НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____Ольга ЧЕРНОУСЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)
“___”_____20__ р

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності *144 «Теплоенергетика»*

освітньо-професійна програма «*Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»*

на тему: «Засоби підвищення класу енергоефективності будівлі 7 корпусу університету»

Виконала: студентка II курсу, групи ОТ-11мп
(шифр групи)

Карпенко Маргарита Андріївна _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник: *Яценко Олена Ігорівна* _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Консультанти:

Моделювання енергетичних процесів і систем *доц. Суходуб І.О.* _____

Нормоконтроль *доц. Шкляр В.І.* _____

Рецензент _____ _____
(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут **Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики**

Кафедра **Теплової та альтернативної енергетики**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність *144 «Теплоенергетика»*

Освітньо-професійна програма *«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)
«___»_____2022 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію
Карпенко Маргариті Андріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Засоби підвищення класу енергоефективності будівлі 7 корпусу університету

Науковий керівник дисертації *асист. Яценко Олена Ігорівна*,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «7» листопада 2022 р. № 4067-с

2. Термін подання студентом проекту « 19» грудня 2022 р.

3. Об'єкт дослідження: будівля 7-го корпусу КПІ імені Ігоря Сікорського.

4. Вихідні дані до магістерської дисертації : геометричні та теплотехнічні характеристики об'єкту, фактичне енергоспоживання за 4 роки, поверхові плани, дані про засоби обліку енергоносіїв, експлуатаційні показники.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) провести обстеження будівлі корпусу та інженерних мереж; 2) провести аналіз результатів; 3) розробити заходи для підвищення рівня енергоефективності будівлі; 4) змоделювати сонячну електростанцію в програмному середовищі PVsol premium; 5) розробити стартап-проєкт.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація 15-20 слайдів.

7. Орієнтовний перелік публікацій: _____.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Моделювання енергетичних процесів і систем	*доц. Суходуб І.О.*		
Нормоконтроль	*доц. Шкляр В.І.*		

7. Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Загальна характеристика об'єкту	28.10 – 07.11. 2022	
2.	Обстеження огороджувальних конструкцій та інженерних мереж	08.11 – 20.11. 2022	
3.	Розробка заходів з енергозбереження	21.11 – 05.12. 2022	
4.	Енергетичний менеджмент	06.12 – 07.12. 2022	
5.	Стартап-проєкт	08.12 – 11.12. 2022	
6.	**Перевірка на плагіат**	12.12 – 14.12.2022	
7.	**Нормоконтроль**	16.12 – 17.12. 2022	
8.	**Попередній захист**	19.12 – 20.12. 2022	

Студент _____ Маргарита КАРПЕНКО
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації _____ Олена ЯЦЕНКО
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з 5 розділів, пояснювальна записка містить 122 сторінки основного тексту. В основному тексті роботи наведено 38 ілюстрацій, 26 таблиць та 22 бібліографічних найменування за переліком посилань.

Мета проєкту полягала у підвищенні рівня енергоефективності споживання енергоресурсів в навчальному корпусі №19. Впровадження всіх запропонованих можливостей енергозбереження допоможе скоротити споживання енергоресурсів. Економічний ефект від впровадження запропонованих проєктів є значним, про що вказують невеликі терміни окупності.

Ключові слова: енергозбереження, енергоспоживання, навантаження, потужність, втрати, економія, енергетичний аудит.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma consists of 5 sections, explanatory memorandum has 82 pages the main text and two annexes. In the body of work are 24 illustrations, 49 tables and 22 items of bibliographical references.

The aim of the project was to increase energy efficiency of energy consumption in the educational building №19. Implementation of all proposed energy-saving features will help reduce energy consumption. Economic effect from implementation of proposed projects is significant, showing a small time period.

Keywords: energy saving, energy consumption, load, power, loss, savings, energyaudit.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ…….....14
ВСТУП……..……15
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ……16
1.1 Загальна характеристика будівлі…….……..16
1.2 Аналіз фактичного енергоспоживання…….……19
1.3 Система теплопостачання……...23
1.3.1 Облік споживання теплової енергії……...…24
1.3.2 Тариф на спожиту теплову енергію……26
1.4 Система водопостачання…….....…..…27
1.4.1 Облік водопостачання……....….28
1.4.2 Тариф на спожиту холодну воду……..28
1.5 Система електропостачання……..…28
1.5.1 Опис схеми зовнішнього електропостачання об’єкту……..…28
1.5.2 Опис схеми внутрішнього електропостачання об’єкту……..…30
1.5.3 Графік добового споживання активної енергії……..…….31
1.5.4 Облік споживання електричної енергії……32
1.5.5 Тариф на спожиту електричну енергію……32
Висновки до розділу……..…33
2. ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ……34
2.1 Стан огороджувальних конструкцій……..…34
2.1.1 Обстеження зовнішніх стін…….35
2.1.2 Обстеження вікон…….36
2.1.3 Обстеження даху……..…36
2.1.4 Обстеження дверей……..……38
2.1.5 Обстеження підлоги…….……39
2.1.6 Зведені теплотехнічні показники огороджувальних конструкцій…..39
2.2 Визначення показників енергоефективності будівлі……..…41

