

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

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

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО
«___» _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент та
енергоефективні технології»**

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Підвищення енергоефективності студентського гуртожитку №4
КПШ ім. Ігоря Сікорського»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) ІІІ курсу, групи ОН-п11
Пухальський Святослав Валерійович _____

Керівник:

доцент, к. т. н., доцент,
Закладний Олег Олександрович _____

Консультант з теплової частини:

доцент, к. т. н., доцент,
Шовкалюк Марина Михайлівна _____

Консультант з охорони праці:

професор, д. т. н., професор,
Третякова Лариса Дмитрівна _____

Консультант з нормоконтролю:

старший викладач, к. т. н.,
Чернецька Юлія Валентинівна _____

Рецензент:

доцент, к. т. н., доцент,
Данілін Олександр Валерійович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Підвищення енергоефективності студентського гуртожитку №4
КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Київ – 2024 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»

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Пухальському Святославу Валерійовичу

1. Тема проєкту «Підвищення енергоефективності студентського гуртожитку №4 КПІ ім. Ігоря Сікорського», керівник проєкту Закладний Олег Олександрович, доцент, к. т. н., затверджені наказом по університету від 29.05.2024 р. № 2183-с

2. Термін подання студентом проєкту: 15.06.2024

3. Вихідні дані до проєкту:

4. Зміст пояснювальної записки:

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

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Теплова частина	Шовкалюк М.М., доцент		

Охорона праці	Третьякова Л.Д., професор		
---------------	---------------------------	--	--

7. Дата видачі завдання: 11.03.2024 р.

Календарний план

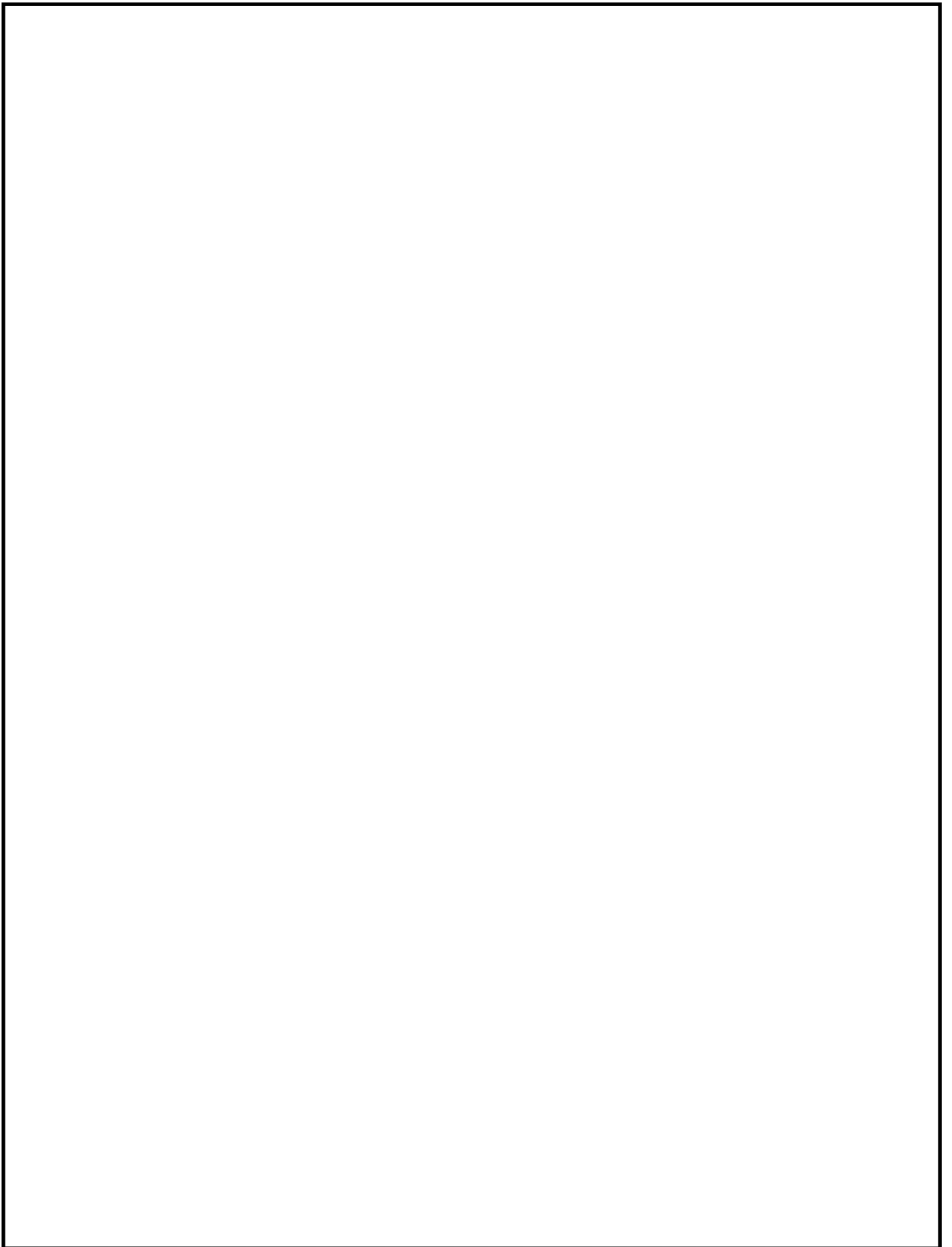
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка

Студент

Святослав ПУХАЛЬСЬКИЙ

Керівник

Олег ЗАКЛАДНИЙ



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пухальський С.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.							
Реценз.					НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Чернецька Ю.В.					
Затверд.							

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ	
1.1 Опис об'єкту	
1.2 Опис інженерних мереж будівлі.....	174
1.3 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів за останні три роки	9
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних паливно-енергетичних ресурсів....	0
Висновки до розділу 1	0
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	211
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз	211
2.2 Коротка характеристика споживачів електричної енергії офісу .	22
2.3 Повірочний розрахунок навантажень будівлі.....	23
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення.....	27
2.5 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі.....	31
2.6 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті	32
2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії.....	33
Висновки до розділу 2	433
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЙОГО ПІДВИЩЕННЯ.....	444
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях	444
3.2 Опис системи опалення та гарячого водопостачання будівлі... ..	445

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

3.3 Визначення теплового навантаження будівлі **Ошибка! Закладка не определена.1**

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій.....	52
Висновки до розділу 3	60
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ..	62
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту	62
4.2 Стан системи енергетичного менеджменту на підприємстві.....	64
4.3 Рекомендації щодо вдосконалення організаційно-управлінських заходів.....	64
Висновки до розділу 4	67
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	68
5.1 Визначення кліматичних умов	68
5.2 Розрахунок сонячної електростанції.....	69
5.2 Інсталювання системи генеруючих залюзі	70
Висновки до розділу 5	73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	75
6.1 Загальна характеристика об'єкту та перелік електричного обладнання	75
6.2 Система охорони праці та протипожежної безпеки на підприємстві.....	76
6.3 Особливості умов праці на комп'ютеризованому робочому місці.....	77
6.4 Визначення показників умов праці	79
6.4 Умови облаштування особливих категорій освітлення	80
6.5 Система протипожежної безпеки в будівлі.....	81
6.6 Заходи цивільної безпеки на підприємстві	82

Висновки до розділу 6	86
ВИСНОВОК.....	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	90
ДОДАТКИ.....	94

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

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;

F – площа;

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

δ – товщина;

Q – теплота;

В – вікно;

Д – двері;

ДХ – дах;

ЗЛ – зенітний ліхтар;

ЗХ – Захід;

ПД – Південь;

ПН – Північ;

СТ – стіна;

СХ – Схід.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ВСТУП

Енергетичний аудит - це обстеження підприємств та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергетичний аудит відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними.

Таким чином енергетичний аудит – постійно діючий механізм безупинного спостереження за станом енергоспоживання об'єкта та супроводжуваними процесами.

Слово “аудит” означає перевірку, ревізію до якогось даного еталона. Предметом енергетичного аудита є система обстеження споживання палива і енергії, аналіз і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Об'єктом енергетичного аудита є суб'єкт господарської діяльності різної форми власності.

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

- складання карт споживання енергетичних ресурсів об'єктом;
- розробка організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження витрати енергії;

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка організаційно-технічних заходів.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Короткий опис об'єкту

Гуртожиток №4 КПІ, в якому планується впровадження заходи енергозбереження, розташований за адресом: м. Київ, вулиця академіка Янгеля, 7. Це п'ятиповерхова цегляна будівля гуртожитку, збудована у 1952 році.

Орієнтація будівлі відносно сторін світу - сприятлива для генерації сонячної енергії. Фасад зі світлопрозорими вікнами орієнтований переважно на південний захід, що забезпечує високий рівень інсоляції протягом більшої частини дня.

У гуртожитку мешкає близько 700 студентів університету. Кожна кімната обладнана великими вікнами зі звичайним склінням. Сама будівля потребує реновації та утеплення, проте це дозволить уникнути надмірних тепловитрат при впровадженні жалюзі із затінювальною функцією.

Існуюча електрична система гуртожитку наразі не розрахована на підключення додаткових джерел генерації електроенергії. Необхідно передбачити її модернізацію та встановлення інверторів і кабельної системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Пухальський С.В.					
Перевір.							
Реценз.							
Н. Контр.		Чернецька Ю.В.					
Затверд.							

НН ІЕЕ, кафедра ЕП

Гуртожиток №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"

Загальні відомості про об'єкт:

Адреса: м. Київ, вулиця академіка Янгеля, 7

Рік побудови: 1952

Тип будівлі: Цегляна, 5 поверхів

Кількість місць для проживання: близько 700 студентських місць

Характеристика вікон: Великі віконні прорізи зі звичайним склінням, орієнтовані переважно на південний та південно-західний напрямки

Опалення та гаряче водопостачання: Від центральної теплової мережі КП "Київтепло енерго"

Система кондиціонування: Відсутня, охолодження приміщень здійснюється природною вентиляцією через відкривання вікон

Електропостачання: Підключено до міських електромереж від ДТЕК "Київські електромережі". Побутовий тариф як для бюджетної установи

Загальний стан будівлі: Потребує реновації, заміни вікон та додаткового утеплення через значні тепловитрати через огорожуючі

З наведених даних видно, що будівля гуртожитку №4 є типовою старою радянською спорудою 1950-х років. Цегляні стіни найкращі, но товщина стін не відповідає вимогам сучасного ДБН.

1.2 Річне споживання енергоносіїв

Далі надана інформація про погодинне добове та річне споживання ресурсів приміщенням гуртожитка №4 НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Загалом будівля споживає воду, теплову енергію на опалення та електричну енергію.

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

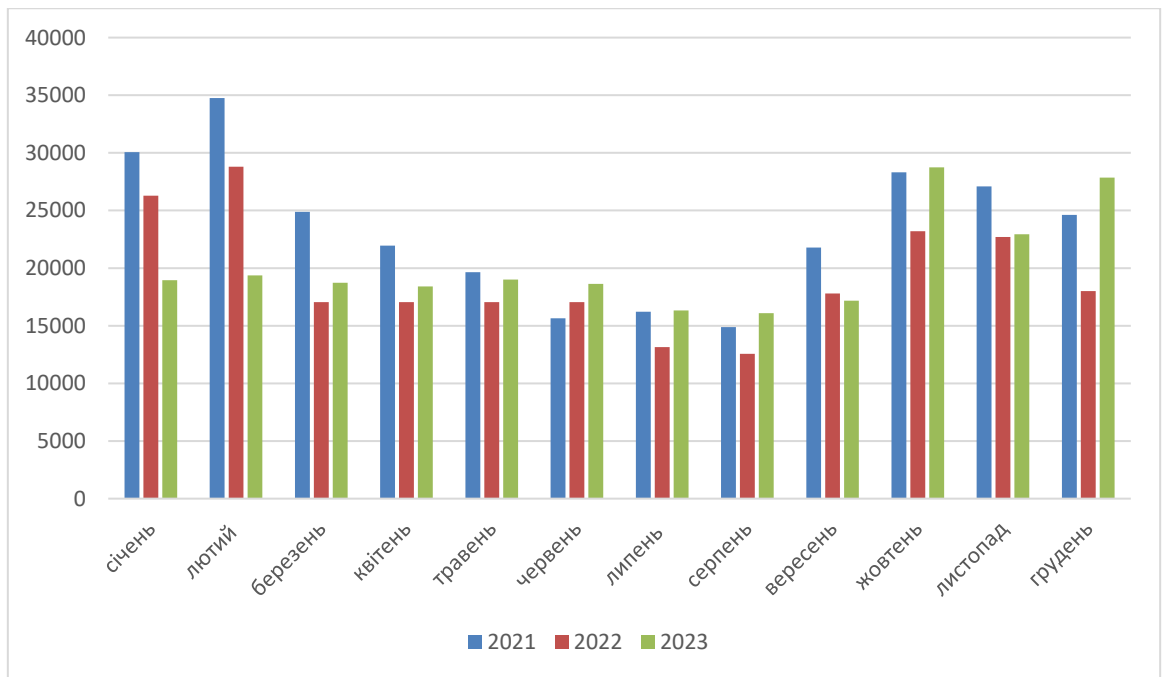


Рисунок 1.1 - Споживання електроенергії

Таблиця 1.1 - Споживання електричної енергії протягом 2021-2023 року

Місяць	Споживання ел.ен, кВт·год	Вартість споживання ел.ен, тис.грн	Споживання ел.ен, кВт·год	Вартість споживання ел.ен, тис.грн	Споживання ел.ен, кВт·год	Вартість споживання ел.ен, тис.грн	
		2021		2022		2023	
1	Січень	30057	51,44	26282	44,44	18952	42,44
2	Лютий	34750	59,35	28802	46,67	19373	46,67
3	Березень	24877	42,78	17043,8	28,63	18736	37,78
4	Квітень	21956	37,70	17043,75	28,63	18413	30,94
5	Травень	19645	33,94	17043,75	28,63	19006	35,52
6	Червень	15643	27,23	17043,75	28,63	18629	31,30
7	Липень	16210	28,31	13143	24,28	16321	46,72
8	Серпень	14880	26,09	12564	23,35	16090	48,69

Продовження таблиці 1.1

9	Вересень	21785	37,97	17802	33,45	17179	52,51
10	Жовтень	28317	48,96	23203	37,20	28745	57,95
11	Листопад	27092	46,78	22701	36,52	22941	64,19
12	Грудень	24620	42,70	18008	28,65	27847	77,69
Σ		279,832	483,25	230680,6	389,08	242232	571,40

Діаграма чітко ілюструє, що споживання у 2023 році помітно зменшується з лютого по листопад. Дана статистика пов'язана з тим, що 2023 рік загалом був нетиповим і згаданий період супроводжувався дистанційною формою навчання, або вимушеними відключеннями.

