показує, що більша частина енергії споживається особистими електроприладами студентів, це свідчить про велику роль індивідуального фактору у загальному енергоспоживанні гуртожитку. Електроприймачі, які споживають найменше електричної енергії поміж усіх це - турнікет та камери відеоспостереження.

2.5. Розроблення заходів з підвищення енергоефективності для споживачів електроенергії

2.5.1. Модернізація системи освітлення

Існуюча система освітлення у зонах загального користування гуртожитку складається з світлодіодних, люмінесцентних, а також ламп розжарювання. Пропонується замінити люмінесцентні та лампи розжарювання на світлодіодні, які мають кращі показники енергоефективності. Це пов'язано з тим що, наявні лампи майже вийшли з ладу та мають незадовільні технічні характеристики. Нові світильники повинні мати ефективність світловіддачі не менше 70 лм/Вт і не повинні споживати більше 20 Вт енергії на кожний квадратний метр.

Отже, обираємо наступні світлодіодні лампи: на заміну люмінесцентних – Osram LED ST8 ENTRY AC G13 16Вт 1200мм 4000К [11], на заміну ламп розжарювання – LED лампи Philips 10 Вт R80 [12].



Рис. 2.7. Обрані на заміну світлодіодні лампи

Підставивши дані у формулу (2.14) обчислимо нове споживання електричної енергії за рік новими світлодіодними лампами Osram:

$$W_2 = 0,016 \cdot 120 \cdot 0,7 \cdot 3650 = 4905,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія електричної енергії від заміни люмінесцентних ламп буде розрахована за формулою:

$$E_1 = W_1 - W_2 \quad (2.15)$$

де W_1 - споживання електричної енергії люмінесцентними лампами за рік, яке розраховане у таблиці 2.6.

Підставивши дані у формулу вище та обчислимо річну економію від заміни люмінесцентних ламп:

$$\Delta E_1 = 10413,45 - 4905,6 = 5508,05 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Річна економія електричної енергії від заміни люмінесцентних ламп в грошовому виразі буде розрахована за наступною формулою:

$$E_1 = 5508,05 \cdot 4,32 = 23795 \text{ грн.}$$

де 4,32 грн. – тариф на електричну енергію для побутових споживачів.

Капітальні витрати на впровадження заходу із заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні будуть розраховані за наступною формулою:

$$B_1 = 122 \cdot 120 = 14640 \text{ грн.}$$

де 122 грн/шт – орієнтовна одинична вартість згідно [11].

Монтаж даних ламп приймаємо безкоштовним, так як гуртожиток має достатню кількість фахівців для цього виду робіт.

Підставивши дані у формулу (2.14) обчислимо річне споживання електричної енергії новими світлодіодними лампами Philips:

$$W_2 = 0,010 \cdot 10 \cdot 0,65 \cdot 3650 = 238 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія електричної енергії від заміни ламп розжарювання буде розрахована за формулою:

$$E_2 = W_1 - W_2 \quad (2.16)$$

де W_1 - споживання електричної енергії лампами розжарювання за рік, яке розраховане у таблиці 2.6.

Підставивши дані у формулу вище та обчислимо річну економію від заміни ламп розжарювання:

$$\Delta E_2 = 2372,5 - 238 = 2134,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Річна економія електричної енергії від заміни ламп розжарювання в грошовому виразі буде розрахована за наступною формулою:

$$E_2 = 2134,5 \cdot 4,32 = 9221 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на впровадження заходу із заміни ламп розжарювання на світлодіодні будуть розраховані за наступною формулою:

$$B_2 = 75 \cdot 10 = 750 \text{ грн.}$$

де 75 грн/шт – орієнтовна одинична вартість згідно [12].

Сумарна річна економія електричної енергії від заміни двох видів ламп в грошовому еквіваленті буде розрахована за наступною формулою:

$$E = E_1 + E_2 \quad (2.17)$$

$$E = 23795 + 9221 = 33016 \text{ грн.}$$

Сумарні капітальні витрати на впровадження заходу із заміни двох видів ламп на світлодіодні будуть розраховані за наступною формулою:

$$B = B_1 + B_2 \quad (2.18)$$

$$B = 14640 + 750 = 15390 \text{ грн.}$$

Термін окупності для заходу із заміни ламп на світлодіодні визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} \quad (2.19)$$

$$T_{ок} = \frac{15390}{33016} = 0,46 \text{ року}$$

Виходячи з розрахованого терміну окупності, робимо висновок, що захід з енергоефективності є доцільним для впровадження, оскільки він має малий термін окупності.

2.5.2. Датчики руху

Окрім модернізації системи освітлення в гуртожитку, додатково можна встановити датчики руху.

В нічний час доби лампи у місцях загального призначення гуртожитку горять постійно (приблизно 10 год на добу), пропонується впровадження датчиків руху в МЗП, таких як: коридори, сходові майданчики, підвал (оскільки в підвалі розташований спортзал і світло в частині коридору через який проходять не вимикається). Це дозволить зменшити споживання електричної енергії, активуючи освітлення лише при наявності людей, що сприятиме енергозбереженню та зниженню витрат на комунальні послуги. Зменшення часу роботи ламп збільшить їхній термін служби. Крім того, автоматизація освітлення підвищить комфорт мешканців, позбавляючи їх від необхідності вручну вмикати та вимикати світло.

Обираємо датчики руху МОТОКО чорного кольору рис. 2.8. Характеристики обраного датчика руху занесено до таблиці 2.7. [13]



Рис. 2.8. Датчик руху МОТОКО

Технічні характеристики датчика руху

Характеристика	Значення
Напруга живлення	220 В
Навколишнє освітлення	<3Lux - 2000Lux (регулюється)
Дальність виявлення	5-12 м max (<24°C) (регулюється)
Кут огляду	180 °
Потужність	1200 Вт
Тип	інфрачервоний
Час затримки	min 10sec/max 7min
Клас захисту	IP44
Ціна	238 грн

Річна економія електричної енергії від заходу встановлення датчиків руху розраховується за формулою:

$$\Delta W = n P_{CB} \cdot (T_{реал} - T_{кор}) \cdot n_D \quad (2.20)$$

де n - кількість світильників, шт.;

P_{CB} - потужність одного світильника, Вт;

$T_{реал}, T_{кор}$ - реальний (10 год) та корисний час (4 год) використання світильників, год;

n_D - кількість робочих днів.

Підставим дані у формулу вище:

$$\Delta W = (35 \cdot 0,02 + 8 \cdot 0,012 + 40 \cdot 0,036 + 99 \cdot 0,025 + 10 \cdot 0,018 + 95 \cdot 0,036 + 25 \cdot 0,036 + 10 \cdot 0,1) \cdot (10 - 4) \cdot 365 = 22362 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Річна економія коштів від заходу встановлення датчиків руху розраховується за формулою:

$$\Delta E = \Delta WT \quad (2.21)$$

Підставим дані у формулу вище:

$$\Delta E = 22362 \cdot 4,32 = 96603 \text{ грн.}$$

Ціна одного обраного датчика руху – 238 грн., встановлення – не враховуємо, так як, гуртожиток має достатню кількість фахівців для здійснення цього виду робіт (електриків).