2.2.1 Визначення енергоспоживання при опаленні…….……41
2.2.1.1 Теплопередача трансмісією для режиму опалення……..…41
2.2.1.2 Теплопередача вентиляцією для режиму опалення……44
2.2.1.3 Сумарна теплопередача для режиму опалення……45
2.2.1.4 Внутрішні теплонадходження для режиму опалення……46
2.2.1.5 Теплонадходження від сонця для режиму опалення……..…47
2.2.1.6 Сумарні теплонадходження……54
2.2.1.7 Енергопотреба для опалення…….……56
2.2.1.8 Енергоспоживання для опалення……..…57
2.2.2 Визначення енергоспоживання при охолодженні…….…60
2.2.2.1 Теплопередача трансмісією для режиму охолодження ……..…..60
2.2.2.2 Теплопередача вентиляцією для режиму охолодження…….....61
2.2.2.3 Сумарна теплопередача для режиму охолодження……..….61
2.2.2.4 Внутрішні теплонадходження для режиму охолодження…….62
2.2.2.5 Теплонадходження від сонця для режиму охолодження…..……62
2.2.2.6 Сумарні теплонадходження для режиму охолодження…….....63
2.2.2.7 Енергопотреба для охолодження…….....…64
2.2.2.8 Енергоспоживання для охолодження…….……..…64
2.2.3 Визначення класу енергоефективності будівлі……...……66
2.3 Тепловізійне обстеження ……..…67
Висновки до розділу……...……...……69
3. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ……..……...70
3.1 Підвищення теплового захисту……70
3.1.1 Утеплення зовнішніх стін……70
3.1.2 Утеплення даху……72
3.1.3 Заміна світлопрозорих конструкцій……...74
3.1.4 Балансування системи опалення……..……75
3.1.5 Встановлення термостатичних регуляторів на прилади опалення…76
3.1.6 Встановлення припливно-витяжних установок……...…….……77

3.1.7 Енергетичні та економічні результати реалізації заходів…….78

3.2 Моделювання сонячної електростанції на даху будівлі для підвищення енергоефективності системи електропостачання……...…..…..…81

3.2.1 Вступ……..……81

3.2.2 Програмне забезпечення……82

3.2.3 Вихідні параметри моделі…….……..……82

3.2.4 Аналіз отриманих даних……84

3.2.5 Термін окупності……..……..……..96

Висновки до розділу……..…97

4. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ……..…..98

Висновки до розділу……99

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ «БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОЗОРІ СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ НА ВІКНА» ……100

5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проєкту……..……100

5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проєкту……102

5.3 Аналіз конкурентного середовища……103

5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту ……..…104

5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери……105

5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проєкту…….……106

5.6.1 Прямі матеріальні витрати……..……106

5.6.2 Витрати на оплату праці…….…..…106

5.6.3 Інші прямі витрати……..…107

5.6.4 Умовно-змінні витрати…….…..……108

5.6.5 Умовно-постійні витрати……..…..…108

5.6.6 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проєкту…….……..…..…109

5.7 Цільові групи потенційних споживачів……..……109

Висновки до розділу……..…111

ВИСНОВКИ…….……112

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..…113

ДОДАТКИ…….…..115

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

ЦТП – центральний тепловий пункт;
ОК – огороджувальні конструкції;
ЛР – лампи розжарювання;
ЛБ – люмінесцентні лампи;
LED – світлодіодні лампи;
РК – рідкокристалічні монітори;
ЕПТ – монітори на електронно-променевих трубках;
ТП – трансформаторна підстанція;
ЩО – щит освітлення

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{\text{вн.}}$ – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;
$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;
α – коефіцієнт тепловіддачі;
δ – товщина;
λ – коефіцієнт теплопровідності;
R – опір теплопередачі;
K – коефіцієнт теплопередачі;
F – площа;
$t_{\text{ср.о}}$ – середня температура за опалювальний період;
$n_{\text{о}}$ – тривалість опалювального періоду;
$P_{\text{одн.}}$ – встановлена потужність одного електроприладу