Таблиця 1.2 Річне споживання теплової енергії в 2021 – 2023 рр

Місяць	Споживання	Вартість	Споживання	Вартість	Споживання	Вартість	
	теп.ен, кВт·год	теп.ен, тис.грн	теп.ен, кВт·год	теп.ен, тис.грн	теп.ен, кВт·год	теп.ен, тис.грн	
	2021		2022		2023		
1	Січень	102006	128704	137466	192957	128278	182840
2	Лютий	123277	171350	149457	209777	153643	219003
3	Березень	100773	140067	74734	104859	133256	189932
4	Квітень	70535	98037	8524	11594	0	0
5	Травень	17433	24223	15723	22446	0	0
6	Червень	3314	4604	8757	12175	0	0
7	Липень	10850	15080	0	0	24085	34266
8	Серпень	8989	12494	14839	20631	81456	115877

Продовження таблиці 1.2

9	Вересень	14991	20839	105588	147936	50916	72423
10	Жовтень	33808	46987	29703	41665	77583	110521
11	Листопад	68907	12062	66756	95049	36704	52397
12	Грудень	87015	97944	137885	196543	171065	244594
Σ		641,898	771,391	749,432	1,055,632	856,986	1,221,853

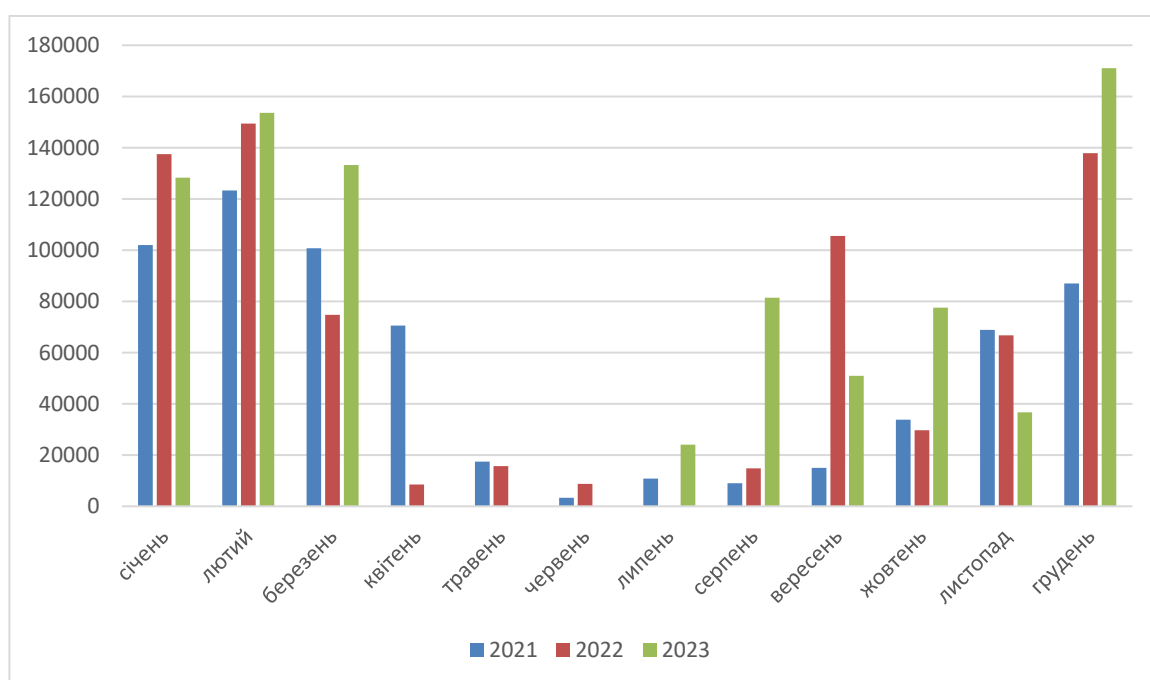


Рисунок 1.2 - Споживання теплової енергії кВт·год за 2021 – 2023 рр
 Різниця в споживанні теплової енергії відповідає опалювальному сезону.
 За графіками температури видно, що споживання обернено пропорційне значенням температури, що свідчить про відсутність видимої перевитрати.

Таблиця 1.3 Обсяг водоспоживання за 2021 – 2023 рр.

Місяць	Споживання	Вартість	Споживання	Вартість	Споживання	Вартість	
	води, м ³	водопостачання, тис.грн	води, м ³	водопостачання, тис.грн	води, м ³	водопостачання, тис.грн	
	2021		2022		2023		
1	Січень	1 766	43 598	1 795	62 628	2 024,00	61 497,22
2	Лютий	1 392	35 328	1 296	39 378	810,00	24 611,04
3	Березень	1 376	34 922	986	29 958	1 558,00	47 338,27
4	Квітень	1 514	38 425	1 099	33 392	1 710,00	51 956,64
5	Травень	1 106	28 070	430	13 065	2 237,00	67 969,01
6	Червень	1 346	34 161	463	14 067	1 510,00	45 879,84
7	Липень	1 097	27 841	675	675	2 093,00	63593,71
8	Серпень	849	21 547	949,00	28834,42	2 004,76	60912,63
9	Вересень	1 977	50 176	1 267,00	38 496,53	1472,04	44 726,46
10	Жовтень	2 167	54 998	1 378,00	41 869,15	1 522,80	46 268,76
11	Листопад	2 367	60 074	1 894,00	57 547,30	1 754,92	53 321,49
12	Грудень	1 506	38 222	1 198,00	36 400,03	2 128,00	64 657,15
	Σ	18463	467362	13430	396310,43	20824,52	632732,22

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

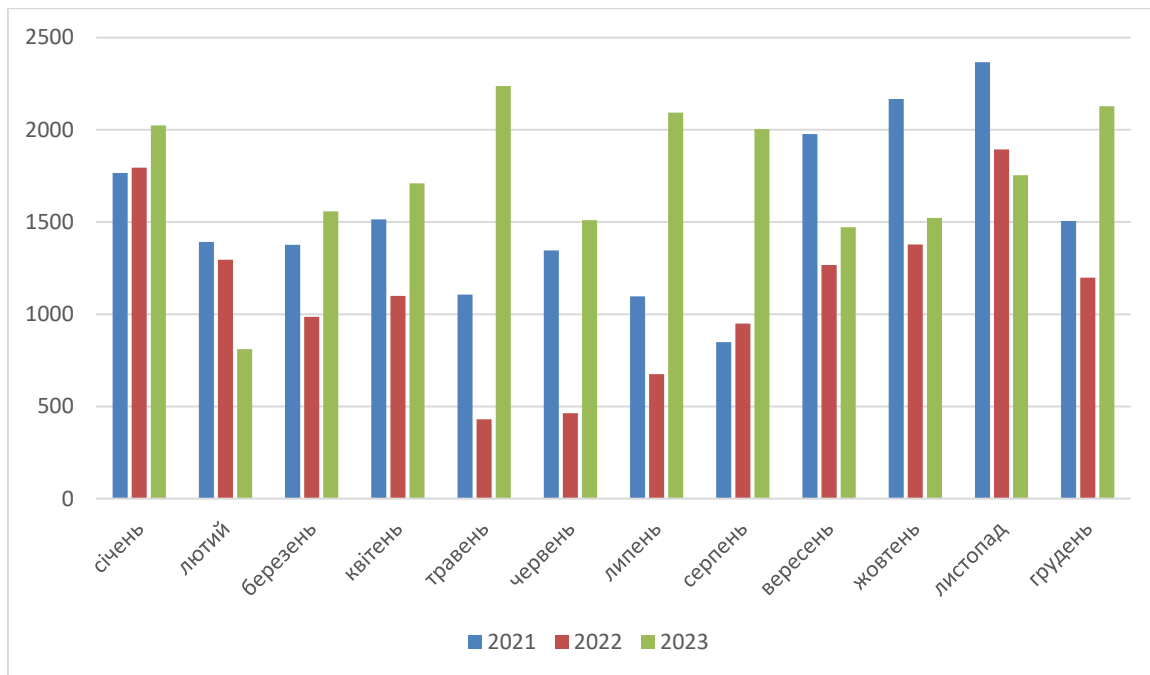


Рисунок 1.3 - Обсяг спожитої води за 2021 – 2023 рр.

1.3 Існуючі тарифи на енергоносії

Побутовий тариф встановлюється рішенням КМУ. Нижче в таблиці 2.5 наведені дані по тарифам на електроенергію за 2022 -2023 роки по місяцям у грн/кВт·год за наявними платіжками бухгалтерії Гуртожитоку.

Таблиця 1.4 Тарифи на електроенергію за останні 2 роки (з ПДВ)

Місяць	Роки											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
2022	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
2023	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	2,288	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64

Тарифи на теплову енергію та воду за 2022-2023 роки зведено до таблиці 1.5. та 1.6 відповідно.

Таблиця 1.5 Тарифи на теплову енергію

	2022	2023
Теплова енергія, грн/Гкал (з ПДВ)	1654,41	1654,41
Теплова енергія, грн/кВт·год (з ПДВ)	1,162184	1,859192

Таблиця 1.6 Тарифи на воду

	2022	2023
Вода, грн/м ³ (з ПДВ)	30,384	30,384

В таблиці 1.1 – 1.5 внесемо споживання електричної енергії обладнанням

На рисунках 1.1 – 1.3 покажемо графіки споживання електричної енергії

1.4 Попередні заходи з енергозбереження

У 2015 році була проведена реконструкція будівлі, а саме:

- заміна вікон на більш енергоефективні,
- заміна системи освітлення,
- встановлення датчиків руху у вбиральнях,
- утеплення підводу централізованого опалення.

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

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Електропостачання гуртожитку №4 може живитись від двох, а саме ТП-51 і ТП-3113 які знаходяться на території студмістечка. У ТП встановлено два трансформатори типу ТМ-10/0,4, S=1000кВА (ввод 1 – робочий та ввод 2 знаходиться у неробочому стані(потік трансформатор)).. Однолінійна схема наведена в додатках. Щитова гуртожитку знаходиться у підвальному приміщенні. Вона складається з 9-ти лічильників, які живляться від трансформаторних підстанцій: ТП -3113; Т-0,66 300/5 СА4У И 672М 3х380/220В; 3х5А; 50Гц.

Облік енергоносіїв - комерційний.

Гуртожиток споживає електроенергію на освітлення та такі електроспоживачі як:

Холодильники – 276 штук

Ноутбуки- 598 штук

Телевізори- 9 штук

Електрочайники- 242 штук

Мікрохвильові печі- 103 штук

Електрообігрівачі – 123 штуки

Та інші дрібні споживачі, такі як: праски, фени, музикальні центри, принтери і т.п.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пухальський С.В.					
Перевір.							
Реценз.							
Н. Контр.		Чернецька Ю.В.					
Затверд.							

НН ІЕЕ, кафедра ЕП

За надійністю електропостачання споживачі розподіляються наступним чином:

- споживачі II категорії (освітлення, електродвигуни технологічних процесів);
- споживачі III категорії (допоміжне обладнання, двигуни допоміжного обладнання).

2.2 Коротка характеристика споживачів електричної енергії гуртожитка

В гуртожитку присутня технічна кімната, кухня та робочі приміщення.

Основними електрообладнанням офісу є:

- плита електрична (26 шт) потужністю 14 кВт;
- холодильники побутові (276 шт) потужністю 0,85 кВт;
- чайники (242 шт) потужністю 1,5 кВт;
- ноутбуки (598 шт) потужністю 0,5 кВт;
- мікрохвильова піч (103 шт) потужністю 0,7 кВт;

Електрична енергія також споживається на потреби внутрішнього освітлення, яке представлено такими світильниками:

- світлодіодні LED 12 шт. 36 Вт, 319 шт. 32 Вт, 50 шт. 30 Вт,
- світильники Cantana 10 шт. 40 Вт

Дані по загальній встановленій потужності різним електрообладнанням та сумарні дані зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Загальна встановлена потужність електрообладнання

	Найменування енергооспоживаючого обладнання	Кількість одиниць обладнання, шт.	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год/добу
Побуто	Плита електрична	26	14	3
	Холодильник побутовий	276	0,85	24

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

	Чайник	242	1,5	1
Офі	Ноутбуки	598	0,5	10
	Всього	1142		

Усі електроприймачі розраховані на напругу 220 В, струм змінний трифазний, частотою 50 Гц.

Загальна кількість ЕП становить 382 шт. Системи захисту, охорони, сигналізації та аварійного освітлення відносяться до першої особливої групи, всі інші ЕП відносяться до другої категорії надійності.

Найбільшу частку серед загальної кількості електроприймачів займає офісне обладнання, а саме комп'ютери.

Все обладнання гуртожитка знаходиться в задовільному технічному стані, більшість було оновлено у рік реконструкції та постійно перевіряється відповідним персоналом, використовується за призначенням та відповідає вимогам.

2.3. Повірочний розрахунок навантажень об'єкту (гуртожитка)

Для розрахунку розрахункового навантаження гуртожитка застосовується наступний підхід:

$$P_1 = p_1 \cdot n_1 = 2,2 \cdot 150 = 330 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де p – питоме навантаження на 1 ліжко-місце, n – кількість ліжко-місць

$$Q_1 = P_1 \cdot \text{tg}\phi_1 = 330 \cdot 0,4 = 132 \text{ квар}, \quad (2.2)$$

де $\text{tg}\phi$ - коефіцієнт потужності.

Від даного трансформатора також живиться аптечне приміщення без приготування ліків.

$$P_2 = p_2 \cdot f_2 = 0,12 \cdot 120 = 14,4 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

де f – площа торгівельної зали, p – питома навантаження на одиницю площі

$$Q_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 14,4 \cdot 0,48 = 6,912, \quad (2.4)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивного навантаження. Повну потужність визначаємо за формулою:

$$S_1 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{330^2 + 132^2} = 335,4209 \text{ кВА}, \quad (2.5)$$

Розрахуємо навантаження на шинах НН.

$$P_{\text{НН}} = P_1 + kP_2 = 330 + 1 \cdot 14,4 = 344,4 \text{ кВт}, \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{НН}} = Q_1 + kQ_2 = 132 + 6,912 = 138,912 \text{ квар}, \quad (2.7)$$

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{P_{\text{НН}}^2 + Q_{\text{НН}}^2} = \sqrt{344,4^2 + 138,912^2} = 371,3595 \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

Розрахуємо втрати в трансформаторі ТР1:

$$\Delta P_{\text{ТР}} = 0,03 \cdot S_{\text{р}}; \quad (2.9)$$

$$\Delta P_{\text{ТР}} = 0,03 \cdot 371,3595 = 11,140 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{ТР}} = 0,1 \cdot S_{\text{р}}, \quad (2.10)$$

$$\Delta Q_{\text{ТР}} = 0,1 \cdot 371,3595 = 37,135 \text{ квар}$$

Знаходимо навантаження приведені до шин ВН:

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{ТР}}, \quad (2.11)$$

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{ТР}} = 344,4 + 11,140 = 355,54 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{ТР}} = 138,912 + 37,135 = 176,047 \text{ квар}, \quad (2.12)$$

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.13)$$

ВН ВН

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{355,54^2 + 176,047^2} = 396,7382 \text{ кВА}$$

Таблиця 2.2 – Розрахункові електричні навантаження

Вид електричного навантаження	Розрахункові електричні навантаження		
	Р, кВт	Q, кВАр	S, кВА
Навантаження будівель	344,4	138,912	371,3595
Втрати в трансформаторі	11,140	37,135	
Шини ВН на ТП	355,54	176,047	396,7382

Перевірка трансформаторів

Згідно з розрахунками сумарного електричного навантаження, маємо таке значення повної потужності [14]:

$$S_{\text{ре}} = 396,7382 \text{ кВА}$$

Розрахункова потужність трансформатора:

$$S_{\text{Тр}} = \frac{S_{\text{ЗМ}}}{\beta} \quad (2.14)$$

де β - коефіцієнт завантаження трансформатора

$$S_{\text{Тр}} = \frac{396,7382}{0,85} = 466,751 \text{ кВА}$$

					Арк.
					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата	

З початкових даних відомо, що встановлено трансформатор ТМ – 1000.

Оскільки, $S_{\text{ном}} > S_{\text{т.р}}$, $1000 > 466,751$ тому цей трансформатор номінальної потужності підходить для даних об'єктів.

Перевірка кабелів

Перевірку проводимо у після аварійному режимі (пошкодження однієї з ліній, що живить об'єкт). Перевірку кабелю від РП до ТП

здійснюємо за розрахунковим струмом:

Підставляємо значення у формулу

(2.15):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$$

Підставляємо значення у формулу (2.14):

$$I_p = \frac{396,7382}{\sqrt{3} \cdot 10} = 22,906 A$$

Наявний кабель марки АпвП 3×240, $I_{\text{доп}} = 340 A$; $r_0 = 0,125 \text{ Ом/км}$

;

$x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$.