В гуртожитку маємо 5 поверхів, на кожному поверсі встановлюємо по 10 датчиків руху, на сходових клітинках – 10 шт., а також три датчики руху в підвальному приміщенні. Загальна кількість датчиків руху, які планується встановити – 63 шт.

Капітальні витрати на впровадження заходу із встановлення датчиків руху будуть розраховані за наступною формулою:

$$B = 238 \cdot 63 = 14994 \text{ грн.} \quad (2.22)$$

Термін окупності для заходу із встановлення датчиків руху визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} \quad (2.23)$$

$$T_{ок} = \frac{14994}{96603} = 0,16 \text{ року}$$

Встановлення датчиків руху є доцільним, цей захід з енергоефективності має короткий термін окупності. Проведені розрахунки показують, що термін окупності складає менше півроку, що свідчить про швидке повернення інвестицій і робить впровадження заходу зі встановлення датчиків руху економічно вигідним і ефективним рішенням для зниження енергоспоживання.

2.5.3. Інтеграція системи енергомоніторингу та диспетчеризації

Впровадження системи енергомоніторингу та системи диспетчеризації на об'єкті дозволяє значно підвищити ефективність споживання енергії та забезпечити комфортні умови проживання для мешканців. Наведемо приклад, як може виглядати захід впровадження таких систем:

1. Виконання аналізу потреб і можливостей. Розпочати з детального аналізу споживання енергії в гуртожитку та оцінки технічного стану обладнання. Це допоможе з'ясувати, яке обладнання необхідно для збору даних про енергоспоживання та мікроклімат;

2. Необхідно встановити датчики для вимірювання внутрішньої температури, вологості, рівня CO₂ та зовнішньої температури. Це допоможе забезпечити оптимальні умови для проживання;

3. Оснащення всіх комерційних вузлів обліку енергоресурсів автоматичним обліком даних;

4. Постійний моніторинг даних системи та виконання аналізу, щоб знайти можливість оптимізації споживання енергії.

Впровадження систем енергомоніторингу та диспетчеризації дозволить ефективно управляти енергоспоживанням об'єкту, зменшити витрати та покращити умови для проживання мешканців.

Для того щоб розрахувати річну економію енергії, потрібні дані по споживанню електричної, теплової енергії та води. За даними 2023 року споживан-

ня електричної енергії становить – 121222 кВт·год, теплової – 617,47 Гкал, води – 15186 м³.

Як відомо, впровадження системи енергомоніторингу та системи диспетчеризації приводить до економії енергетичних ресурсів не менше ніж на 5%.

Виходячи з вище наведеної інформації, річна економія електричної енергії від заходу розраховується за формулою:

$$\Delta W_{e/e} = 0,05 \cdot 121222 = 6061,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}, \quad (2.24)$$

$$\Delta W_{m/e} = 0,05 \cdot 617,47 = 30,9 \text{ Гкал} / \text{рік}, \quad (2.25)$$

$$\Delta W_g = 0,05 \cdot 15186 = 759,3 \text{ м}^3 / \text{рік} \quad (2.26)$$

Річна економія коштів від заходу розраховується за формулою:

$$\Delta E = \Delta W T \quad (2.27)$$

Підставим дані у формулу вище:

$$\Delta E_{e/e} = 6061,1 \cdot 4,32 = 26184 \text{ грн.} / \text{рік},$$

$$\Delta E_{m/e} = 30,9 \cdot 1654,41 = 51122 \text{ грн.} / \text{рік},$$

$$\Delta E_g = 759,3 \cdot 16,164 = 12274 \text{ грн.} / \text{рік},$$

Приблизна орієнтовна вартість для впровадження системи енергомоніторингу та системи диспетчеризації становить - 170 000 грн. Цифра отримана з попередніх проєктів, для комунальної будівлі.

Термін окупності для заходу визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} \quad (2.28)$$

$$T_{ок} = \frac{170000}{26184 + 51122 + 12274} = 1,9 \text{ року}$$

Впровадження системи енергомоніторингу та диспетчеризації доцільне завдяки швидкій окупності (1,9 роки), зменшенню енергоспоживання та витрат, підвищенню надійності, покращенню управління енергоресурсами та стимулюванню інновацій, що робить цей крок економічно, екологічно та управлінськи вигідним.

2.5.4. Інтеграція відновлювальних джерел електроенергії

Задля підвищення надійності електропостачання та зменшення залежності від традиційних джерел енергії, пропонується встановити сонячні панелі на об'єкті. У разі аварій або перебоїв в міській електромережі, відсутності палива для аварійних джерел, в результаті бойових дій - доцільно використання гібридних інверторів з системами накопичення, це допоможе забезпечити електропостачання критично важливих струмоприймачів.

Як відомо, сонячна енергія залежить від погодних умов, тому необхідно забезпечити достатню кількість резервних джерел енергії для забезпечення стабільної роботи електричної мережі в умовах погіршення погодних умов.

Гуртожиток розташований в Києві. Київ знаходиться в північній частині України. Клімат є помірно континентальним, з м'якою зимою та теплим літом. Температура повітря за рік в Києві становить близько +8 °С, найбільш висока вона в липні (+19,3 °С), найбільш низька - у січні (-5,6 °С). Найтепліша погода в Києві влітку спостерігається в середині липня. Абсолютний мінімум температури повітря - 32,9 °С, абсолютний максимум +39,4 °С. Києві середньорічна кількість атмосферних опадів становить 650 мм. Найменше опадів випадає в березні та жовтні, а найбільше – в липні. Середньорічна температура – +8,0 С°.

Середньорічна швидкість вітру – 2,4 м/с. Середньорічна вологість повітря – 75 %> [14].

Місце встановлення сонячних панелей, кут нахилу має значний вплив на їх ефективність, оскільки кількість сонячного світла, яке буде потрапляти на панелі, залежить від затінення місць встановлення панелей, наприклад затінення від будинків та високих дерев. Карта сонячної інсоляції зображена на рисунку 2.9.



Рис. 2.9. Карта сонячної інсоляції України

Згідно карти, для м. Києва щорічна кількість глобальної сонячної радіації становить від 1239 кВт·год/м². Це означає, що сонячна енергія, яка потрапляє на 1 квадратний метр поверхні Києва за рік, становить від 1239 кВт·год.

У південній частині України, особливо в Криму та Одеській області, сонячна радіація значно вища, тоді як на півночі та заході України вона дещо нижча, тому цей рівень сонячної радіації менший, ніж по Україні. Таким чином, сонячної радіації в Києві достатньо для ефективного використання сонячних

панелей, що забезпечує стабільний рівень виробництва енергії протягом усього року.