Перевіряємо кабель від ТП до корпусу за розрахунковим струмом, знайденим за формулою (2.15):

$$I_p = \frac{335,4209}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 484,138 A$$

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Наявні два кабелі марки АВВГ 4х240, $I_{\text{доп}} = 660\text{А}$, $r_0 = 0,25\text{ Ом/км}$;

$x_0 = 0,0298\text{ Ом/км}$.

Робимо перевірку:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \geq I_p,$$

$$1000 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,3 > 484,138$$

K_1 , K_2 , K_3 - поправні коефіцієнти, що залежать від температури землі та повітря K_1 , від кількості кабелів, прокладених в одній траншеї або одному кабельному каналі, K_2 , коефіцієнт допустимого перевантаження, K_3 .

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення (приміщення)

Розрахунок внутрішнього освітлення приміщення здійснюється згідно зі стандартами і нормативами, які визначають необхідну кількість світла для забезпечення комфортного та безпечного освітлення в приміщенні.

В Україні використовується ДБН В.2.5-28-2006 "Природне і штучне освітлення" [6], який визначає норми освітленості для житлових, громадських, адміністративних та промислових будівель. Згідно з яким був виконаний розрахунок.

Мінімальний рівень освітлення згідно стандартів приймається

$E_{\text{min}} = 400\text{ лк}$ [6];

Де $a = 1,8$; $b = 2,2$.

Визначимо освітленість в точці А за формулою [6]:

$$E = \frac{\Phi_{\text{св}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n E_i}{k_3 \cdot 1000}, \quad (2.17)$$

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

де E - розрахункова освітленість, лк;

$\Phi_{св}$ - світловий потік світильника, лм;

μ - коефіцієнт неврахування освітленості, $\mu=1,1-1,2$ [3];

$\sum_{i=1}^n E_i$ - сумарна освітленість згідно кривих просторових ізолюкс

світильника. Визначається в залежності від висоти підвісу світильника і відстані від проекції світильника до точки, що розглядається;

n - кількість врахованих світильників;

k_3 - коефіцієнт запасу, $k_3=1,3$ [6].

Для ламп денного світла потужністю 45 Вт визначаємо світловий потік:

$$\Phi_{св}=2800 \text{ лм.}$$

Відомо, що висота приміщення H становить 2,8 м. Приймем, що відстань від підлоги до розрахункової поверхні $h_p=0,8$ м, а відстань від стелі до світильника $h_c=0,2$ м. Тоді висоту підвісу світильника визначимо за формулою:

$$h = H - h_p - h_c.$$

Підставивши значення в формулу (2.7) отримаємо:

$$h = 2,8 - 0,8 - 0,2 = 1,8 \text{ м.}$$

Знайдемо довжину відрізка d_1 - відстань від проекції світильника до розрахункової точки за формулою:

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Підставляємо значення у формулу (2.8):

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{1,8}{2}\right)^2 + \left(\frac{2,2}{2}\right)^2} = 1,4 \text{ м.}$$

Знайдемо довжину відрізка d_2 за формулою:

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + (a \cdot b)^2}$$

Підставляємо значення у формулу та отримуємо:

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{1,8}{2}\right)^2 + (1,8 \cdot 2,2)^2} = 4,06.$$

Для визначення освітленості в точці А від кожного зі світильників 1..4, можна використати відому висоту підвісу світильника $h=1,8$ м та відстань від проекції світильника до розрахункової точки $d_1=1,4$ м. Використовуючи криві просторових ізолюкс Г-2 (рисунок 2.2), ми зможемо визначити освітленість в точці А від кожного зі світильників 1-4.

Сумарна умовна освітленість:

$$\sum_{i=1}^n E_i = 116,4 \text{ лк.}$$

Визначимо освітленість E - розрахункова освітленість в точці А при врахуванні чотирьох найближчих світильників, що знаходяться на однаковій відстані від розрахункової точки за формулою (2.17):

$$E = \frac{2800 \cdot 1,1 \cdot 116,4}{1,3 \cdot 1000} = 275,778 \text{ лк}$$

Виконаємо перевірку:

$$0,9 \cdot E_{min} < E < 1,2 \cdot E_{min}$$

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$270 < 275,778 < 360$$

Умова перевірки виконується, отже освітленість задовольняє нормованій освітленості.

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

За допомогою балансу споживання електричної енергії можна виявити, які саме споживачі є найбільш енергоємними. Даний аналіз допоможе пріоритезувати зходи з енергозбереження. Для розгляду пропонується складання балансу споживання електроенергії офісної будівлі банку за 2022 рік.

Загальне споживання електричної енергії розраховується за формулою

$$W_i = P_{вст.i} n k_{в.i} T_{роб.i}, \quad (2.18)$$

де $P_{вст.i}$ - встановлена потужність обладнання, кВт;

n - кількість обладнання, шт;

$k_{в.i}$ - коефіцієнт використання;

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

Згідно з формулою (2.12) розраховуємо загальне споживання електричної енергії для всього обладнання і результати розрахунків.

Таблиця 2.3 - Розрахунок навантаження об'єкта

Назва електроприймачів	п, шт.	Рн, кВт	Рн Σ , кВт	Кв	Рср, кВт	пэ, шт	Кр	Рр, кВт
Кухня								
Електричний обігрівач	123	1	123	0,9	110,7			
Мікрохвильова піч	103	0,5	51,5	0,6	30,9			
Електрич. водонагрівач	242	6	1452	0,4	580,8			

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата					

Продовження таблиці 2.3

Електроплита	2	12	24	0,8	19,2			
Холодильник	276	0,25	69	0,85	58,65			
Сума	746	19,75	1719,5	0,71	800,25	6	1,01	808,25
Освітлення								
Лампи розжарювання	354	0,08	28,32	0,9	25,48			
Люмінесцентні лампи	230	0,05	11,5	0,9	10,35			
Енергозберігаючі лампи	35	0,03	1,05	0,9	0,945			
Сума	619	0,16	40,87	0,9	36,78	510	1	360,78
Оргтехніка								
Комп'ютер	151	0,3	45,3	0,5	22,65			
Принтер	279	0,1	24,9	0,5	12,45			
Ксерокс	20	0,5	10	0,4	4			
Ноутбук	598	0,09	53,82	0,5	26,91			
Сума	1048	0,99	134,02	0,48	66,01	536	1	66,01
Побутові прилади								
Праска	187	1	187	0,3	56,1			
Фен	160	1,2	192	0,4	76,8			
Телевізор	9	0,3	2,7	0,6	1,62			
Сума	356	2,5	381,7	0,43	134,52	2545	1	134,52
Сумарне навантаження								1045,56

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

Результати представлено у вигляді кругової діаграми на рис. 2.1.

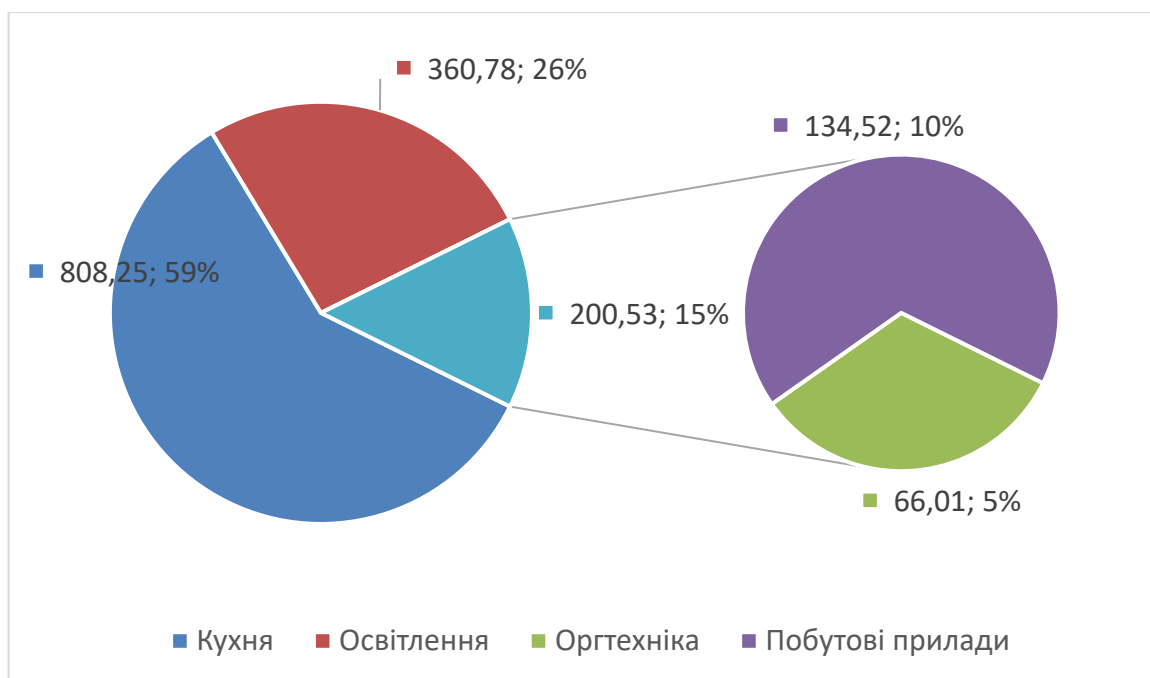


Рисунок 2.1 – Електричний баланс гуртожитка №4

Найбільше електричної енергії споживається категорією «Кухня» та «Оргтехніка». Лівову частину споживання енергії у цій групі займають комп'ютери, тому слід звернути увагу на впровадження заходів з енергоефективності саме в цій категорії.

Наступною категорією, по вагомості, є побутова техніка. Кількісно найбільше споживає холодильник, що є типовим для охолоджуючих пристроїв.

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

Комерційний облік електроенергії здійснюється лічильником СА4У И 672М 3х380/220В; 3х5А; 50Гц. Системою енергоменеджмента гуртожитка передбачена перевірка точності пристроїв обліку щороку. Для некомерційного обліку на різних категоріях споживачів встановлено додаткові лічильники ІЕМ3155. Обидва лічильники рахують активну та реактивну енергію, мають змогу демонструвати споживання в зазначений момент часу.

2.7 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії

2.7.1 Встановлення датчиків руху в коридорах будівлі

LED панелі та зазначені світильники використовуються для освітлення коридору переважно у вечірній час та зимовий період. Кількість встановлених в коридорах ламп складає 212 штук, потужністю 0,04 кВт. Вони знаходяться у ввімкненому стані 7 годин на день. Присутність людей у коридорах, в той час, коли необхідне світло, складає приблизно 4 годин на день.

Встановлення датчиків руху в коридорах дозволяє автоматично вимикати освітлення в приміщенні при відсутності людей. Для встановлення пропонуються датчики присутності фірми Feron. Датчики зарекомендували себе надійними в експлуатації та енергоефективними. Використаємо датчики Feron LX-39 (рис. 2.5). Занесемо характеристики датчика до таблиці 2.4.



Рисунок 2.5 - Датчик Feron LX-39 [27]

Таблиця 2.4 - Параметри датчика руху [27]

Живлення	220В
Дальність дії	12 м
Кут охоплення по горизонталі	180 °
Тип	інфрачервоний
Функції та можливості	Регулювання освітленості та часу спрацьовування
Клас захисту	IP44
Робоча температура	-20 °С ~ +40 °С
Ціна	350 грн

					Арк.
					33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата	

Розрахунок річної економії енергії

За формулою

$$\Delta W = nP_{\text{л}}(T_{\text{реал}} - T_{\text{кор}})n_{\text{д}}, \quad (2.19)$$

де n – кількість світильників;

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

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

$$T_{\text{реал}} = 7 \text{ год}, T_{\text{кор}} = 4 \text{ год};$$

$n_{\text{д}}$ – кількість робочих днів, $n_{\text{д}} = 247$ днів для типового року.

$$\Delta W = 212 \cdot 0,04 \cdot (7 - 4) \cdot 247 = 6283,68 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Економія коштів в грошовому еквіваленті при вартості 1 кВт·год = 4,4 грн визначається за формулою

$$\Delta E = \Delta W T, \quad (2.20)$$

де T – тариф на електричну енергію.

$$\Delta E = 6283,68 \cdot 4,32 = 27\,146 \text{ грн}.$$

Витрати на введення в експлуатацію даного заходу з енергозбереження 350 грн – ціна одного датчика руху. В будівлі гуртожитка маємо 5 поверхи з робочими приміщеннями, на кожному з поверхів доцільно встановити по 2 датчики руху, тобто загалом 10 датчиків;

Вартість робіт по встановленню датчиків та прокладці кабелю складає 170 грн/шт [29].

Капітальні витрати

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

Простий термін окупності

Визначається за формулою

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (2.21)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{5200}{27146} = 0,19 \text{ року}.$$

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

2.7.2 Модернізація системи освітлення шляхом заміни люмінесцентних ламп ЛБ-40 на TLD36

Поточний стан

В системі освітлення для освітлення використовуються світильники 2x40 з люмінесцентними лампами ЛБ-40.

Опис можливостей енергозбереження Пропонуємо замінити 2244 встановлених ламп ЛБ-40 на лампи типу TLD36.

Порівняльні характеристики ламп ЛБ-40 і TLD36 наведені в таблиці 7:

Таблиця 2.5 – Порівняльні характеристики ламп ЛБ-40 і TLD36

№	Тип лампи	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Строк служби, год	Вартість, грн
1	ЛБ-40	40	1800	9000	5,71
2	TLD36	36	2850	12000	8,14

Розрахунок економії енергії

Економія електроенергії (E_e) складе, при умові роботи світильників 3000 год. на рік:

$$E_e = 2244 \times (40 - 36) \times 3000 = 26928,0 \text{ кВт год/рік.}$$

Розрахунок річної економії грошових витрат Економія грошових коштів (E_g) складе:

$$E_g = 26928,0 \times 1,2389 = 33361,099 \text{ грн/рік.}$$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на введення в експлуатацію

Витрати на введення в експлуатацію, в нашому випадку, є різниця між вартістю лампи ЛБ-40 і TLD36. Якщо вважати, що заміна ламп буде здійснюватися власним персоналом, приймаємо вартість робіт 0 грн.

$$Вен = 2244 \times (8,14 - 5,71) = 5452,92 \text{ грн.}$$

Економічна оцінка

При таких показниках роботи простий термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{B_{вн}}{E_r} = \frac{5452,92}{33361,099} = 0,16 \text{ року}$$

Таким чином термін окупності, при заміні лампи ЛБ-40 на TLD36 ненабагато менше ніж півроку.

2.7.3 Встановлення енергоефективної пускорегулюючої апаратури

Поточний стан

У корпусі для освітлення використовується 150 люмінесцентних ламп, пуско-регулююча апаратура яких працює неефективно.

Опис заходу з енергозбереження

Пропонуємо встановити енергоекономічні люмінесцентні лапи зі світорегуляторами у кількості 6 штук. Нова економічна освітлювальна установка зі світорегулятором складається із адаптеру зі вбудованим в нього регульованим ПРА, встановленим на різьбовому цоколі, в який вставляється компактна люмінесцентна лампа. Діапазон регулювання світлового потоку знаходиться в межах від 100 до 10%. Електронний ПРА зі світорегулятором на цоколі має в п'ять разів більший термін використання ніж люмінесцентна лампа. Тому лампи можуть вставлятись в цоколь одна за іншою по мірі їх перегорання, забезпечуючи високу економічну ефективність приладу. Термін використання цього приладу досягає 40000 годин.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок річної економії електроенергії

Економію від даного заходу можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_i = \left(1 - \frac{k_{npai}^e}{k_{npai}} \right) \cdot W_{pi},$$

де $k_{ПРА} = 1,19$ – коефіцієнт втрат в ПРА існуючих світильників системи освітлення і-го приміщення;

$k_{npai}^e = 1,1$ – коефіцієнт втрат у ПРА, що встановлюються.

Економія електроенергії при впровадженні цього заходу визначається за формулою:

$$W_5 = W_{зар} \cdot (1 - 0,92) = 11793,6 \cdot 0,08 = 943,5 \text{ кВт год/рік}$$

Розрахунок річної економії витрат

Річна економія складає:

$$E_{грн} = 943,5 \cdot 4,32 = 4075,92 \text{ грн/рік}$$

Витрати на введення в експлуатацію складають:

$$B = Ц \cdot n,$$

Ц – вартість однієї лампи з ПРА, Ц = 55 грн.

n – кількість ламп з ПРА, яка дорівнює 6.

$$B = 55 \cdot 6 = 330 \text{ грн.}$$

Витрати на доставку: $B_d = 50$ грн.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Витрати на монтаж та демонтаж: $V_M = 150$ грн.

Сумарні витрати знайдемо за формулою:

$$V_{\text{сум}} = V + V_d + V_M$$

$$V_{\text{сум}} = 330 + 50 + 150 = 530 \text{ грн.}$$

Термін окупності проекту складає:

$$T_{\text{ок}} = V / \Delta E = 530 / 4075,92 = 0,13 \text{ рік.}$$

2.3.4 Розробка системи вентиляції з рекуперацією тепла

Вартість закупівлі та установки вентиляційних агрегатів

Дані про вартість припливно-витяжної вентиляційної установки з рекуперацією тепла Торвех TR06 EL взято з сайту www.mc707.kiev.ua і становить 7683 eur або 84513 грн (з розрахунку 11 грн за 1 eur). Враховуючи можливість незадовільного стану деяких ділянок повітроводів та розташування витяжних вентиляторів на крівлі будинку додамо до загальної вартості агрегатів 20 % від їх вартості для подолання цих перешкод. Таким чином отримаємо повні витрати на закупівлю і установку обладнання:

$$V_{\text{зак}} = 84513 \cdot 8 \cdot 1,2 = 811324,8 \text{ грн.}$$

Річне споживання електроенергії вентиляційних агрегатів в грошовому еквіваленті

Для досягнення кінцевої мети пункту спочатку розрахуємо середні витрати повітря одним вентагрегатом:

$$Q_{\text{сер}} = Q / n = 17800 / 8 = 2225 \text{ м}^3/\text{год.}$$

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

За діаграмою, яка вказана на рис.4.7 та розрахованою вище витратою повітря знайдемо ефективність рекуперації ϵ , %. Вона приблизно складає 75 %.

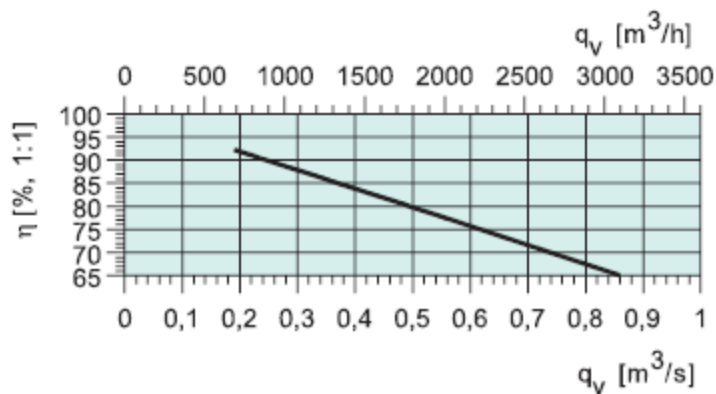


Рисунок 2.6 – Ефективність рекуперації

Це число свідчить, що від витяжного повітря передається 75 % від максимально можливого тепла припливному повітрю.

Далі розрахуємо середню потужність, яка витрачається на підігрів припливного повітря до 15 °С в опалювальний період при даних витратах повітря та ефективності рекуперації:

$$P_{\text{сер}} = Q_{\text{сер}} \cdot 0,36 \cdot ((T_{12} - T_{11}) - (T_{22} - T_{21}) \cdot \epsilon) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2.22)$$

де T_{12} – температура на вході в припливний повітровод, °С;

T_{11} – температура на виході з припливного повітроводу, °С;

T_{21} – температура на вході в витяжний повітровод, °С;

T_{22} – температура на виході з витяжного повітроводу, °С.

$$P_{\text{сер}} = 2225 \cdot 0,36 \cdot ((15 + 1,1) - (18 + 1,1) \cdot 0,75) \cdot 10^{-3} = 1,422 \text{ кВт.}$$

					Арк.
					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата	

Сумарне навантаження складе:

$$P = 1,422 \cdot 8 = 11,376 \text{ кВт};$$

Тепер можемо розрахувати електроенергію, спожиту за опалювальний період підігрівачами повітря:

$$W = P \cdot 4392 = 11,376 \cdot 4392 = 49963,392 \text{ кВт·год./рік},$$

тоді як витрати на оплату становитимуть:

$$B_w = W \cdot 0,5708 = 49963,392 \cdot 0,5708 = 28519,10 \text{ грн/рік.}$$

На відміну від підігрівачів двигуни вентиляторів навантажені протягом 10 місяців (окрім липня і серпня), але також завантажені на середню продуктивність. То ж розрахуємо навантаження на двигуни вентиляторів за наступною формулою:

$$P_{\text{дв}} = 2 \cdot Q_{\text{сер}} / Q_{\text{ном}} \cdot P_{\text{ном}}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де $Q_{\text{ном}}$ – номінальні витрати повітря, м³/год. ;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність одного з двигунів, кВт.

$$P_{\text{дв}} = 2 \cdot 2225 / 3400 \cdot 1 = 1,309 \text{ кВт}$$

Знайдемо кількість споживаної електроенергії загальним числом двигунів в рік:

$$W_{\text{дв}} = 1,309 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 300 = 59846,4 \text{ кВт·год./рік},$$

а також оплату за неї:

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$B_{\text{дв}} = 59846,4 \cdot 0,5708 = 34160,33 \text{ грн/рік,}$$

і, нарешті, сумарну плату за спожиту електроенергію:

$$B_{\Sigma} = 28519,10 + 34160,33 = 62679,43 \text{ грн/рік.}$$

Річна економія споживання теплової енергії в грошовому еквіваленті

Економія теплової енергії виникає за рахунок часткової заміни обігріву приміщення системою опалення припливно-витяжною вентиляцією з рекуперацією тепла. Збільшення температури в приміщенні призводить до зменшення температури теплоносія в пропорційному відношенні. Після впровадження системи вентиляції навантаження на систему опалення пов'язане лише з нагріванням температури приміщення на 3 °С, що призводить до значної економії. Розрахуємо річну економію теплоносія:

$$E_Q = Q_{2008} \cdot 0,8 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}})/(t_{\text{н}} - t_{\text{зов}}), \text{ Гкал/рік} \quad (2.24)$$

де Q_{2008} – споживання теплової енергії за 2008 рік, Гкал/рік;

$t_{\text{вн}} = 15 \text{ °С}$ – температура, до якої нагріває приміщення система вентиляції;

$t_{\text{зов}} = -1,1 \text{ °С}$ – середня температура навколишнього середовища за опалювальний період в м. Києві;

$t_{\text{н}} = 18 \text{ °С}$ – нормативна температура в приміщенні;

0,8 – 80 % тепло енергії витрачається на опалення.

$$E_Q = 1415,77 \cdot 0,8 \cdot (15 + 1,1)/(18 + 1,1) = 954,718 \text{ Гкал/рік.}$$

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Результат, здобутий в попередньому розрахунку, дозволяє легко знайти грошову економію (205,94 грн за 1 Гкал):

$$E = 954,718 \cdot 205,94 = 196614,62 \text{ грн/рік}$$

Отримана економія дозволяє задовольнитися наступним терміном окупності:

$$T_{\text{ок}} = B_{\text{зак}} / (E - B_{\Sigma}) = 811324,8 / (196614,62 - 62679,43) = 6 \text{ років}$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Висновки до розділу 2

У ході розрахунків визначено, що в будівлі гуртожитка найбільшу частку електричної енергії споживають кухонні прилади, а офісні прилади ідуть на другому місці (ноутбуки).

Для підвищення ефективності споживання у секторі офісного обладнання було запропоновано введення особливого режиму роботи комп'ютерів, для регулювання їх активності в часи простою. Додатково запропоновані заходи енергоефективності для системи освітлення та для побутової техніки, а саме встановлення датчиків руху в коридорних приміщеннях.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

З ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЙОГО ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності це сукупність вимог до огорожувальних конструкцій будівлі, інженерних систем та їх елементів (у тому числі обладнання), дотримання яких забезпечує належні умови життєдіяльності людей у такій будівлі протягом нормативного строку експлуатації при нормативно-допустимому рівні витрат енергії [30].

В Україні існує ряд нормативних актів щодо енергетичної ефективності в будівлях, які мають на меті зменшення витрат на опалення та забезпечення комфортних умов проживання. Основними нормативними документами в цій галузі є:

- ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель", який містить вимоги до теплової ізоляції будівель та споруд з урахуванням різних кліматичних зон України.
- ДСТУ 9191 - "Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» - цей документ містить вимоги до будівель і споруд.
- Наказ Мінрегіонбуду України від 30.12.2019 № 368 "Про затвердження Типових правил забезпечення енергоефективності та використання відновлювальних джерел енергії в адміністративних і громадських будівлях та спорудах".
- ДБН В.2.2-9:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди», загальні норми, що регулюють питання проектування громадських будинків та споруд в Україні, містять вимоги до будівельних конструкцій,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пухальський С.В.			Визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та заходів з його підвищення	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Шовкалюк М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.		Чернецька Ю.В.						
Затверд.								
					НН ІЕЕ, кафедра ЕП			

інженерних систем та енергоефективності будівель та споруд.

Відповідно до ДБН В.2.2-9 громадські будинки і споруди слід проектувати класом енергоефективності не нижче "С" згідно з ДБН В.2.6-31.

Огороджувальні конструкції будинків і споруд слід проектувати так, щоб розрахункові значення величин приведенного опору теплопередачі, визначені з урахуванням теплопровідних включень згідно з ДСТУ 9191, були не менше ніж нормативні значення, встановлені ДБН В.2.6-31.

Вимоги щодо енергозбереження рішень з інженерного обладнання та систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівель необхідно враховувати згідно з ДБН В.2.5-67.

Сумарну річну енергопотребу для громадських будинків і споруд, яку встановлюють згідно з ДСТУ Б А.2.2-12, на опалення й охолодження слід відносити до кондиціонованого (опалювального) об'єму [11].

Нормативне значення річної питомої енергопотреби на опалення й охолодження громадських будинків і споруд при реконструкції та технічному переоснащенні будинків допускається приймати з коефіцієнтом 1,2 [6].

3.2 Опис системи опалення та гарячого водопостачання будівлі

Теплова енергія яка підводиться до гуртожитку використовується на опалення приміщень та гаряче водопостачання (ГВП). Теплопостачання здійснюється сталевими трубопроводами Ø108x4,0 довжиною 22м, які прокладені у непрохідному залізобетонному каналі, від теплової камери 143/11а магістралі №6 від ТЕЦ-5. У гуртожитку теплова енергія використовується для опалення (0,428Гкал/год) та ГВП (0,221Гкал/год). Теплопостачальна організація – монополіст ПАТ АК «Київтеплокомуненерго».

За проектом передбачалося комбіноване опалення: 60% забезпечувалося завдяки централізованому водяному опаленню через радіатори і 40% за рахунок конвективного теплообміну (по вентиляційній системі мало подаватися підігріте повітря). З моменту будівництва

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

гуртожитку вентиляційне опалення не працює. Теплопункт гуртожитку знаходиться у підвальному приміщенні гуртожитку (див.рис 4.1).

Контури йдуть на опалення 4 гуртожитку, що має П-подібну форму стояків з секційними радіаторами типу М-140-АО. Наявні теплові завіси, але в несправному стані.

ГВП представляє собою незалежну двоступінчасту змішану схему:

1 ступінь Водопідігрівач 2-08-ост-34-588-68 3 секційний

2 ступінь Водопідігрівач 2-06-ост-34-588-68 5 секційний

циркуляційні насоси ГВС 1/2К-6 в комплексі з двигуном АОЛ2-21-2

термореле УГРТК - 3 в комплекті з клапаном типу УРРД (50-150 С°)

Контрольні вимірювання параметрів теплоносіїв на входах та виходах теплообмінника опалення

Нижче у таблиці 3.1 показані температури теплоносіїв у зовнішньому та внутрішньому колах опалення гуртожитку у залежності від зовнішньої температури (виміри проведено протягом 10 днів березня)

Таблиця 3.1 – Параметри теплоносіїв теплообмінника опалення

Результати вимірювань				
t зовнішня,°С	t1',°С	t1'',°С	t2',°С	t2'',°С
-2	68	50	58	44
3	69	46	56	42
5	70	46	52	44
9	68	42	52	40
9	68	43	53	41
11	67	41	52	39
1	62	40	50	38
-2	65	36	51	34
-1	68	38	52	36
-1,5	68	37	51	35

З таблиці можна зробити висновок, що значення температур теплоносія подавального трубопроводу в залежності від зовнішньої температури не відповідають температурному графіку теплової мережі “Київенерго”.

Зовнішні стіни: цегляні, з червоної цегли, товщиною 700мм. Зовнішня обробка: плитка. Перекриття і покриття: збірні залізобетонні круглопустотні плити. Покрівля: плоска, малосхильна, кут нахилу 3⁰, рулонна (багатошаровий рубероїдний килим, керамзит).

3.3 Визначення теплового навантаження будівлі

Стіни

Стіни будівлі зроблені з цегли, а всередині вкриті шаром штукатурки.

Сумарний термічний опір глухих стін :

$$R_c = \frac{1}{h_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_2} + \frac{1}{h_2} \quad (3.1)$$

де δ_c - товщина шару цегли, $\delta_c = 0,7$ м; λ_1 - теплопровідність цегли на цементно-пісчаному розчині, $\lambda_1 = 0,81 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_{ш}$ - товщина шару штукатурки (зовнішня), $\delta_{ш} = 0,015$ м; $\delta_{ш}$ - товщина шару штукатурки (внутрішня), $\delta_{ш} = 0,005$ м; λ_2 - теплопровідність штукатурки, $\lambda_2 = 0,7 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; $\delta_{пл}$ - товщина шару плитки облицювальної керамічної, $\delta_{пл} = 0,005$ м; $\lambda_{пл}$ - теплопровідність плитки облицювальної керамічної, $\lambda_{пл} = 1,05 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; h_1 - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $h_1 = 8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$; h_2 - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $h_2 = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$.

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,7}{0,81} + \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{1}{23} = 1,06 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} = 0,908 \frac{м^2 \cdot час \cdot ^\circ C}{ккал}$$

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Загальна площа зовнішніх стін складає $F_c=3675,9 \text{ м}^2$

Вікна

Вікна у кімнатах звичайні з подвійним осклінням.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій:

$$R_{\Sigma \text{пр.ст.в.}} = 0,35(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Частина вікон (загальною площею $80,77\text{м}^2$) були замінені на склопакети з приведеним опором $R_v=0,51 \left[\frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}} \right]$.