Задля правильного підбору панелей та їх кількості необхідно враховувати рівень інсоляції – кількість сонячного світла, яку отримує гуртожиток протягом року. Чим вищий рівень інсоляції, тим менше панелей потрібно для отримання достатньої кількості енергії.

Помісячний рівень інсоляції зображено на рисунку 2.10, який був отриманий з використанням PVGIS [15].

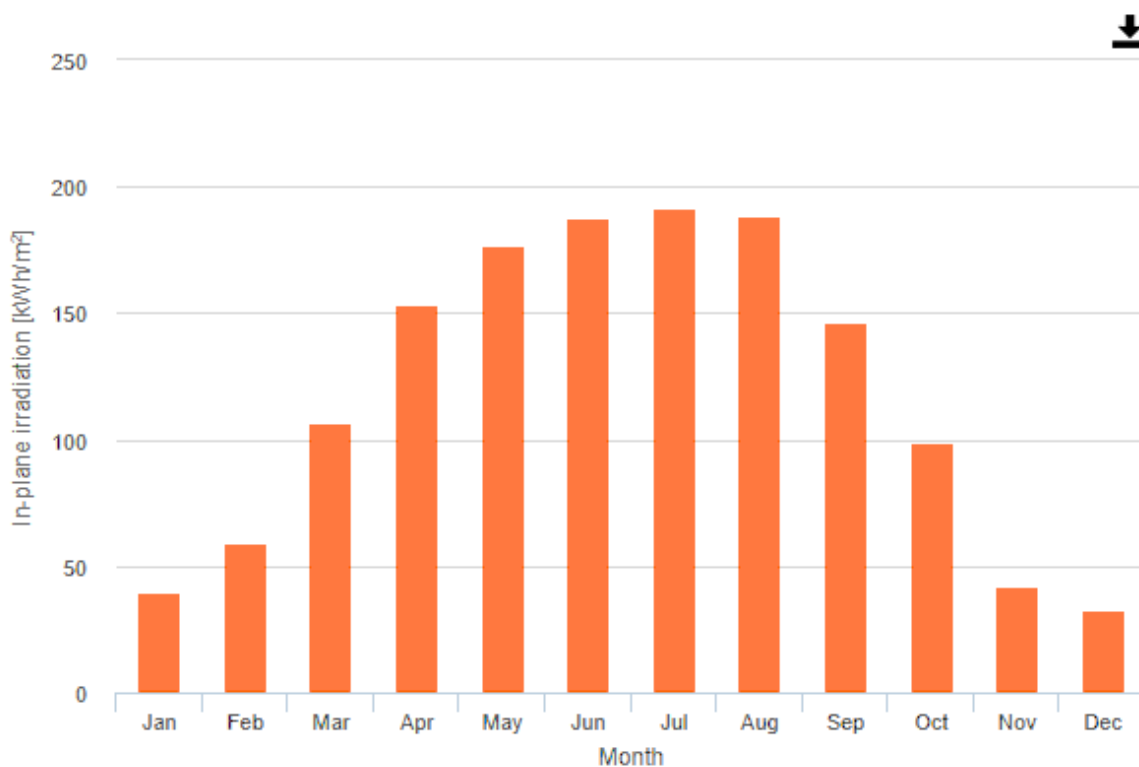


Рис. 2.10. Помісячний рівень інсоляції в Києві

Зміна інсоляції протягом року, з рисунку 2.10, зумовлена сезонними факторами. Наприклад, протягом зимових місяців (січень, лютий) інсоляція найнижча, тому що, протягом зимових місяців, коли дні коротші, а сонце знаходиться нижче над горизонтом, менше сонячної енергії досягає поверхні Землі, а також, на такий результат впливають погодні умови, такі як хмарність і сніг, можуть ще більше зменшити сонячну інсоляцію. Коли починається весна (бере-

зень), дні стають довшими, а сонце знаходиться над горизонтом, що призводить до збільшення кількості сонячної інсоляції. До червня сонячна інсоляція досягає піку, оскільки дні стають найдовшими, а сонце знаходиться в найвищому положенні на небі. Протягом літніх місяців сонячна інсоляція залишатиметься високою, але у серпні дещо знижується через збільшення хмарності та можливість літніх опадів. Восени (вересень, жовтень) сонячна інсоляція поступово зменшується, з причини, що дні стають коротшими, а сонце знаходиться нижче горизонту. Крім того, осінні погодні умови, такі як збільшення хмарності та дощів, сприяють зменшенню сонячної інсоляції. Взимку (листопад, грудень) характеризується найнижчими показниками через погану погоду, характерні короткі дні, низьке положення сонця і найнижчий рівень сонячної радіації.

Дах гуртожитку скатний, має певний кут нахилу, що допомагає уникнути взаємного затінення панелей і мінімізує займану площу. Розглянемо вихідні дані для встановлення сонячних панелей та розрахуємо площу для такої системи.

Вихідні дані для вибору основних параметрів обладнання СЕС: річний обсяг споживання електричної енергії – 121222 кВт·год; середньомісячне споживання електричної енергії – 10 102 кВт·год; тариф на електричну енергію: 4,32 грн./ кВт·год; довжина даху – 78 м; висота даху – 4 м; бажана встановлена потужність установки $P_{\text{вст.пik}} = 45$ кВт. Ці параметри дозволяють розрахувати необхідну площу для розміщення панелей та забезпечити потрібну потужність установки для ефективного електропостачання гуртожитку.



Рис. 2.11. Приклад схожої конфігурації СЕС

Кількість енергії, що виробляється фотоелектричними модулями, залежить від коефіцієнту інсоляції, який визначається за орієнтацією модулів та кутом нахилу покрівлі, спершу визначимо ширину половини даху за формулою:

$$E = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + B^2} \quad (2.29)$$

де A – ширина будівлі, яка рівна 16 м;

B – висота даху, 4 м.

Підставим дані у формулу вище:

$$E = \sqrt{\left(\frac{16}{2}\right)^2 + 4^2} = 8,94 \text{ м}$$

Кут нахилу покрівлі визначаємо за формулою:

$$\sin a = \frac{B}{E} \rightarrow a = \arcsin \frac{B}{E} \quad (2.30)$$

Підставим дані у формулу вище:

$$a = \arcsin \frac{4}{8,94} = 26,57^\circ$$

Площу однієї сторони даху визначимо за наступною формулою:

$$S = (E + C) \cdot D \quad (2.31)$$

Підставим дані у формулу вище:

$$S = (8,94 + 0,8) \cdot 78 = 760 \text{ м}^2$$

Порівнюючи сонячні панелі, виготовлені з різних матеріалів, очевидно, що найкращим варіантом є монокристалічні панелі. Монокристалічні панелі мають як переваги, так і недоліки. Серед переваг цього типу панелей можна відзначити високий ступінь очищення кремнію і високий коефіцієнт корисної дії завдяки високій продуктивності 18-23%. Тому монокристалічні сонячні панелі користуються великим попитом серед споживачів.

Єдиним недоліком таких панелей є їхня висока вартість, яка значно перевищує вартість полікристалічних компонентів. Тому встановлення такого типу панелей вимагає значних капіталовкладень. Після детального аналізу різних сонячних панелей, представлених на ринку, обираємо сонячну батарею Jinko Solar панель монокристалічна, потужністю 580 Вт. Панель характеризується високою ефективністю, монокристалічною конструкцією, високою генерацією енергії. Технічні дані наведемо в таблиці 2.8. [16]

Технічні характеристики панелі Jinko Solar 580Вт

Характеристика	Значення
ККД, не менше	22,45
Струм КЗ	14,47 А
Ступінь захисту	68
Напруга холостого ходу	52,31В
Струм при максимальній потужності	13,38А
Напруга при максимальній потужності	43,35 В
Потужність	580 Вт

Зображення панелі приведено на рисунку 2.12.



Рис. 2.12. Зображення панелі

Враховуючи сонячну інсоляцію та площу однієї панелі: $S = 2,583 \text{ м}^2$, розмістимо на північній стороні – 78 сонячні панелі (в 2 ряди по 39 шт.).

Пікову потужність обраних панелей визначаємо за наступною формулою:

$$P_{\text{пik}} = N \cdot P_{\text{пан}} \quad (2.32)$$

де N – кількість панелей;

$P_{\text{пан}}$ - потужність панелі, Вт.

Підставим дані у формулу вище:

$$P_{\text{пik}} = 78 \cdot 0,58 = 45 \text{ кВт}$$

Після вводу наступних даних: координат об'єкту, пікової потужності та кута нахилу покрівлі, за допомогою [15] отримуємо графічно представлено прогнозовану генерацію електричної енергії на рисунку 2.13.

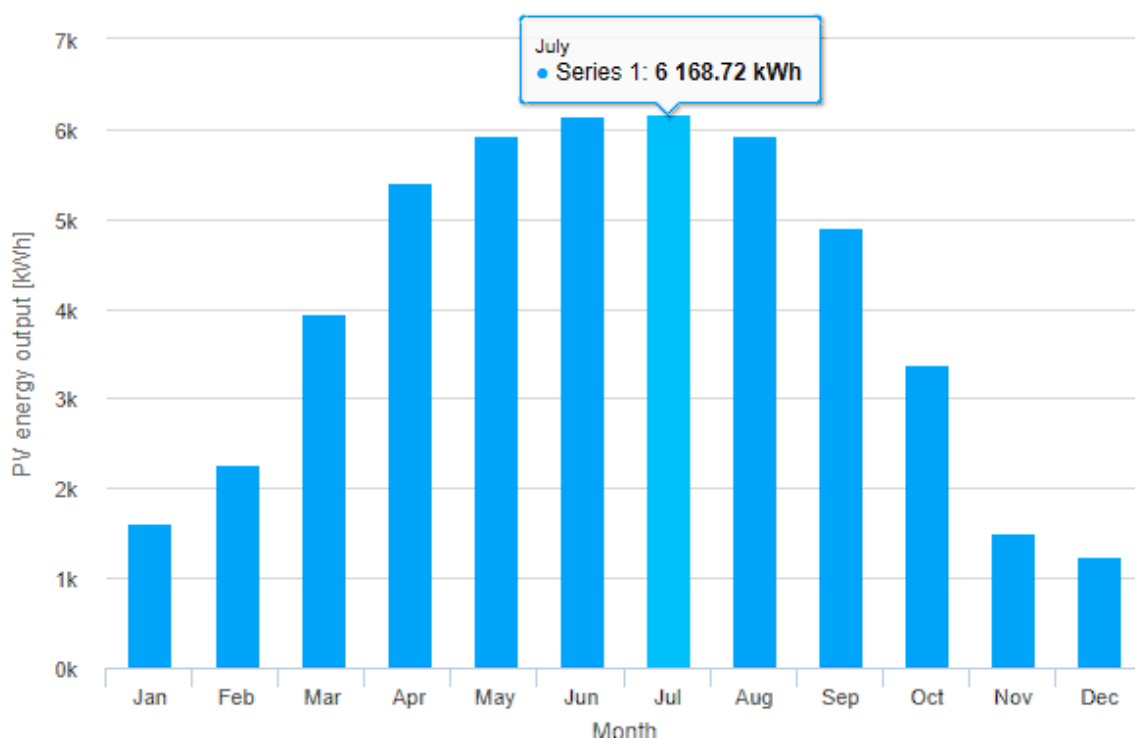


Рис. 2.13. Помісячна генерація станції

Згідно рисунку 2.13 річна генерація станції буде становити – 48442 кВт·год/рік.

При тарифі в 4,32 грн./кВт, річна економія складе – 209 270 грн.

Для попереднього оцінювання заходу складемо таблицю основного обладнання СЕС.

Таблиця 2.9.

Вартість СЕС

Назва обладнання	Кількість	Ціна за шт.	Вартість, грн.
Інвертор гібридний, 5кВт	10	35000	350000
Фотомодуль	78	10000	78000
Акумуляторна батарея 30кВт·год	4	400000	1600000
Монтаж та матеріали	1	243 360	243 360
Всього			2 271 360

Ціна на монтаж та матеріали прийнята в розмірі 12% від вартості обладнання.

Термін окупності для заходу визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B}{E} \quad (2.33)$$

$$T_{ок} = \frac{2271360}{209270} = 10,9 \text{ років}$$

Виходячи з розрахованого терміну окупності, можна зробити висновок, що цей захід з енергоефективності є не досить доцільним для впровадження, оскільки він має великий термін окупності.

2.6. Висновки до розділу 2

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що найбільше електричної енергії гуртожитку споживають особисті електроприлади студентів. Для підвищення ефективності використання електричної енергії було рекомендовано ряд заходів, а саме: запропоновано замінити люмінесцентні лампи на світлодіодні, які допоможуть значно знизити споживання електричної енергії, запропоновано встановити датчики руху в коридорах та підвальному приміщенні, що допоможе скоротити споживання електричної енергії системами освітлення; впровадити систему енергомоніторингу та диспетчеризації, що сприятиме зменшенню витрат та покращенню управління енергоресурсами; інтегрувати гібридну дахову СЕС в існуючу мережу об'єкту.