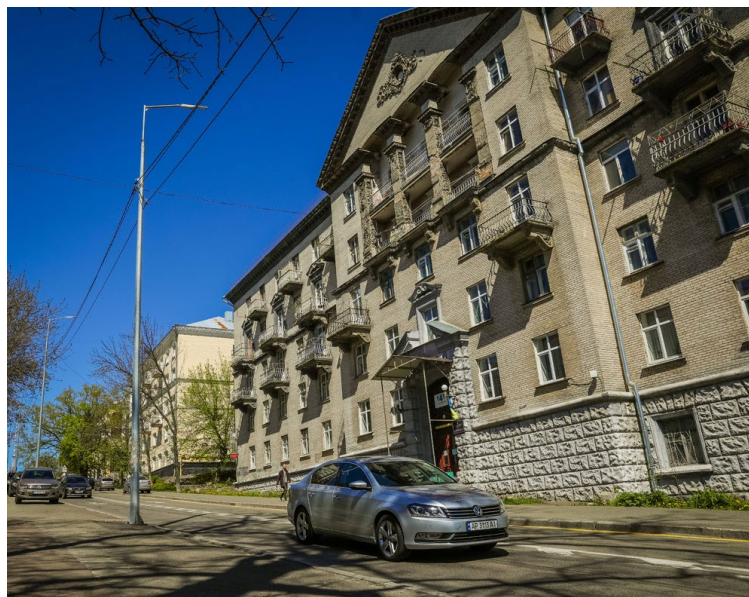


Рисунок 3.1 – Вікна будівлі

Вхідні двері

Вхідні двері дерев'яні зі скляними вікнами і мають розміри $3 \times 2 = 6 \text{ м}^2$.

Термічний опір: $R_d = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta d}{\lambda d} + \frac{1}{\alpha_2}$, де $\delta d = 0,05 \text{ м}$ - товщина дверей;

$\lambda d = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$ - теплопровідність металу;

$$R_d = \frac{1}{\alpha_1} + \delta d \left(\frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{9} + 0,05 \left(\frac{1}{221} + \frac{1}{0,76} \right) + \frac{1}{11} = 0,268 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{С}}{\text{Вт}} = 0,23 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С}}{\text{ккал}}$$

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

Дах

Дах будівлі вкритий руберойдом.

$$\text{Сумарний термічний опір: } R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{жб}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_2} + \frac{\delta_p}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2};$$

де $\delta_{жб}$ - товщина шару залізобетону, $\delta_{жб}=0,2$ м; λ_1 - теплопровідність залізобетону, $\lambda_1=1,7 \frac{Вт}{м \cdot C}$; $\delta_{ш}$ - товщина шару штукатурки, $\delta_{ш}=0,01$ м;

λ_2 - теплопровідність штукатурки, $\lambda_2=0,82 \frac{Вт}{м \cdot C}$; δ_p - товщина шару

рубероїду, $\delta_p = 0,005$ м; λ_p - теплопровідність рубероїду, $\lambda_p=0,18 \frac{Вт}{м \cdot C}$; α_1

- коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $\alpha_1=8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot C}$; α_2 -

коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $\alpha_2=23 \frac{Вт}{м^2 \cdot C}$.

$$R_{дах} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,7} + \frac{0,005}{0,18} + \frac{0,01}{0,82} + \frac{1}{23} + \frac{0,11}{0,12} = 1,23 \left[\frac{м^2 \cdot C}{Вт} \right]$$

Підлога

Підлога гуртожитку – частково на ґрунті (опалювальний підвал) частково над техпідпіллям.

Перекрытие над техпідпіллям (підлоги) складається із залізобетонних панелей товщиною 20 см, $\lambda=1,7 \frac{Вт}{м \cdot C}$.

Термічний опір підлоги над техпідпіллям: $R_{нід} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$, де δ - товщина і панелі, λ - теплопровідність панелі; α_1 - коефіцієнт тепловіддачі зі сторони першого поверху будівлі, α_2 - коефіцієнт тепловіддачі зі сторони підвалу будівлі.

$$R_{нідл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,7} + \frac{1}{6} = 0,4 \frac{м^2 \cdot C}{Вт} = 0,34 \frac{м^2 \cdot ч \cdot C}{ккал};$$

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

Фактичне значення приведенного опору теплопередачі підлоги опалювального підвалу, яка знаходиться на ґрунті. Для цього підлогу на ґрунті розіб'ємо на зони і їхні площі складатимуть: $F_I = 177,95 \text{ м}^2$, $F_{II} = 262,2 \text{ м}^2$, $F_{III} = 177,94 \text{ м}^2$. При визначенні тепловтрат крізь неутеплену підлогу на ґрунті приймаються наступні термічні опори для кожної окремої зони

Таблиця 3.2- Термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті

Зона	I	II	III	IV- площа підлоги, яка залишилась
Термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	$R_{\text{н.п.}}^I$ 2,15	$R_{\text{н.п.}}^{II}$ 4,3	$R_{\text{н.п.}}^{III}$ 8,6	$R_{\text{н.п.}}^{IV}$ 14,2

$$R_{\Sigma_{\text{н.п.}}} = \sum \frac{F_{I,II,III}}{R_{\text{н.п.}}^i} = \frac{177,95 + 262,12 + 177,94}{\frac{177,95}{2,15} + \frac{262,12}{4,3} + \frac{177,94}{8,6}} = 3,76(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Де $F_{I,II,III}$ - сума площ трьох зон, м^2

F_i , $R_{\Sigma_{\text{н.п.}}}^i$ - площа і-ї зони, та термічний опір і-ї зони, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

Приведений термічний опір над опалювальним і неопалювальним підвалом:

$$R_{\Sigma_{\text{н.п.}}} = \frac{F_{\text{н.п.}}}{\frac{F_{\text{н.п.}1}}{R_{\Sigma_{\text{н.п.}}}^1} + \frac{F_{\text{н.п.}2}}{R_{\Sigma_{\text{н.п.}}}^2}} = \frac{942,3}{\frac{452,8}{3,78} + \frac{489,5}{0,4}} = 0,7(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

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

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огороджувальних конструкцій

3.3.1 Термомодернізація даху

Опір теплопередачі перекриття горищного перекриття будівлі

становить: $R_{icn} = 1,2 \frac{m^2 K}{Вт}$.

Мінімально допустиме значення згідно до ДБН «Теплова ізоляція будівель» (2021) для перекриттів горищ при наявності технічного поверху:

$$R_{min} = 6 \frac{m^2 K}{Вт}$$

Для виконання умови $R_{cm} \geq R_{min}$ потрібно виконати утеплення даху, що межує з горищним поверхом.

Додаткова тепла ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через дах будівлі. Пропонуємо утеплювач: мінераловатні плити товщиною 200 мм або інші енергоефективні матеріали.

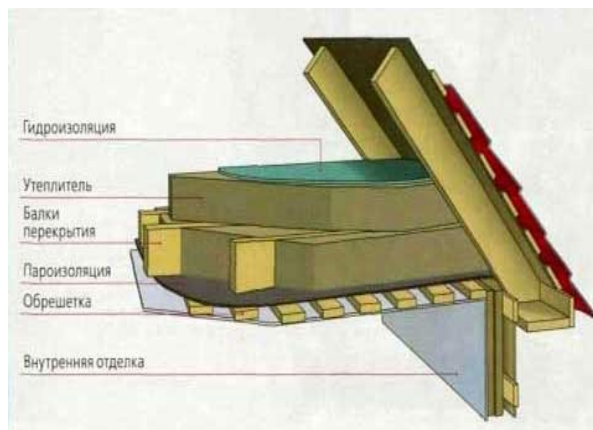


Рисунок 3.2 – Схема утеплення даху

Опір теплопередачі після утеплення становитиме:

$$R_{ym} = R_{icn} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} = 1,2 + \frac{0,25}{0,04} = 7,45 \left[\frac{m^2 K}{Вт} \right],$$

де коефіцієнт теплопровідності мінераловатних плит (на синтетичному зв'язуючому визначені за ДСТУ 9191.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	51

Втрати теплоенергії через дах існуючої будівлі:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) = \frac{1}{1,2} \cdot 942 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 32,97 \text{ кВт}$$

Втрати теплоенергії через дах будівлі після утеплення:

$$Q_{\text{ум}} = K \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) = \frac{1}{7,45} \cdot 942 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 5,31 \text{ кВт}$$

Річна економія енергії (1 ккал/год=1.163 Вт):

$$\Delta Q_{\text{рік}} = \Delta Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} n_o 24 = (32,97 - 5,31) \frac{(20 - (-0,1))}{(20 - (-22))} 176 \cdot 24 \frac{10^{-3}}{1,163} = 48,08 \text{ Гкал / рік}$$

Річна економія витрат при тарифі на теплову енергію 1654,41 грн/Гкал:

$$E = \Delta Q_{\text{рік}} \cdot T_{\text{ме}} = 48,08 \cdot 1654,41 = 79544 \text{ грн / рік};$$

Вартість проведення утеплення даху, що межує з технічним поверхом, з урахуванням монтажних робіт становить близько 1200 грн/м² (за даними Асоціації енергоаудиторів України).

Термін окупності заходу:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{942 \cdot 1200}{79544} = 14,2 \text{ років}$$

3.3.4 Налаштування регулювання роботи системи опалення відповідно до робочих годин

Регулювання роботи системи опалення відповідно до робочих годин - це процес налаштування системи опалення для забезпечення комфортної температури в приміщенні протягом робочих годин і зниження її під час періодів, коли приміщення не використовується.

Це може бути досягнуто за допомогою автоматичних систем управління, які працюють на основі розкладу робочих годин. Наприклад, система може

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

бути налаштована на автоматичне включення опалення за годину до початку робочого дня і автоматичне вимкнення після закінчення робочих годин. Це дозволить зекономити енергію та забезпечити комфортні умови для працівників протягом робочого дня.

Річні витрати теплової енергії на опалення до виконання впровадження заходу визначимо за формулою

$$Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} = Q_{\Sigma} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} n_o 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.2)$$

де Q_{Σ} – сумарні теплові втрати на опалення будинку до впровадження будь-яких заходів;

$$Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} = 497764 \cdot \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 865,20 \text{ Гкал}$$

Отримана величина відрізняється від зазначеної в таблиці 1.3 менше ніж на 1%.

Пропонується зниження температури в приміщеннях на 3°C в неробочі години (з 18.00 до 8.00).

Річні витрати теплової енергії будівлею після впровадження регулювання

$$Q_{\text{рік}}^{\text{після}} = Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} \left(\frac{n_o m_p (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}})}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} + \frac{n_o m_{\text{нр}} (t_{\text{нероб}} - t_{\text{с.о}})}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \right), \quad (3.3)$$

де m_p – кількість годин роботи будівлі на добу, 10 годин;

$m_{\text{нр}}$ – кількість неробочих годин на добу, 14 годин;

$t_{\text{нероб}}$ – температура повітря в приміщеннях у неробочий час, 17 °C;

$$Q_{\text{рік}}^{\text{після}} = 497764 \left(\frac{176 \cdot 10 \cdot (20 - (-0,1))}{20 - (-22)} + \frac{176 \cdot 14 \cdot (17 - (-0,1))}{20 - (-22)} \right) \frac{10^{-6}}{1,163} = 789,87 \text{ Гкал}$$

Економія витрат теплоенергії при впровадженні зниження температури повітря в неробочі години визначається за формулою

$$\Delta W = Q_{\text{рік}}^{\text{існ}} - Q_{\text{рік}}^{\text{після}}, \quad (3.4)$$

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$W = 865,20 - 789,87 = 75,33 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Фінансова економія при впровадженні погодинного регулювання в тепловому пункті визначаємо за формулою (3.18)

$$\Delta E = 75,33 \cdot 1654,41 = 124626,71 \text{ грн.}$$

Оскільки в будівлі вже наява система BMS, то додаткове обладнання та монтажні роботи обійдуться близько 400 USD або 14 700 грн за поточним курсом НБУ [18].

Тоді простий термін окупності визначаємо за формулою (3.19)

$$T_{\text{ок}} = \frac{14\,700}{124626,71} = 0,11 \text{ роки.}$$

3.3.5 Модернізація теплового пункту

Поточний стан

В тепловому пункті у неопалювальному підвалі будівлі встановлено елеваторний вузол та лічильник теплової енергії. В будівлі передбачено водострумний елеватор, обладнання технічно та морально застаріле, відсутня теплова ізоляція трубопроводів в неопалювальному приміщенні.

Розрахунковий проектний температурний графік подачі теплоносія – $T_1/T_2=150/70^\circ\text{C}$, за договором на тепlopостачання – $115/70^\circ\text{C}$. Схема приєднання до тепломережі – двотрубна.

Будівля отримує тепло від централізованого джерела теплової енергії. Відсутнє автоматичне регулювання подачі теплоносія, що сприяє надлишковому споживанню теплової енергії (5-10%), зокрема в перехідний період (весна, осінь) та в неробочі дні та години (неможливо встановити зниження температури). Прийняття керівних рішень (по усуненню аварій, неналежного налаштування обладнання та інш.) відбувається не оперативно (розтягується у часі) через те, що дані по енергоспоживанню збираються та

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

аналізуються помісячно, що може призвести до втрат енергетичних ресурсів.

Опис заходу з енергозбереження

Рекомендується реконструкція існуючого теплопункту будівлі. Підключення системи опалення до теплових мереж передбачається по залежній схемі через циркуляційний насос замість існуючого елеваторного вузла.

Пропонується встановити модульний ІТП з погодним регулятором та циркуляційним насосом, що дозволить автоматично регулювати кількість тепла, що споживає будівля, в залежності від зовнішньої температури. Це дозволить уникнути понаднормового збільшення температури в приміщеннях у осінньо-весняний період та зменшити втрати тепла за рахунок провітрювання. Окрім цього, ІТП дозволить налаштовувати режими енергоспоживання після впровадження інших енергозберігаючих заходів, оптимізуючи теплоспоживання. Оперативне отримання та аналіз даних про енергоспоживання є суттєвим інструментом для підвищення ефективності енерговикористання.



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд МІТП

Розрахунок річної економії енергії

Розрахункове навантаження будівлі складає:

$$Q_o^{\max} = 0,428 \text{ Гкал/год} - \text{існуюче (баланс),}$$

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Річні витрати теплової енергії на опалення:

$$Q_o^{рік} = Q_o^{\max} \frac{t_{вн} - t_{co}}{t_{вн} - t_{po}} n_o \cdot 24 = 0,47 \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} 176 \cdot 24 = 950 \text{ Гкал / рік}$$

Зважаючи на те, що теплі температури вище +8 С спостерігаються близько 10-15% опалювального сезону, великий резерв енергозбереження полягає в застосуванні місцевого регулювання теплового потоку в перехідні періоди (березень, квітень, жовтень).

Економія теплової енергії при впровадженні погодного місцевого регулювання в тепловому пункті згідно рекомендацій становить 10-15 %:

$$E_2 = Q \cdot 0,1 = 950 \cdot 0,15 = 142,5 \text{ Гкал / рік .}$$

При тарифі на теплоту 1654,41 грн/Гкал з ПДВ (станом на квітень 2018р) економія становитиме:

Річна економія витрат при тарифі на теплову енергію 1659 грн/Гкал:

$$E = \Delta Q_{рік} \cdot T_{те} = 142,5 \cdot 1654,41 = 235754 \text{ грн / рік ;}$$

Витрати на введення в експлуатацію

Витрати включають розроблення та узгодження проектної документації теплового пункту, витрати на обладнання, монтажні та пуско-налагоджувальні роботи. Капітальні витрати за даними проектів-аналогів: 700000 грн (з модулем ГВП).

$$\text{Термін окупності заходу: } T = \frac{K}{E} = \frac{700000}{235754} = 3 \text{ роки}$$

3.3.6 Утеплення стін

Опір теплопередачі існуючої стіни становить (з урахуванням незадовільного стану оболонки): $R_{исн} = 1,05 \frac{м^2 K}{Вт}$.

					Арк.
					56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата	

Мінімально допустиме значення згідно до ДБН «Теплова ізоляція будівель» (2021) для стіни: $R_{\min} = 4 \frac{M^2 K}{Bm}$

Для виконання умови $R_{cm} \geq R_{\min}$ потрібно виконати утеплення стін.