Запропоновані заходи з енергоефективності представлені в табличному вигляді в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Запропоновані заходи з енергоефективності

Назва	Річна економія електричної енергії,		Капітальні витрати на впровадження заходу	Термін окупності
	кВт · год/рік	грн	грн	роки
Модернізація системи освітлення	7642,55	33016	15390	0,46
Встановлення датчиків руху	22362	96603	14994	0,16
Впровадження системи енергомоніторингу та диспетчеризації	6061,1	26184	170000	1,9
Інтеграція СЕС	48442	209270	2 271 360	9,2

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТИ

3.1. Визначення теплового навантаження об'єкту

Опір теплопередачі термічно однорідного непрозорого огороження розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.1)$$

де α_g, α_3 - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, (Вт/м² · К), [17]

δ_i - товщина і-го шару огорожувальної конструкції, (м);

λ_i - коефіцієнт теплопередачі і-ого шару огороження, (Вт/м · К);

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Значення опору теплопередачі всіх огорожувальних конструкцій та порівняння їх з нормативними значеннями [17] наведено в таблиці 3.1.

Стіни будівлі самонесучі виконані з червоної цегли. Загальна товщина стіни складає - 560 мм. При візуальному огляді пошкоджень чи дефектів конструкції не виявлено. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Загальна площа віконних блоків складає 14% від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасаду становить 0,14). Вікна частково в дерев'яних рамах, частково в металопластикових. При візуальному огляді виявлено нещільності (між віконною коробкою і рамою) у старих дерев'яних вікнах. Приведений опір теплопередачі віконних конструкцій відповідає вимогам.

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт		Площа А, м^2
	існуюче приведенне значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	1,35	2,8	3688
Горищні перекриття неопалювальних горищ	1,37	4,95	1534
Перекриття над неопалювальним підвалом	1,38	3,75	1184,5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,46	0,75	624
Зовнішні двері	0,37	0,6	91,6

Вхідні двері – дерев'яні, знаходяться у задовільному стані. Приведений опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам.

Стан даху задовільний, значних пошкоджень даху немає. Приведений опір теплопередачі не відповідає вимогам.

Під всією площею будівлі знаходиться неопалювальний підвал. Фундамент будівлі стрічковий з бетонних блоків. Підлога – декоративна плитка після бетонної підготовки по пустотілій плиті перекриття. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.

Втрати теплоти, кВт, через огороджувальні конструкції будівлі визначаються за формулою:

$$Q = F \cdot \frac{1}{R} \cdot (t_{вн} - t_{ро}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \quad (3.2)$$

де F – площа огороджувальних конструкцій, м² ;

R - опір теплопередачі (м² · К)/Вт

$t_{вн}$ - температура всередині приміщення, вн. $t = 20^{\circ}\text{C}$ [18] ;

$t_{ро}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки

$\sum \beta$ - сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [19];

n - коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря.

Витрата теплоти, Вт, на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції, згідно з санітарними нормами знаходиться за формулою:

$$Q_{інф}^{сн} = 0,337 \cdot V \cdot (t_{вн} - t_{ро}) \quad (3.3)$$

де V - вентиляований об'єм будівлі.

Втрати теплоти за рахунок інфільтрації та через огороджувальні конструкції розраховано та наведено в таблиці 3.2.

**Втрати теплоти за рахунок інфільтрації та через огорожувальні кон-
струкції**

Огородження	Орієнтація	К, Вт/(м ² ·С)	F, м ²	Δt, °С	n	1+Σ β	Q _o , Вт
Зовнішні стіни	Пд	0,75	245	40	1	1	7522,5
	Сх		1330		1	1,1	43159
	Пн		240		1	1,1	7966
	З		1260		1	1,05	42674
Вікна (Мп)	Пд	1,93	19		1	1	1325
	Сх		200		1	1,1	16789
	Пн		19		1	1,1	1255
	З		236		1	1,05	20191
Вікна (Д)	Пд	2,6	13,3		1	1	1397
	Сх		55,8		1	1,1	5864
	Пн		16		1	1,1	1782,5
	З		84		1	1,05	9570
Двері (М)	Пд	1,55	2,99		1	1	160,12
	Зх	1,55	53,9		1	1,1	3787
Двері (З)	Пд	3,5	7,02	1	1	1085	
Двері (Д)	Пн	5,58	2,81	1	1	657,08	
	Пд	5,58	2,81	1	1,1	720,22	
	Зх	5,58	21,7	1	1,1	5480,64	
Двері (Д)	Зх	5,58	7,45	1	1,05	130,45	
Дах		0,75	1535	0,9	-	40,319	
Підлога		0,75	1190	0,6	-	20477	
							192032,8

3.2. Типові заходи для підвищення ефективності використання теплової енергії

З метою зменшення теплових втрат та забезпечення комфорту мешканців розглянемо наступні типові заходи.

3.2.1. Утеплення стін

З метою зменшення теплових втрат та забезпечення комфорту мешканців пропонується виконати наступні заходи:

1) Утеплення зовнішніх стін

Існуючі стіни мають опір теплопередачі, що не відповідає нормативному значенню. Пропонується встановити додаткову теплову ізоляцію, що дозволить зменшити тепловтрати через стіни. В якості утеплювача пропонується використовувати мінераловатні плити, оскільки вони мають ряд переваг:

- Стійкість до високих температур. Починають плавитися і загораються при тривалому впливі (понад дві години) температури більше 1000 °С.
- Паропроникність. Мають здатність виводити зайву вологу.
- Довговічність. Мають високу щільність, стійкі до механічних пошкоджень і за умови дотримання технології встановлення термін експлуатації сягає 30-40 років.
- Екологічність. Плити на основі базальтового волокна є натуральним і безпечним для людини.
- Звукоізоляція. Зменшують рівень шуму, що надходить з вулиці. Для забезпечення нормативного значення опору теплопередачі необхідно використовувати мінераловатні плити товщиною 0,15 м.

3.2.2. Утеплення даху

Дах будівлі має значення опору теплопередачі значно менше за нормативне, тому необхідно виконати утеплення перекриття що межує з технічним поверхом. Як утеплювач рекомендується використовувати теплоізоляційні вироби з мінеральної вати на основі базальтового волокна, переваги яких наведено вище. Для забезпечення нормативного значення опору теплопередачі необхідно використовувати утеплювач товщиною 0,2 м.

3.2.3. Заміна конструкцій вікон та дверей

Пропонується замінити старі вікна на металопластикові з двокамерним склопакетом та енергоефективним напленням. Нові вікна дозволять зменшити тепловтрати, але вони погано пропускають повітря, тому для забезпечення нормативного повітрообміну рекомендується забезпечити роботу локальних систем вентиляції, або хоча б регулярно здійснювати провітрювання кімнат. Пропонується встановити вінка з паспортними даними на рівні не нижче значення мінімального термічного опору для вікон.

3.3. Висновки до розділу 3

В розділі було наведено приклад розрахунку теплових втрат для будівлі, яка не відповідає чинним нормам теплових втрат. Наведено типові заходи для підвищення ефективності використання теплової енергії.

РОЗДІЛ 4.

ВПЛИВ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПОКАЗНИКИ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

У сучасних умовах енергоменеджмент у житлових будинках, включаючи студентські гуртожитки в Україні, виявився дуже важливим аспектом. Більшість цих будівель були побудовані в останні десятиліття, коли енергоефективність не була настільки важливою, як сьогодні. Як наслідок, багато будівель мають застарілі системи енергоменеджменту, які більше не забезпечують оптимальну енергоефективність.

Однією з головних проблем є відсутність сучасних систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Як наслідок, системи опалення, вентиляції та освітлення не оптимізовані, і багато енергії витрачається даремно. Наприклад, системи опалення в деяких гуртожитках не проходять регулярних перевірок і технічного обслуговування, що може призвести до поломок і збільшення витрат на енергоносії.

Якщо гуртожиток немає системи енергомоніторингу, це ускладнює контроль енергоспоживання та призводить до нераціонального використання енергоресурсів, до збільшення витрат на утримання будівель та негативного впливу на навколишнє середовище. Енергоменеджмент у гуртожитку передбачає використання різних заходів і технологій для оптимізації енергоспоживання та зменшення витрат на енергоресурси. Одним із найважливіх аспектів є досягнення балансу між комфортом мешканців та економічною ефективністю споживання енергії.

Для підвищення енергоефективності будівель гуртожитків також необхідно впроваджувати заходи та технології, які включають модернізацію систем опалення, вентиляції та кондиціонування, використання енергоефективного освітлення, утеплення будівель, встановлення енергоефективних вікон та дверей. Для розподілу енергетичного навантаження в гуртожитках можна розроби-

ти стратегії та системи управління навантаженням. Це може оптимізувати споживання та зменшити пікові навантаження.

Для забезпечення ефективного управління та зниження споживання енергоресурсів у гуртожитку, рекомендується впровадити комплекс заходів, що охоплюють організаційні та управлінські аспекти. Нижче наведено ключові рекомендації.

Впровадження системи моніторингу споживання енергії: встановлення енерго-температурних (Е-Т) діаграм для оптимізації режимів енергоспоживання в залежності від зовнішніх температур; аналіз і планування споживання енергії з урахуванням цільових показників на основі Е-Т діаграм.

Встановлення вимірювального обладнання: монтаж лічильників тепла для систем опалення та ГВП, лічильників електричної енергії, а також лічильників холодної та гарячої води для точного обліку споживання ресурсів.

Організація моніторингу мікроклімату: систематичне вимірювання і контроль внутрішньої температури, вологості, рівня CO₂ та зовнішньої температури в студентських приміщеннях.

Вчасне виявлення та усунення проблем з вентиляцією та ізоляцією для забезпечення комфортних умов проживання.

Впровадження програм енергоефективності: організація освітніх заходів, тренінгів та конкурсів з економії енергії серед студентів; залучення їх до активної участі в ініціативах зі зменшення споживання енергії та підвищення екологічної свідомості.

Оптимізація управління енергетичними ресурсами: впровадження новітніх технологій та методів управління енергетичними системами; постійне аналізування ефективності заходів та вдосконалення систем моніторингу та управління з метою зменшення витрат енергії та підвищення ефективності гуртожитку.

4.1 Висновки до розділу 4

Проаналізований поточний стан розвитку енергоменеджменту в студентському гуртожитку, свідчить про необхідність подальшого вдосконалення системи енергоменеджменту. Впровадження сучасних систем моніторингу, таких як АСКОЕ, виявилось вирішальним для забезпечення ефективного використання енергії. Ці системи дозволяють відстежувати та аналізувати споживання енергії в режимі реального часу, що сприяє раціональному використанню ресурсів та зменшенню витрат на енергоносії.

Окремої уваги заслуговує важливість запровадження енергетичних температурних карт для оптимізації енергоспоживання залежно від зовнішніх температурних умов, що дозволить керівникам гуртожитків планувати та контролювати енергоспоживання відповідно до переважаючих кліматичних умов, що сприятиме збереженню енергоресурсів.

Крім того, впровадження енергоефективних технологій та програм енергозбереження в гуртожитку покращить умови проживання студентів, зменшить витрати на утримання будівлі та підвищить екологічну свідомість мешканців. Це особливо важливо в контексті загального прагнення до сталого розвитку та зменшення впливу на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України "Про охорону праці" від 21.01.02р. [20] визначає основні положення відносно реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, регулюється за допомогою відповідних державних органів. При виконанні дипломної роботи використовувався комп'ютер. Під час роботи за комп'ютером людина підлягає впливу ряду шкідливих факторів, що пов'язано з можливістю отримання травм та професійних захворювань.

Дана робота розроблялась на робочому місці, яке знаходиться на другому поверсі п'ятиповерхового будинку. Площа приміщення складає 15 м^2 , що відповідає санітарним нормам, згідно з якими норма на одного працюючого повинна бути не менш 6 м^2 . Висота приміщення $3,0 \text{ м}$. Таким чином обсяг приміщення на одного працюючого складає 45 м^3 , по нормам - не менш 20 м^3 [21, 22]. Перелік шкідливих і небезпечних факторів, які діють при роботі на ПЕОМ наведений в табл. 5.1 згідно з ГОСТ 12.0.003-74* [23].

Таблиця 5.1.

Шкідливі і небезпечні фактори виробничого середовища

Найменування факторів	Джерела їх виникнення	Параметр, що нормується та нормативне значення
1	2	3
Підвищений рівень шуму	Вентилятор, система освітлення, друкувальні прилади	Рівень звуку $L_A = 50 \text{ дБ (А)}$ [24]
Підвищене значення напруги в електричній мережі	Блок живлення	$I = 0,6 \text{ мА}$ $U = 36 \text{ В}$ [25]

1	2	3
Підвищена пульсація світлового потоку	Газорозрядні лампи	К.п. = 5% [26]
Недолік природного освітлення	Неправильне планування розташування комп'ютера	КПО, e_N , E , лк[26]
Рівень електромагнітних випромінювань	ЕПТ монітора, системний блок, мережа живлення	Відстань - 50см навколо ПК 2-5 кГц – 25 В/м [22]
Ультрафіолетове випромінювання	Комп'ютер	Щільність потоку ультрафіолетового випромінювання 10 Вт/м
Емоційні перенавантаження, напруга зорового аналізатору	Складність виконання завдання	Зниження реакції користувача на звук і світло на 40-50 % [30]
Вібрація	Вентиляційна система	Віброприскорення, m/c^2 ; віброшвидкість, м/с або їх рівні $I_A, I_y, дБ; L_v = 75 дБ$ [27]
Виробничий пил	Статична електрика накопичена на поверхні комп'ютера	ГДК = 4 $мг/м^3$ [28]
Несприятливі температури мікроклімату	Незадовільна робота опалення або вентиляції	Температура ($t^{\circ}c$), вологість ($\phi\%$), швидкість руху повітря (V м/с), [28-29]

Оптимальні параметри мікроклімату встановлюються залежно від категорії робіт по фізичному навантаженню. Робота за комп'ютером визначається як легка - Іа.