Пропонується утеплення фасадів будівлі та оздоблення декоративною штукатуркою. Технологія виконання - «скріплена ізоляція», матеріал – плити мінераловатні 120 мм, ззовні наноситься штукатурка Ceresit та фарба акрилова.

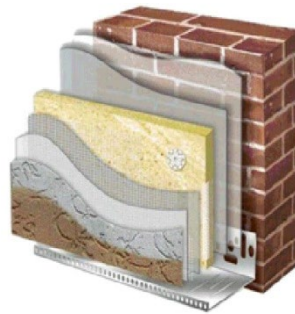


Рисунок 3.4 – Шари утеплення стіни

Опір теплопередачі після утеплення становитиме:

$$R_{ym} = R_{icn} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_{umt}}{\lambda_{umt}} = 1,05 + \frac{0,12}{0,04} + \frac{0,015}{0,81} = 4,06 \left[\frac{M^2 K}{Bm} \right],$$

де коефіцієнти теплопровідності мінераловатних плит та штукатурки визначені за ДСТУ 9191.

Втрати теплоенергії через стіни існуючої будівлі:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) = \frac{1}{1,05} \cdot 3675 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 147 \text{ кВт}$$

Втрати теплоенергії через стіни будівлі після утеплення:

$$Q_{ym} = K \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) = \frac{1}{4,06} \cdot 3675 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 38 \text{ кВт}$$

Річна економія енергії (1 ккал/год=1.163 Вт):

$$\Delta Q_{\text{рік}} = \Delta Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}} n_o 24 = (147 - 38) \frac{(20 - (-0,1))}{(20 - (-22))} 176 \cdot 24 \frac{10^{-3}}{1,163} = 190 \text{ Гкал / рік}$$

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

Річна економія витрат при тарифі на теплову енергію 1659 грн/Гкал:

$$E = \Delta Q_{\text{рік}} \cdot T_{\text{ме}} = 190 \cdot 1659 = 315210 \text{ грн} / \text{рік};$$

Вартість проведення утеплення з урахуванням монтажних робіт становить близько 1500 грн/м².

Термін окупності заходу:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{3675 \cdot 1500}{315210} = 17,5 \text{ років}$$

Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі.

3.3.6 Заміна вікон

Вікна гуртожитку мають високий коефіцієнт теплопередачі, втрати тепла крізь них складають значну частину в загальних втратах тепла будівлі, що добре видно з тепловізійної зйомки.

Загальна площа вікон, які необхідно замінити становить 750,52 м².

Кількість вікон у кімнатах - 254 штуки, у кімнатах з балконами – 28 штук:

- 254 вікон розмірами 1710·1425 мм;
- 28 вікон розмірами 2484·1880 мм.

Вікна будівлі (стандартне подвійне застібання, сполучені рами) у незадовільному стані. Спостерігаються нещільності між рамою та склом, щілини у вузлах примикання до зовнішніх стін, протяги.

Опір теплопередачі існуючих вікон становить (з урахуванням незадовільного стану): $R_{\text{існ}} = 0,34 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Мінімально допустиме значення згідно до ДБН «Теплова ізоляція будівель» (2021) для світлопрозорих конструкцій $R_{\min} = 0,9 \frac{m^2 K}{Вт}$

Для виконання умови $R_{ст} \geq R_{\min}$ потрібно виконати заміну частини вікон будівлі.

Пропонується виконати роботи із заміни існуючих застарілих вікон на металопластикові склопакети з енергоефективним напиленням, які відповідають зазначеним вище вимогам. Нові вікна дозволять зменшити наднормові втрати тепла та покращити зовнішній вигляд будівлі, проте вони майже не пропускають повітря з вулиці, яке проходило через щілини в старих вікнах. Отже, необхідно забезпечити нормативний повітрообмін в приміщенні шляхом встановлення сучасних енергоефективних систем вентиляції або, щонайменше – відкриванням вікон.



Пропонуємо встановити вікна металопластикові двокамерні з паспортними даними на рівні не нижче 0,9 м²К/Вт

Рисунок 3.5 – Вікно у розрізі

Теплові втрати ділянки вікна площею 1 м² скоротяться на:

$$\Delta q = \left(\frac{1}{R_{існ}} - \frac{1}{R_{нов}} \right) \Delta t = \left(\frac{1}{0,34} - \frac{1}{0,9} \right) \cdot (20 - (-22)) = 76,86 Вт .$$

Річне скорочення споживання теплової енергії за рахунок зменшення трансмісійних тепловтрат:

$$\Delta Q_{тр} = \Delta q F \frac{(t_{вн} - t_{с.о.})}{(t_{вн} - t_{р.о})} n_o \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = \left(\frac{1}{R_{існ}} - \frac{1}{R_{нов}} \right) \Delta t$$

$$= 0,0864 \cdot 76,86 \cdot 750,5 \frac{(20 - (-0,1))}{(20 - (-22))} 176 = 419783 МДж = 419783 / 4187 = 100,26 Гкал,$$

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

Річне скорочення споживання теплової енергії за рахунок зменшення інфільтрації (неорганізований природний повітрообмін):

$$\Delta Q_{\text{инф}} = \Delta n \cdot V_v \cdot \rho \cdot c_{\text{пов}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) n_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} = \\ = (1 - 0,6) 10000 \cdot 1,293 \cdot 1005 (20 - (-0,1)) 176 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 440000 \text{ МДж} = 105 \text{ Гкал}$$

де Δn - зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон:

- до заміни $n=1$,
- після заміни $n=0,6$ (за ДСТУ Б.ЕН 15251 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень...»);

V_v – вентиляційний об'єм приміщень, де будуть встановлюватися нові вікна;

$\rho = 1,293 \text{ кг} / \text{м}^3$ - густина повітря;

$c = 1005 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$ - теплоємність повітря.

Річна економія витрат при тарифі на теплову енергію 1659 грн/Гкал:

$$E = \Delta Q_{\text{рік}} \cdot T_{\text{ме}} = (100,26 + 105) \cdot 1659 = 340526 \text{ грн} / \text{рік};$$

Витрати на реалізацію заходу становлять 5000 грн/м² (з урахуванням демонтажних і висотних робіт і улаштування відкосів):

Простий термін окупності складе:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta E} = \frac{5000 \cdot 750,5}{340526} = 11 \text{ років, що є прийнятним, враховуючи, що термін}$$

служби цих вікон більше 10 років.

Висновки до розділу 3

Відповідно до результатів розрахунків жодна з огорожуючих конструкцій не відповідає нормативним значенням ДБН.

Для підвищення ефективності споживання теплової енергії та дотримання норм було запропоновано утеплення даху. Додатково запропоновано встановлення рекуперативної установки для ідальні та кімнати

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підігріву їжі, регулювання роботи системи опалення відповідно до робочих годин.

Загальні відомості про запропоновані заходи внесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Заходи для оптимізації споживання теплової енергії в будівлі

Найменування заходу	Капітало-вкладення, грн	Економія енергії, Гкал/рік	Економія, грн/рік	Простий термін окупності
Термомодернізація даху	806 400	48,08	749 544	14,2 років
Модернізація теплового пункту	700 000	142,5	235 754	3 роки
Утеплення стін	3 675 000	190	315 210	17,5 років
Заміна вікон	225 174	105	340 526	11 років
Налаштування регулювання роботи системи опалення відповідно до робочих годин	14 700	8,86	53 527,69	4 місяці

*- обчислено при діючому тарифі 1654 грн/Гкал.

Економічні розрахунки вказують на те, що за поточним тарифом на теплову енергію та витратами на впровадження заходу «Термомодернізація даху» є доцільною.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту

Системи енергетичного менеджменту гуртожитків в Україні включають набір заходів та технологій, спрямованих на оптимізацію енергоспоживання та зниження енергетичних витрат. Основні принципи системи енергетичного менеджменту включають в себе моніторинг, аналіз та контроль енергетичних процесів у банківських установах з метою ефективного використання ресурсів.

Основні компоненти системи енергетичного менеджменту включають наступне:

- Моніторинг енергоспоживання: встановлення систем моніторингу, які вимірюють та реєструють енергетичні параметри, такі як споживання електроенергії, тепла, води тощо.
- Аналіз енергоспоживання: проведення аналізу отриманих даних з моніторингових систем для виявлення тенденцій та аномалій у споживанні енергії.
- Енергоефективність: впровадження заходів та технологій з метою поліпшення енергоефективності банківських установ.
- Управління навантаженням: розробка стратегій та систем управління навантаженням, які дозволяють розподіляти енергетичні навантаження у банківських установах з метою оптимізації споживання та зниження пікових навантажень.
- Свідоме споживання: проведення навчання та інформування працівників банківських установ щодо енергоефективного споживання.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пухальський С.В.</i>			<i>Рекомендації для розвитку енергоменеджменту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бориченко О.В.</i>					59	
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІЕЕ, кафедра ЕП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Чернецька Ю.В.</i>						
<i>Затверд.</i>								

У сфері енергетичного менеджменту для гуртожитків існує ряд сертифікаційних систем та стандартів, які дозволяють оцінити та визнати впровадження енергетичного менеджменту відповідними вимогам. Найпоширенішими сертифікаційними системами є:

- ISO 50001: Стандарт ISO 50001 "Системи енергетичного менеджменту Вимоги з впровадження та використання" встановлює вимоги до системи енергетичного менеджменту та допомагає організаціям у впровадженні ефективного використання енергії, поліпшенні енергоефективності та зниженні енергетичних витрат.

- ISO 14001: Стандарт ISO 14001 "Системи екологічного управління - Вимоги з використання" встановлює рамки для впровадження системи управління навколишнім середовищем у підприємстві.

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): LEED є сертифікаційною системою, розробленою для оцінки сталості та екологічності будівель. Вона включає в себе категорії, які оцінюють енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, управління водою та інші екологічні аспекти.

- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): BREEAM є ще однією сертифікаційною системою для оцінки сталості будівель. Вона оцінює енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, управління водою, стійкість до зміни клімату та інші екологічні фактори.

- EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies): EDGE є глобальною сертифікаційною системою, спрямованою на оцінку енергоефективності будівель. Вона надає розрахунки та рекомендації щодо зменшення споживання енергії, води та матеріалів у будівництві.

Ці сертифікаційні системи допомагають енергоменеджерам оцінити та довести свою відповідність енергетичним та екологічним вимогам, а також покращити свої показники енергоефективності та сталості.

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

4.2 Стан системи енергетичного менеджменту у гуртожитку

Впровадження енергетичного менеджменту у гуртожитках включає кілька ключових компонентів:

Розумні лічильники: Вони встановлюються для точного вимірювання споживання електроенергії, води та газу. Це дозволяє виявляти нераціональне використання ресурсів та оперативно реагувати на відхилення.

Системи контролю та управління освітленням: Використання автоматизованих систем, які вмикають та вимикають світло в залежності від часу доби та присутності людей у приміщенні. Це знижує споживання електроенергії.

Енергоефективне обладнання: Використання сучасних енергоефективних приладів, таких як LED-лампи, енергоефективні котли, та інші пристрої з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД).

4.3 Рекомендації щодо вдосконалення організаційно-управлінських заходів

На основі аналізу існуючого стану енергетичного менеджменту у гуртожитках пропонуються наступні заходи:

Інвентаризація обладнання:

Створення електронної бази даних: Всі енергетичні пристрої, лічильники та інше обладнання повинні бути внесені в електронну базу даних для регулярного оновлення та моніторингу.

Розробка плану технічного обслуговування: Для забезпечення ефективної роботи обладнання необхідно розробити та дотримуватись плану регулярного технічного обслуговування.

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Навчання персоналу:

Внутрішні тренінги: Регулярні навчальні курси для персоналу, відповідального за енергетичний менеджмент, допоможуть їм бути в курсі новітніх технологій та методів.

Проведення семінарів: Запрошення експертів для проведення семінарів та майстер-класів з енергозбереження.

Документація та управління:

Система управління документацією: Встановлення електронної системи для зберігання всієї документації, пов'язаної з енергоменеджментом, що полегшить доступ та управління інформацією.

Збереження історичних даних: Регулярне збереження та аналіз історичних даних про споживання енергії для виявлення довгострокових тенденцій.

Впровадження систем автоматизації:

Автоматизовані системи освітлення та опалення: Встановлення систем, які автоматично регулюють освітлення та опалення на основі зовнішніх умов та потреб мешканців.

Дистанційний контроль: Використання технологій дистанційного контролю для управління системами енергопостачання з будь-якої точки через інтернет.

Стимулювання енергозбереження серед мешканців:

Інформаційні кампанії: Організація регулярних інформаційних заходів для підвищення обізнаності мешканців про важливість енергозбереження.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Конкурси та заохочення: Проведення конкурсів на найкращі ідеї з енергозбереження та надання винагород за досягнення в зниженні споживання енергії.

4.4 Практичні заходи щодо енергозбереження

Замінити старі вікна на енергоефективні:

Вікна з подвійним або потрійним склінням: Використання сучасних вікон з високими теплоізоляційними властивостями допомагає знизити втрати тепла в холодний період та зберегти прохолоду влітку.

Додаткові ущільнювачі: Встановлення ущільнювачів на рами вікон для зменшення протягів та підвищення теплоізоляції.

Утеплення будівлі:

Ізоляційні матеріали для стін: Використання високоякісних ізоляційних матеріалів для зовнішніх та внутрішніх стін значно знижує тепловтрати.

Утеплення даху та підлоги: Застосування ізоляції для даху та підлоги також сприяє зниженню витрат на опалення та кондиціонування.

Встановлення сонячних панелей:

Сонячні водонагрівачі: Використання сонячної енергії для підігріву води, що значно знижує витрати на електроенергію або газ.

Фотовольтаїчні системи: Встановлення сонячних панелей для виробництва електроенергії дозволяє частково покрити потреби гуртожитку в електриці.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Інтелектуальні системи опалення:

Програмовані термостати: Використання термостатів, що дозволяють програмувати режими роботи опалення залежно від часу доби та присутності мешканців.

Зональне управління: Впровадження систем зонального управління опаленням, що дозволяє регулювати температуру окремо в різних зонах будівлі.

Заміна ламп розжарювання на LED:

LED-лампи: Встановлення енергоефективних світлодіодних ламп, що мають значно довший термін служби та менше споживають електроенергії порівняно з традиційними лампами розжарювання.

Датчики руху та присутності: Використання датчиків для автоматичного вмикання та вимикання освітлення в залежності від присутності людей у приміщенні.

Висновки до розділу 4

Розвиток системи енергетичного менеджменту у гуртожитках є важливою складовою загальної стратегії енергоефективності. Впровадження сучасних технологій та управлінських рішень дозволяє значно знизити витрати на енергоносії, підвищити комфорт мешканців та сприяти екологічній стабільності. Регулярний моніторинг, аналіз даних, навчання персоналу та мешканців, а також впровадження інноваційних технологій забезпечать стійкий розвиток та економію ресурсів.

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

5.1 Визначення кліматичних умов

Гуртожиток №4 НТУУ КПІ знаходиться в місті Київ, за адресою вулиця Академіка Янгеля, 5.

Клімат в м. Київ помірно континентальний, м'який, з достатнім зволоженням. Середня температура січня становить $-4,7^{\circ}\text{C}$, липня $+19,8^{\circ}\text{C}$. Середня температура за рік складає 8°C . За рік на території області випадає близько 650 мм опадів, переважно влітку. Середній за рік рівень хмарності складає 6,4 бали. Осінь часто буває тепла й суха. Для літа характерна велика кількість сонячних днів. Київ знаходиться у першій кліматичній зоні.