Оптимальні параметри метеорологічних умов наведені у табл. 5.2

Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія	Період року	Температура,	Відносна	Швидкість руху
Легка – Іа	Холодний	22-24	40-60	0,1
	Теплий	23-25	40-60	од

Забезпечення необхідних параметрів мікроклімату досягається в теплий період року – кондиціонуванням, у холодний - кондиціонуванням і системою опалення, згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [28].

Освітлення виробничих, службових і допоміжних приміщень регламентується ДБН В.2.5-28:2018 [14]. Виконувана робота відноситься до III розряду зорової праці. Мінімальний розмір об'єкта розрізнення від 0,3 до 0,5мм, фон світлий, контраст великий, під розряд зорових робіт - «В» забезпечений комбінованим освітленням: у світлий час доби - бокове одностороннє природне освітлення - два віконних прорізи, у темний час загальне і/чи місцеве рівномірне штучне.

У табл. 5.3 представлені норми освітлення для даного розряду і точності зорових робіт.

Таблиця 5.3.

Характеристика виробничого освітлення

Точність зорових робіт	Мінімальний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Характеристика типу фона	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Нормоване значення параметрів освітлення	
					Природне, %	Штучне, лк
Високої точності	0,3 – 0,5	III	Світлий	Великий	1,2	400

Штучне освітлення нормується мінімальною освітленістю E_{min} , рівною 400лк і здійснюється світильниками типу ЛСП 2 x 80 з лампою ЛБ 80.

Джерелами шуму в кабінеті може служити техніка: телефон, принтер, факс, комп'ютер.

Рівень шуму відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 [24] не повинний перевищувати 50дБА. Згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 [27] рівень вібрації в умовах "комфорту" не повинен перевищувати 75 дБ. Для зменшення рівня звуку і вібрації застосовуються демпфируючі матеріали (гумова прокладка під принтер).

Основними методами захисту від шуму і вібрації є наступні:

- зниження шуму і вібрації в джерелі (підставки, шумопоглинальні корпуси) і на шляху поширення (ширми, шумопоглинальні стійки);
- застосування індивідуальних засобів та організаційно-профілактичних методів захисту.

Повітря зовнішнього середовища містить позитивні та негативні іони, (табл. 5.4) [22].

Таблиця 5.4.

Рівні іонізації повітря при роботі на ПЕОМ

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	Позитивні	Негативні
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 – 5000
Максимально припустимі	50000	50000

Для захисту від електромагнітного випромінювання застосовується спеціальне покриття екрану дисплея, використовуються захисні екрани.

Напруга електромагнітних полів у діапазоні 1-12 кГц, 60-300 кГц по магнітній і електричній складовій повинні відповідати вимогам до ДСанПіН 3.3.2-007-98 [22] табл. 5.5

**Допустимі параметри електричних неіонізуючих випромінювань і електро-
статичного поля**

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхне- ва щільність потоку (інтенсивність потоку енергії), Вт/м
	За електричною складовою(Е), В/м	За магнітною складо- вою(Н), А/м	
Напруженість			
60 кГц до 3 МГц	50	5	
3 кГц до 30 МГц	20		
30 кГц до 50 МГц	10	0,3	
30 кГц до 300 МГц	5		
300кГц до 300 ГГц			10
Електромагнітне поле			
УФ-С (220 -280 нм)			0,001
УФ-В (280-320 нм)	—	—	0,01
УФ-А (320-400 нм)	—	—	10
В видимій частині спект- ру: 400- 760нм			10
В інфрачервоній частині спектру: 0,76-10,0мм			35-70
Напруженість електрич- ного поля ВДТ			20 кВ/м

При проектуванні систем електропостачання, монтажу силового електроустаткування й електричного висвітлення в будинках і приміщеннях для ЕОМ необхідно дотримуватися вимог нормативно-технічної документації. Комплекс необхідних заходів щодо охорони праці визначається, виходячи з видів електроустановки, номінальної напруги, умов середовища, типу приміщення й доступності електроустаткування.

Документом ПУЕ:2017 [31] передбачені наступні заходи електробезпеки:

конструктивні, експлуатаційні і схемно-конструктивні.

Конструктивні заходи: персональна ЕОМ відноситься до електроустановок до 1000 В закритого виконання, всі рубильники встановлені в закритих корпусах, всі струмоведучі частини розміщені в захисних коробах або покриті шаром ізоляції, який виключає можливість дотику до них. Комп'ютер має робочу ізоляцію і елементи заземлення.

Схемно-конструктивні заходи: в електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю як схемно-конструктивну міру безпеки застосовують занулення – навмисне з'єднання металевих не струмоведучих частин комп'ютера, що у випадку аварії можуть виявитися під напругою, з нейтраллю. [32].

Експлуатаційні заходи: при роботі на ЕОМ необхідно дотримувати правила техніки безпеки при роботі з високою напругою; не підключати і не відключати кабелі при включеній напрузі мережі, технічне обслуговування і ремонт проводити тільки при вимкненому живленні [31].

Відповідно до вимог Правила пожежної безпеки в Україні. (затв. наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417) [33] і ДБН В 1.1.7-2016 [34] пожежна безпека забезпечується наступними заходами, що застосовуються до категорії В: системою запобігання пожеж; системою пожежного захисту; організаційними заходами щодо пожежної безпеки.

Запобігання пожежі досягається наступними заходами – запобігання утворенню горючого середовища; запобігання утворення у горючому середовищі джерел запалювання.

Для зменшення небезпеки утворення в горючому середовищі джерел запалювання передбачено:

1) використання устаткування, що відповідає класу пожежобезпечної зони П—Па: ступінь захисту електроапаратури повинна бути не менш IP-44, ступінь захисту світильників IP-23, відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 [34];

2) блискавковідвід будинків, споруджень і устаткування; для даного класу пожежонебезпеки, зони П-Па і місцевості із середньою грозовою діяльністю 20

і більше грозових годин у рік, встановлена III категорія блискавко-захисту відповідно до ДСТУ EN 62305-1:2012 [36];

3) забезпечення захисту від короткого замикання (контроль ізоляції, використання запобіжників), відповідно [32];

4) застосування заземлення захисного екрана для стоку статичної електрики;

5) використання для гасіння пожежі у початковій стадії вуглекислого вогнегасника ВВ-2.

Організаційними заходами протипожежної профілактики є:

- 1) навчання виробничого персоналу протипожежним правилам;
- 2) видання необхідних інструкцій, плакатів, засобів наочної агітації, плану евакуації персоналу у випадку пожежі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі виконано загальний аналіз стану енергоспоживання, визначено основні напрямки для впровадження енергозберігаючих заходів та розроблено рекомендації щодо підвищення енергоефективності гуртожитку.