Координати об'єкта: $50^{\circ}23'17''$ пн. ш. $30^{\circ}27'33''$ сх. д. Географічне розташування об'єкту прийнятне для використання сонячних панелей. Середня кількість радіації, що надходить на горизонтальні поверхні за зазначеними вище координатами, становить 684 МДж/м^2 за помірної хмарності. Помісячна сонячна радіація зазначена в таблиці 5.1 [14]. Таблиця 5.1 – Середньомісячні суми прямої сонячної радіації, що надходять на горизонтальну поверхню за середніх умов хмарності для міста Київ [14]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сонячна радіація, МДж/м ²	72	144	324	468	648	684	720	612	432	252	72	36

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пухальський С.В.			Оцінка можливостей вдосконалення використання вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко О.В.					68	
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Чернецька Г.І.						
Затверд.								

Отже, кліматичні умови міста Києва, де розташований гуртожиток №4 НТУУ КПІ, сприятливі для використання сонячних панелей. Географічне розташування об'єкту дозволяє отримувати достатню кількість сонячної радіації протягом року.

Найбільші показники сонячної радіації припадають на період з квітня по серпень, коли її середньомісячна кількість становить від 468 до 720 МДж/м². Це період максимальної генерації енергії сонячними панелями.

Зимові місяці характеризуються меншою інтенсивністю сонячного випромінювання, особливо в грудні, коли сонячна радіація становить лише 36 МДж/м². Проте навіть в цей період певна кількість енергії буде генеруватися.

Помірна хмарність та наявність близько 650 мм опадів на рік не повинні суттєво перешкоджати роботі сонячних панелей. Сучасні системи здатні ефективно функціонувати навіть за таких умов.

Таким чином, кліматичні дані свідчать про доцільність та перспективність встановлення сонячних панелей на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ. Це дозволить забезпечити часткову енергетичну автономність будівлі та зменшити витрати на електроенергію для студентів, які проживають у гуртожитку.

5.2 Розрахунок сонячної електростанції

Припустимо, що на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ встановлено 50 сонячних панелей виробника Canadian Solar характеристики відповідної моделі наведено в таблиці 5.2.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		



Рисунок 5.1 – Сонячні панелі на даху гуртожитка

Таблиця 5.2 – Характеристики сонячної панелі Canadian Solar JAM60S10-340/MR [25]

Параметр	Значення
Максимальна потужність	250 Вт
Напруга холостого ходу	37,8 В
Максимальна напруга в точці живлення	30,5 В
Струм короткого замикання	8,75 А
Максимальний струм точки живлення	8,2 А
Ефективність модуля	15,7 %
Тип модулів	Полікристалічні
Розмір панелі	1650 x 992 x 35 мм

Особливістю установки є підняття панелей над рівнем даху для можливості експлуатації покрівлі. За своїм типом дах плоский, панелі орієнтовані на південь, а кут нахилу складає 35° .

Враховуючи кількість модулів розрахуємо максимальну потужність системи за формулою

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$P_{PV} = P_{max}n, \quad (5.1)$$

де P_{max} – максимальна потужність одного модуля;

n – загальна кількість модулів;

$$P_{PV} = 340 \cdot 50 = 12\,500 \text{ Вт.}$$

До системи приєднано два інвентори марки Fronius Symo 12.5-3-M.

Виначимо чи достатньо потужності інвенторів для існуючої системи сонячних панелей виконавши перевірку за умовою

$$0,8P_{інв} < P_{PV} < 1,2P_{інв}, \quad (5.2)$$

де $P_{інв}$ – номінальна потужність інвенторів.

Оскільки маємо два інвентори по 10 кВт, то відповідно до умови (5.2) отримуємо

$$0,8 \cdot 12\,500 < 12\,500 < 1,2 \cdot 12\,500;$$

$$10\,000 < 12\,500 < 15\,000;$$

Тож, умова (5.2) виконується і встановлених інвенторів достатньо.

Розрахунок генерації електроенергії:

Для розрахунку загальної вихідної фотоелектричної потужності (E) для системи сонячних панелей на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ використаємо формулу:

$$E = P_{max_system} * PSH * \eta_{inv} * \eta_{loss} \quad (5.3)$$

де PSH - середньомісячна кількість пікових сонячних годин (Peak Sun Hours) для місцевості, год;

η_{inv} - ефективність інвертора, прийmemo 0,98;

η_{loss} - коефіцієнт врахування додаткових втрат (температурні втрати, втрати в кабелях тощо), прийmemo 0,85.

За координатами об'єкту (50°23'17" пн. ш. 30°27'33" сх. д.) та даними з таблиці 5.1, середньорічна кількість пікових сонячних годин для Києва становить:

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$PSH = (72 + 144 + 324 + 468 + 648 + 684 + 720 + 612 + 432 + 252 + 72 + 36) / 12 = 372 \text{ год/місяць}$$

Тоді, за формулою (5.3), середньомісячна генерація електроенергії становитиме:

$$E = 12,5 \text{ кВт} * 372 \text{ год} * 0,98 * 0,85 = 3892 \text{ кВт}\cdot\text{год/місяць}$$

Річна генерація електроенергії:

$$E_{\text{річна}} = E * 12 = 3892 \text{ кВт}\cdot\text{год/місяць} * 12 = 46704 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$$

Отже, сонячна електростанція потужністю 12,5 кВт на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ зможе генерувати близько 3892 кВт·год електроенергії на місяць або 46704 кВт·год на рік, що дозволить частково забезпечити енергетичні потреби студентського гуртожитку та зменшити витрати на електроенергію.

Генерація збільшилась на 46,704 МВт·год. Оскільки будівля споживає 100% енергії, що генерується сонячними панелями, то заощадження відбудеться тільки за рахунок зменшення споживання електричної енергії з мережі. Тому економію розрахуємо за формулою

$$\Delta E = \Delta W T, \tag{5.3}$$

де ΔW – це абсолютне збільшення генерації енергії;

T – тариф на електричну енергію.

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

При тарифі на електроенергію 4,8 грн/кВт·год, сонячна електростанція потужністю 17 кВт на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ, яка генерує 46,704 МВт·год електроенергії на рік, дозволить заощадити:

$$46,704 \text{ МВт}\cdot\text{год}/\text{рік} * 4800 \text{ грн}/\text{МВт}\cdot\text{год} = 224184 \text{ грн}/\text{рік}$$

Тобто, за рік використання сонячної електростанції на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ можна буде зекономити близько 224184 грн на оплаті електроенергії за умови тарифу 4,8 грн/кВт·год.

Висновки до розділу 5

У даному розділі було розглянуто доцільність встановлення сонячної електростанції на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ з метою часткового забезпечення енергетичних потреб будівлі та зменшення витрат на електроенергію.

Аналіз кліматичних умов міста Києва показав, що географічне розташування об'єкту є сприятливим для використання сонячних панелей. Середньомісячна кількість сонячної радіації на горизонтальну поверхню становить від 36 МДж/м² у грудні до 720 МДж/м² у липні, що свідчить про достатній потенціал для генерації електроенергії.

Для розрахунку було обрано 50 сонячних панелей Canadian Solar JAM60S10-340/MR потужністю 250 Вт кожна, які планується встановити на плоскому даху гуртожитку з орієнтацією на південь та кутом нахилу 35°. Максимальна потужність такої системи становитиме 12,5 кВт.

Для роботи з сонячною електростанцією було обрано інвертор Fronius Symo 12.5-3-M з номінальною потужністю 12,5 кВт. Перевірка за умовою (5.2) підтвердила, що потужності інвертора достатньо для ефективної роботи з обраною конфігурацією сонячних панелей.

Розрахунок генерації електроенергії показав, що сонячна електростанція на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ зможе виробляти близько

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46704 кВт·год електроенергії на місяць або 46,704 МВт·год на рік. При тарифі на електроенергію 4,8 грн/кВт·год, річна економія від використання сонячної електростанції може скласти близько 224184 грн.

Таким чином, встановлення сонячної електростанції на даху гуртожитку №4 НТУУ КПІ є доцільним та економічно вигідним рішенням. Окрім зменшення витрат на електроенергію, використання відновлюваного джерела енергії також сприятиме скороченню викидів парникових газів та підвищенню енергетичної автономності будівлі. Подальші кроки мають включати деталізацію проекту, вибір обладнання та підрядників, а також пошук можливостей для залучення інвестицій чи державної підтримки для реалізації проекту.

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

6.1 Загальна характеристика об'єкту та перелік електричного обладнання

Забезпечення безпечних умов проживання в студентських гуртожитках є одним із пріоритетних завдань адміністрації навчальних закладів. Гуртожиток №4 НТУУ КПІ не є винятком, адже безпека та здоров'я мешканців - це головна умова для комфортного та продуктивного навчання й особистісного розвитку студентів.

Питання охорони праці та пожежної безпеки в гуртожитках регулюються низкою законодавчих актів, норм і правил, які встановлюють загальні вимоги до будівель, приміщень, обладнання, а також визначають обов'язки адміністрації та мешканців щодо дотримання безпечних умов проживання.

У цьому розділі буде розглянуто нормативно-правову базу з охорони праці та пожежної безпеки, проаналізовано потенційні небезпеки і шкідливі фактори в гуртожитку №4 НТУУ КПІ, запропоновано заходи щодо їх усунення або мінімізації, а також надано рекомендації щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Метою цього розділу є підвищення рівня обізнаності мешканців гуртожитку про правила безпеки, формування відповідального ставлення до власного життя та здоров'я, а також життя і здоров'я оточуючих. Дотримання викладених у цьому розділі норм і правил дозволить створити безпечне та комфортне середовище для проживання та навчання студентів у гуртожитку №4 НТУУ КПІ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пухальський С.В.			Охорона праці та пожежна безпека	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Третьякова Л.Д.					75	
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Чернецька Г.І.						
Затверд.								

6.2 Система охорони праці та протипожежної безпеки в гуртожитку

Питання охорони праці та пожежної безпеки в гуртожитках України регулюються низкою законодавчих актів, норм і правил, серед яких:

Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (зі змінами та доповненнями). Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці.

Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змінами та доповненнями). Цей кодекс регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту.

Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417 (зі змінами та доповненнями). Ці правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд, прилеглих до них територій, приміщень, обладнання, устаткування тощо.

Державні будівельні норми (ДБН) щодо пожежної безпеки будівель і споруд, зокрема:

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

ДБН В.2.2-9:2018 "Громадські будинки та споруди. Основні положення";

ДБН В.2.2-15-2005 "Житлові будинки. Основні положення".

Інші галузеві та відомчі нормативні документи, що стосуються безпеки проживання в гуртожитках, наприклад:

Типове положення про студентський гуртожиток вищого навчального закладу, затверджене наказом Міністерства освіти і науки України від 13.11.2007 № 1004;

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правила внутрішнього розпорядку в студентських гуртожитках НТУУ КПІ.

Адміністрація гуртожитку №4 НТУУ КПІ та університету в цілому повинна забезпечувати дотримання всіх вищезазначених норм і правил з охорони праці та пожежної безпеки. Це включає створення безпечних умов проживання, проведення регулярних інструктажів з мешканцями гуртожитку, здійснення контролю за дотриманням правил безпеки тощо.

6.3 Відповідальність за дотримання норм охорони праці та пожежної безпеки

Відповідальність за дотримання норм охорони праці та пожежної безпеки в гуртожитку №4 НТУУ КПІ покладається на декількох осіб:

Керівництво університету:

забезпечує загальне керівництво та контроль за дотриманням норм охорони праці та пожежної безпеки в усіх підрозділах університету, включаючи гуртожитки;

виділяє необхідні ресурси для забезпечення безпечних умов проживання в гуртожитках.

Адміністрація гуртожитку:

несе безпосередню відповідальність за дотримання норм охорони праці та пожежної безпеки в гуртожитку;

забезпечує належний технічний стан будівлі, приміщень, інженерних мереж, обладнання гуртожитку;

організовує проведення регулярних інструктажів з охорони праці та пожежної безпеки для мешканців і працівників гуртожитку.

Інженер з охорони праці:

розробляє та впроваджує заходи щодо забезпечення безпечних умов проживання в гуртожитку;

проводить регулярні перевірки дотримання норм охорони праці в гуртожитку;

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

веде облік і аналіз нещасних випадків, розробляє заходи щодо їх запобігання.

Відповідальний за пожежну безпеку:

забезпечує дотримання правил пожежної безпеки в гуртожитку;

контролює наявність і справність засобів протипожежного захисту (вогнегасники, пожежні гідранти, системи пожежної сигналізації тощо);

проводить регулярні практичні заняття з мешканцями гуртожитку щодо дій у разі виникнення пожежі.

Коменданти та вихователі гуртожитку:

здійснюють щоденний контроль за дотриманням мешканцями правил внутрішнього розпорядку, охорони праці та пожежної безпеки;

проводять роз'яснювальну роботу серед мешканців щодо важливості дотримання правил безпеки;

забезпечують своєчасне інформування адміністрації гуртожитку про будь-які порушення норм безпеки або потенційно небезпечні ситуації.

Всі вищезазначені особи повинні працювати злагоджено та координувати свої дії для забезпечення максимально безпечних умов проживання в гуртожитку №4 НТУУ КПІ. Регулярне проведення інструктажів, практичних занять, перевірок дотримання норм безпеки дозволить мінімізувати ризики виникнення нещасних випадків і надзвичайних ситуацій у гуртожитку.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

6.4 Умови облаштування особливих категорій освітлення

Правильне освітлення в гуртожитку є важливим фактором забезпечення комфортних і безпечних умов проживання студентів. При облаштуванні освітлення слід враховувати такі особливі категорії:

1.1. Аварійне освітлення:

передбачається на випадок раптового відключення енергопостачання;

забезпечує мінімальний рівень освітленості для безпечної евакуації мешканців із приміщень гуртожитку;

повинно бути встановлене в коридорах, на сходових клітках, біля запасних виходів.

1.2. Евакуаційне освітлення:

призначене для забезпечення вільних проходів у приміщеннях і коридорах гуртожитку під час евакуації;

повинно вмикатися автоматично при відключенні основного освітлення та працювати від автономного джерела живлення;

має бути розташоване над дверима, біля сходів, уздовж основних шляхів евакуації.

1.3. Резервне освітлення:

використовується для продовження роботи в разі відключення основного освітлення;

може бути реалізоване за допомогою ліхтарів, акумуляторних світильників тощо;

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливо важливе для приміщень, де можуть знаходитися люди під час відключення електропостачання (наприклад, читальні зали, кімнати відпочинку).

При облаштуванні всіх категорій освітлення необхідно дотримуватися нормативних вимог щодо рівня освітленості, характеристик світильників, їх розташування та експлуатації.

6.5 Система протипожежної безпеки в будівлі

Забезпечення протипожежної безпеки є критично важливим для гуртожитку №4 НТУУ КПІ, адже від цього залежить життя та здоров'я мешканців. Система протипожежної безпеки в будівлі гуртожитку повинна включати такі компоненти:

2.1. Системи пожежної сигналізації та оповіщення:

забезпечують своєчасне виявлення пожежі та оповіщення мешканців і персоналу гуртожитку про небезпеку;

включають автоматичні димові та теплові сповіщувачі, ручні сповіщувачі, звукові та світлові оповіщувачі тощо;

повинні регулярно перевірятися та обслуговуватися для забезпечення їх надійної роботи.

2.2. Первинні засоби пожежогасіння:

включають вогнегасники (порошкові, вуглекислотні), пожежні крани, пожежні рукави, ящики з піском тощо;

повинні бути розташовані в легкодоступних місцях, пройти необхідне технічне обслуговування та перезарядку;

мешканці та персонал гуртожитку мають бути навчені правилам використання первинних засобів пожежогасіння.

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

2.3. Системи протидимного захисту:

призначені для видалення диму з приміщень і шляхів евакуації під час пожежі;

можуть включати протидимні вентиляційні канали, димові люки, вентилятори димовидалення тощо;

повинні регулярно перевірятися на справність і працездатність.