1. На основі аналізу поточного стану встановлено, що об'єкт знаходиться в доброму стані, проте існує необхідність впровадження енергозберігаючих заходів для зниження споживання енергії та економії фінансових витрат. Динаміка споживання енергетичних ресурсів протягом останніх трьох років показала значні сезонні коливання, які пов'язані зі змінами температури та відповідно, збільшенням потреби в опаленні, освітленні та водопостачанні. Зростання тарифів на енергоресурси є додатковим стимулом для впровадження енергоефективних рішень.

2. Завдяки проведеному аналізу споживання електричної енергії виявили, що найбільше електричної енергії споживають особисті електроприлади студентів. Для підвищення ефективності використання електричної енергії було рекомендовано заміну люмінесцентних , ламп розжарювання на світлодіодні, встановлення датчиків руху в коридорах та підвальних приміщеннях, а також впровадження системи енергомоніторингу та диспетчеризації, інтеграція СЕС на даху будівлі. Ці заходи сприятимуть значному зниженню споживання електричної енергії та покращенню управління енергоресурсами.

3. Місце розташування гуртожитку є сприятливим для розташування сонячної електростанції. Сонячна інсоляція Києва дозволяє ефективно використовувати сонячні панелі для генерації електричної енергії. Встановлення сонячної електростанції на даху гуртожитку є доцільним і ефективним кроком, що сприятиме зниженню витрат на електрику, але великий термін окупності ставить під питання цей захід.

4. Стану енергоменеджменту в гуртожитку свідчить про необхідність подальшого вдосконалення системи. Впровадження сучасних систем

моніторингу, таких як АСКОВЕ, виявляється вирішальним для забезпечення ефективного використання енергії. Запровадження енергетичних температурних карт дозволить оптимізувати енергоспоживання залежно від зовнішніх температурних умов, що сприятиме раціональному використанню ресурсів. Впровадження енергоефективних технологій та програм енергозбереження покращить умови проживання студентів, зменшить витрати на утримання будівлі та підвищить екологічну свідомість мешканців.

Запропоновані заходи з енергозбереження дозволять підвищити рівень енергоефективності студентського гуртожитку, знизити споживання енергоресурсів та скоротити фінансові витрати на їх оплату. Впровадження енергозберігаючих технологій, сприятиме не лише економії коштів, але й підвищенню комфорту проживання студентів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенню загального рівня енергетичної безпеки будівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Європейський Зелений Курс.: веб сайт. URL:<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640> (дата звернення: 01.11.2024).
2. Мінфін: вебсайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/> (дата звернення: 01.11.2024).
3. КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО: вебсайт. URL: <https://kte.kmda.gov.ua/> (дата звернення: 01.11.2024).
4. Системи електропостачання: метод. вказівки до викон. розрахункової роботи з дисципліни для студ. напряму підготов. 6.050601 «Теплоенергетика» за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут»; уклад. : В.А. Попов, А.О. Журавльов, О.С. Ярмолюк. – К. : Вид-во НТУУ «КПІ», 2016. – 34 с.
5. Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення офісних та адміністративно-побутових приміщень методом світлового потоку. НУ «Запорізька політехніка». – 17 с.
6. Лампа світлодіодна трубчаста. Elstroy: вебсайт. URL: <https://elstroy.com.ua/uk/lampi/2166-lampa-svitlodiodnatrubchasta-l-1200-6400-13-t8-18vt-6400k-g13.html> (дата звернення: 01.11.2024).
7. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018. – 137 с.
8. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров, Р.В. Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук — Тернопіль: Джура, 2008. - 388., с.
9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів факультету енергетики і автоматики з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення». Укладачі: Л.С.Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М.Ковалишин. – Київ: НУБПУ 2014 – 63с.

10. Луцький національний технічний університет. Метод коефіцієнта використання. Головна Elib LNTU. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/ЕНП%20Основи%20світлотехніки/Основи%20світлотехніки_елпосібник/page19.html (дата звернення: 01.11.2024).

11. Лед лампи: веб сайт. URL: <https://axiomplus.com.ua/linejnye-lampy/product-117202/> (дата звернення: 01.11.2024).

12. Лед лампи: веб сайт. URL: <https://epicentrk.ua/shop/lampa-svetodiodnaya-philips-10-vt-r80-matovaya-e27-220-v-4000-k-929002966287.html> (дата звернення: 01.11.2024).

13. Лед лампи: веб сайт. URL: https://led-lenta.com.ua/ru/datchyk-rukhu-02-1-nakladnyy-armaturnyy-bilyy-180-maks.1200-vt/?gad_source (дата звернення: 01.11.2024).

14. Архів погоди: веб сайт. URL: <https://meteorpost.com/weather/archive/15> (дата звернення: 01.11.2024).

15. Розрахунок СЕС: веб сайт. URL: <https://pvgis.com/> (дата звернення: 01.11.2024).

16. Виробник сонячних панелей: веб сайт. URL: https://riseupcompany.com.ua/ua/p2167123722-sonyachna-panel-580.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid (дата звернення: 01.11.2024).

17. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016 (на заміну ДБН В.2.6-31:2006 (зі змінами від 1 липня 2013 р.)). – [Чинні від 2017–05–01] // Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

18. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).

19. Енергетичні системи та комплекси. Системи виробництва та розподілу енергії: Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теп-

лопоставання: навчальний посібник / В.В.Дубровська, В.І Шкляр. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112 с.

20. Закон України "Про охорону праці". від 14.10.92 № 2695-ХІІ (із змінами).

21. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. - Затверджено наказом Держкомітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010, №65.

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультра звуку та інфразвуку. Затв. Постан. Головного держсанлікаря від 01.12.1999 р. № 37

23. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Затвер. наказ Мінрегіон України від 01.07. 2016 №204 "Про прийняття національного стандарту

24. ДБН В.2.5-28:2018 Державні будівельні норми. Природне і штучне освітлення. – К. : Наказ Мінрегіон України № 264 від 03.10.2018. Чинний з 2019-03-01

25. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008. Вібраційна безпека. Загальні вимоги. - Чинний з 01.02.2009.

26. ДБН В.2.5-67: 2013 Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013.

27. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. Від 26.03.2010 наказ № 65 Держгірпромнагляд

28. ПУЕ:2017 Правила улаштування електроустановок.

29. Правила улаштування електроустановок. Глава 1.7 Заземлення та захисні заходи від ураження електричним струмом: наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 р. № 476.

30. Правила пожежної безпеки в Україні. Затв. наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні (із змінами)

31. ДБН В 1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги – К.:Мінрегіон, 2017

32. ДСТУ EN 62305-1:2012: Наказ Мін. Економічного розвитку і торгівлі України №640 від 28.05.2012 (EN 62305-1:2011, IDT)