2.4. Шляхи евакуації:

повинні бути завжди вільними від захаращень і перешкод;

мають бути позначені світловими покажчиками напрямку евакуації та табличками "Вихід";

двері на шляхах евакуації повинні відчинятися у напрямку виходу з будівлі та не мати заборів, що перешкоджають їх вільному відкриванню зсередини.

2.5. Протипожежний інструктаж і навчання:

усі мешканці та працівники гуртожитку повинні регулярно проходити протипожежні інструктажі (вступний, первинний, повторний);

необхідно проводити практичні заняття з відпрацювання дій на випадок пожежі, зокрема евакуації з будівлі;

у гуртожитку мають бути розміщені інформаційні стенди з правилами пожежної безпеки та планами евакуації.

Дотримання всіх норм і правил облаштування особливих категорій освітлення та забезпечення протипожежної безпеки в гуртожитку №4 НТУУ КПІ дозволить створити максимально безпечні умови проживання для студентів і запобігти виникненню надзвичайних ситуацій.

						Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.6 Заходи цивільної безпеки в гуртожитку

У гуртожитку №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського" окрім систем пожежної безпеки також наявні інструкції щодо дій у надзвичайних ситуаціях. За цей напрямок роботи відповідають призначені відповідальні особи з числа адміністрації гуртожитку та університету. Ними розробляється та удосконалюється методична документація щодо порядку дій при різних ситуаціях. Наразі у вільному для мешканців гуртожитку доступі наявний документ під назвою «Порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій» з останньою редакцією від 2023 року. У документі наявні наступні розділи:

- визначення надзвичайної ситуації;
- у разі вимкнення електроенергії;
- у разі витоку газу;
- у разі затоплення;
- у разі загрози вибуху;
- у разі землетрусу та після його закінчення;
- у разі нестандартної поведінки мешканця або гостя гуртожитку;
- у разі масових заворушень;
- у разі загрози виникнення воєнних дій;
- у разі виникнення загрози терористичного акту;
- у разі повітряної тривоги;
- у разі загрози ядерного вибуху.

Для підвищення обізнаності мешканців гуртожитку відповідальними особами проводяться регулярні інструктажі та тренінги щодо дій у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

На кожному поверсі гуртожитку та в укритті розміщені аптечки. Кожному мешканцю гуртожитку рекомендується мати власну «тривожну валізку» з необхідними речами на випадок надзвичайної ситуації.

У гуртожитку №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського" передбачено використання укриття, розташованого в підвальному приміщенні будівлі. Укриття повинне бути облаштоване всіма необхідними речами для загального користування у разі надзвичайних ситуацій, зокрема:

- достатньою кількістю питної води та їжі тривалого зберігання;
- додатковими аптечками та медикаментами;
- засобами зв'язку та джерелами інформації (радіоприймач, ліхтарики тощо);
- спальними місцями або карематами;
- туалетними приналежностями та засобами гігієни.

Регулярно проводиться перевірка укомплектованості укриття та придатності наявних там речей і продуктів.

Адміністрація гуртожитку та університету повинна забезпечувати постійну готовність укриття до використання та організувати навчання мешканців гуртожитку щодо правил перебування в укритті під час надзвичайних ситуацій.

Дотримання всіх заходів цивільної безпеки та готовність до дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій є запорукою збереження життя та здоров'я мешканців гуртожитку №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"

						Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

6.7 Заходи з енергозбереження

Встановлення енергозберігаючих вікон з подвійним або потрійним склінням та заповненням інертним газом.

Використання сучасних енергоефективних вікон дозволить значно знизити тепловтрати через світлопрозорі конструкції. Подвійне або потрійне скління з низькоемісійним покриттям і заповненням інертним газом (аргон або криптон) забезпечить високий опір теплопередачі. Рекомендується застосовувати вікна з коефіцієнтом скління не менше 0,6 і опором теплопередачі не нижче 0,75 м²·К/Вт.

Утеплення зовнішніх стін, даху та підлоги гуртожитку шаром теплоізоляційного матеріалу.

Для утеплення рекомендується використовувати негорючі теплоізоляційні матеріали, такі як мінеральна вата або пінополістирольні плити з коефіцієнтом теплопровідності не більше 0,04 Вт/(м·К). Товщина теплоізоляційного шару повинна визначатися розрахунковим шляхом, виходячи з вимог до опору теплопередачі огорожувальних конструкцій згідно з ДБН В.2.6-31:2021.

Використання енергоефективних світильників на базі LED-технології для освітлення приміщень.

Світлодіодні лампи мають високу світлову віддачу (до 150 лм/Вт), тривалий термін служби (до 50 000 годин) і низьке енергоспоживання в порівнянні з традиційними лампами розжарювання та люмінесцентними лампами. Рекомендується застосовувати LED-світильники з можливістю регулювання яскравості та колірної температури для створення комфортних умов освітлення.

Встановлення систем автоматичного регулювання опалення та вентиляції для підтримки комфортної температури в приміщеннях.

						Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система автоматичного регулювання повинна забезпечувати підтримку заданої температури повітря в приміщеннях гуртожитку з урахуванням зовнішньої температури, періодів доби та тижня. Це дозволить уникнути зайвого перегріву або охолодження приміщень і знизити споживання теплової енергії на опалення. Для вентиляції доцільно використовувати системи з рекуперацією тепла.

Використання сонцезахисних штор та жалюзі для зменшення тепловтрат взимку та перегріву приміщень влітку.

Встановлення штор або жалюзі із спеціальним тепловідбивним покриттям на вікнах гуртожитку дозволить ефективно регулювати надходження сонячного тепла в приміщення в залежності від пори року. Взимку це запобігатиме надмірним тепловтратам, а влітку – перегріву приміщень і зменшить навантаження на систему кондиціонування.

Впровадження системи моніторингу та обліку енергоспоживання для виявлення можливих втрат та прийняття заходів щодо їх усунення.

Встановлення приладів обліку електричної енергії, тепла, холоду, води дозволить здійснювати постійний моніторинг енергоспоживання в гуртожитку та виявляти можливі втрати або нераціональне використання ресурсів. На основі даних обліку можна приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження додаткових енергозберігаючих заходів.

Проведення регулярних інструктажів та інформаційних кампаній серед мешканців гуртожитку щодо важливості енергозбереження.

Підвищення обізнаності мешканців гуртожитку про важливість енергозбереження та раціонального використання енергоресурсів шляхом проведення інструктажів, розміщення інформаційних матеріалів, організації тематичних заходів сприятиме формуванню енергоефективної поведінки та залученню їх до процесу енергозбереження.

						Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Реалізація комплексу запропонованих заходів дозволить істотно підвищити рівень енергоефективності гуртожитку №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського", знизити витрати на енергоресурси та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Висновки до розділу 6

Будівля гуртожитку №4 НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського" розрахована на проживання великої кількості студентів, що підвищує вимоги до пожежної безпеки. На даний момент серед співробітників гуртожитку немає робітника, відповідального за перевірку умов праці на робочих місцях. Показники умов праці знаходяться на допустимому чи оптимальному рівні та не переходять межу встановлених норм. У будівлі наявні особливі категорії освітлення, а саме аварійне та евакуаційне, які мають резервне живлення.

Система пожежогасіння є комплексною і представлена спринклерними установками та місцевими блоками пожежогасіння, тому є цілком надійною. Додатково наявна точна система ідентифікації пожежі та системи оповіщення, що також мають резервне джерело живлення. Оскільки будівля має різні типи приміщень з різноманітним обладнанням, то блоки місцевого пожежогасіння відрізняються. Вогнегасники, що розташовані в кімнатах загального користування, влаштовані за нормами, а їх тип відповідає рекомендаціям нормативних документів.

За заходи цивільної безпеки відповідальні окремі працівники гуртожитку, що регулярно сприяють обізнаності мешканців про порядок дій у надзвичайних ситуаціях. Методичні рекомендації щодо порядку дій досить детальні та зрозумілі. Загалом, стан системи охорони праці та пожежної безпеки у будівлі вважається повністю задовільним. Серед наданих рекомендацій: облаштування речей першої необхідності в укритті та визначення відповідального за перевірку умов праці працівників.

						Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У результаті виконання даної дипломної роботи було проведено комплексне енергетичне обстеження гуртожитку №4 Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" з метою визначення потенціалу енергозбереження та розробки конкретних заходів для підвищення рівня енергоефективності будівлі.

На початковому етапі було проаналізовано фактичні обсяги споживання основних енергетичних ресурсів (електроенергії, теплової енергії, води) гуртожитком за останні 3 роки. Результати аналізу показали, що найбільшу питому вагу в загальній структурі енергоспоживання займають витрати теплової енергії на потреби опалення приміщень - в середньому близько 75% від сумарних витрат.

Наступним кроком стало виконання розрахунків теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівлі гуртожитку. За результатами розрахунків виявлено невідповідність теплоізоляційних характеристик жодної з конструкцій (стін, вікон, горищного перекриття, дверей) сучасним нормативним вимогам згідно ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель". Це свідчить про значні тепловтрати через огорожуючі елементи та необхідність розробки комплексу заходів з термомодернізації будівлі.

На основі проведеного аналізу було запропоновано низку енергозберігаючих заходів, спрямованих на підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку:

Термомодернізація горищного перекриття шляхом влаштування додаткового шару теплоізоляції з мінераловатних плит;

Модернізація застарілого теплового пункту з встановленням сучасної модульної індивідуальної тепlopунктової з погодним

						Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

регулюванням;

Утеплення зовнішніх стін за допомогою системи "скріпленої теплоізоляції" з використанням мінераловатних плит;

Заміна старих дерев'яних вікон на сучасні енергоефективні металопластикові склопакети;

Налаштування регулювання системи опалення відповідно до графіку робочих годин з можливістю зниження температури в неробочий час.

Для кожного із запропонованих енергозберігаючих заходів було виконано техніко-економічне обґрунтування із визначенням необхідних капіталовкладень, розрахунком очікуваної економії енергоресурсів та визначенням строків окупності інвестицій. Найбільш економічно вигідними виявились заходи з модернізації теплового пункту (строк окупності близько 3 років) та заміни застарілих вікон на енергоефективні склопакети (11 років окупності).

Реалізація запропонованих у дипломній роботі заходів дозволить досягти скорочення витрат на опалення гуртожитку мінімум на 33% та привести показники енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі до рівня, що відповідає нормативним вимогам. Крім прямої економії енергоресурсів, це також забезпечить підвищення рівня комфорту в приміщеннях гуртожитку та покращення умов проживання студентів.

Окремо у роботі було приділено увагу питанню вдосконалення системи енергетичного менеджменту на об'єкті. Надано рекомендації щодо створення повного переліку енергетичного обладнання, покращення системи навчання персоналу відповідального за енергоменеджмент та налагодження структури зберігання технічної документації.

Підсумовуючи, слід відзначити, що виконане в рамках дипломної роботи комплексне енергетичне обстеження гуртожитку №4 НТУУ "КПІ" дозволило визначити основні напрямки підвищення енергоефективності будівлі шляхом розробки конкретних практичних заходів з

						Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергозбереження. Впровадження розроблених заходів забезпечить значну економію енергоресурсів та зниження експлуатаційних витрат, а також сприятиме покращенню умов проживання студентів. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення системи енергоменеджменту посилять контроль та управління енергоспоживанням на об'єкті.

Кліматичні умови місця розташування об'єкту є сприятливими для використання відновлювальних джерел енергії. Запропоновано проєкт інсталювання системи панелей для зменшення витрат та підвищення власної генерації електроенергії. Загальне заощадження споживання електроенергії з мережі становить 46704 кВт·год. З урахування прогнозованої інфляції та за умови підвищення тарифу на 100%, проєкт є привабливим з фінансової точки зору.

						Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Асоціація енергоаудиторів України: вебсайт. URL: <https://aea.org.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).
2. Бориченко О. В., Находов В. Ф., Чернявський А. В. Енергетичний менеджмент: моніторинг ефективності використання енергії для технологічного об'єкту: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудшнформ», 2017.
4. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудшнформ», 2010. 89 с.
5. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудшнформ», 2018.
6. ДБН В.2.6-31:2021.Теплова ізоляція та енергоефективність будівель/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудшнформ», 2022.
7. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Наумчук О.С. Системи виробництва та розподілу енергії. Виробництво, розподіл та споживання теплової енергії – 2: Розрахункова робота: навч. посіб./ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.
8. ДСанПіН Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Україна. Київ, 2014.
9. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Україна. Київ, 1998.
10. ДСТУ 3675-98 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Зі зміною № 1/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 1998.

						Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні/ Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

12. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

13. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014.

14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія./Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2011.

15. Дубровська В.В., Шкляр В.І. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2011.

16. Єщенко О.І., Тупотіна Є.Д. Система гарячого водопостачання адміністративної будівлі з використанням теплового насоса. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС –2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.], 2022.

17. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000.

18. Національний Банк України: вебсайт. URL: <https://bank.gov.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).

19. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями/Державні Нормативні Акти з Охорони Праці. Україна. Київ, 2018.

						Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

20. Основи охорони праці: підручник / К. Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров [та ін]; НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: Основа, 2015.

21. Офіційний on-line магазин продукції брендів MAXUS LED: вебсайт. URL : <https://maxus.com.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).

22. Офіційний on-line магазин продукції бренду Armolan: вебсайт. URL <https://armolan.eu/window-film/> (дата звернення: 05.06.2023).

23. Офіційний on-line магазин продукції бренду Rotex: вебсайт. URL : <https://rotex.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).

24. Офіційний on-line магазин продукції офіційного дистриб'ютора Europe-Solarshop: вебсайт. URL: <http://www.europe-solarshop.com/> (дата звернення: 05.06.2023).

25. Офіційний вебсайт компанії Bravilor Vonamat : вебсайт. URL : <https://bravilor.com.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).

26. Офіційний вебсайт компанії Feron: вебсайт. URL : <https://feron.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).

27. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України № 2118-VIII від 03.08.2022. / Верховна Рада України: Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення: 05.06.2023).

28. ПУЕ-2019. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2019.

29. Український стартап SolarGaps: вебсайт. URL: <https://ua.solargaps.com/> (дата звернення: 05.06.2023).

30. Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель:
Практикум

[Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М.

Шовкалюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 81 с.

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

						Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

31. Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт. Організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ.

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім.

Ігоря Сікорського ; уклад.: Дерев'янка Д.Г., Бориченко О.В., М.М. Шовкалюк – Київ :

КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 63 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52305>

32. <https://index.minfin.com.ua/tariff/kyiv/warm/>

						Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1- Коефіцієнт використання світлового потоку

$\rho_{сл}$	0,7	0,7	0,5	0,5	0
$\rho_{сн}$	0,5	0,5	0,5	0,3	0
ρ_n	0,3	0,1	0,1	0,1	0
i	Коефіцієнт використання η				
0,5	0,23	0,20	0,20	0,17	0,10
0,6	0,28	0,26	0,24	0,20	0,14
0,7	0,32	0,30	0,28	0,24	0,17
0,8	0,35	0,33	0,30	0,26	0,19
0,9	0,38	0,35	0,33	0,29	0,21
1,0	0,41	0,38	0,35	0,31	0,23
1,1	0,43	0,40	0,37	0,33	0,25
1,25	0,45	0,41	0,38	0,35	0,27
1,5	0,49	0,45	0,42	0,38	0,30
1,75	0,52	0,47	0,44	0,41	0,32
2,0	0,54	0,49	0,45	0,42	0,33
2,25	0,56	0,51	0,47	0,44	0,35
2,5	0,58	0,52	0,48	0,46	0,36
3,0	0,60	0,54	0,50	0,48	0,38
3,5	0,62	0,55	0,51	0,49	0,39
4,0	0,64	0,56	0,52	0,50	0,40
5,0	0,67	0,59	0,54	0,53	0,43