ІНДЕКСИ

з. – зовнішній;
вн. – внутрішній;
в. – вікна;
пл – підлога;
сн – санітарні норми;
с.р. – сонячна радіація;
тв – тепловтрати;
тн – теплонадходження;
н.с. – навколишнє середовище;
р. – розрахункове;
ф. – фактичне

ВСТУП

Енергозбереження починається з чіткого розуміння необхідності покращення економічних показників за рахунок меншого споживання енергоресурсів. Для того щоб забезпечити раціональне використання енергетичних ресурсів необхідний ефективний підхід до аналізу систем споживання енергії. Скорочення витрат на паливно-енергетичні досягається шляхом доведення споживання енергетичних ресурсів до кращих світових показників за рахунок проведення організаційних і технічних заходів з енергозбереження.

Головною метою магістерської дисертації є підвищення класу енергоефективності навчального корпусу №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Тому, відповідно до поставленої мети, проводиться енергетичне обстеження будівлі та вирішується питання технічної та економічної доцільності впровадження заходів з підвищення ефективності використання енергоресурсів за допомогою відповідних техніко-економічних розрахунків.

Магістерська дисертація розроблена на основі завдання випускової кафедри і, затвердженої наказом по університету, теми.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика будівлі

Об'єктом дослідження є навчальний корпус № 7 НТУУ "КПІ".

Адреса будівлі: місто Київ, проспект Перемоги, 37.

Рисунок 1.1 – Корпус №7 НТУУ "КПІ"

Будівництво комплексу відбувалося на протязі 1975 – 1985 рр. Споруда поділена на 4 блоки, що схематично зображено на рисунку (рис. 1.2):

– будова "А-1" (головна) – має учбове призначення та складається з восьми поверхів, збудована у 1981 р.;

– будова "А-2" – має учбово-лабораторне призначення та складається з одного поверху, збудована у 1981 р.;

– будова "Б" – має учбово-лабораторне призначення та складається з трьох поверхів, збудована у 1982 р.;

– будова "В" – ДК "КПІ", складається з трьох поверхів, збудована у 1984 р.

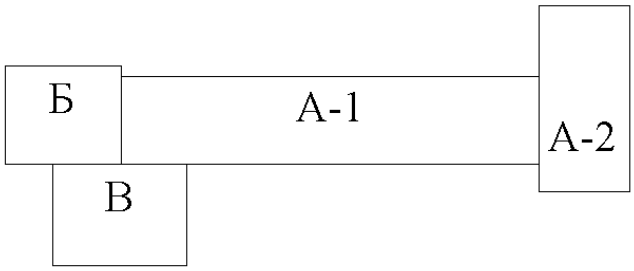


Рисунок 1.2 – Схематичне представлення корпусу №7

Нижче наведені дані про основні розмірні параметри корпусу (табл. 2.1) та матеріали конструкцій будівлі (табл. 1.2), взяті з оціночного акту корпусу №7 НТУУ “КПІ”.

Таблиця 1.1 – Основні розмірні показники

Частина будівлі	Площа забудови, $м^2$	Корисна площа, $м^2$	Об’єм, $м^3$
Зона “А” Зона “Б”	8785,0 2575,1	25463,6 3554,9	164926,6 23042,7
Разом	11360,1	29018,5	187969,3

Таблиця 1.2 – Опис конструктивних елементів будівлі

Конструктивні елементи	Детальний опис
Фундамент	Монолітні залізобетонні панелі під цегляні стіни
Стіни	Цегляні, оштукатурені, ззовні вкриті плиткою
Перегородки	Цегляні, оштукатурені
Міжповерхові перекриття	Монолітні залізобетонні панелі
Дах	Вентильований, 4 шари руберойду
Вікна	Подвійні спарені дерев’яні, металеві та пластикові
Сходи	Збірні залізобетонні площадки та сходові марші

Призначення будівлі

Корпус № 7 НТУУ “КПІ” є корпусом загальнотехнічного факультету. Будівля має в основному учбове призначення. Уній навчаються такі факультети та інститути:

- ФМФ фізико-математичний факультет;
- ФСП – факультет соціології і права;
- ФММ – факультет менеджменту та маркетингу;
- ФЛ – факультет лінгвістики;
- ММІ – механіко-машинобудівний інститут;
- ІПСА – інститут прикладного системного аналізу;
- Політехнічний ліцей.

У будинку знаходяться адміністративні приміщення, аудиторії для

навчання, науково-дослідні лабораторії, комп'ютерний клуб, буфети, принт центри, технічні підсобні приміщення.

Таблиця 1.3 – Графік роботи

Понеділок:	08:00 – 20:00
Вівторок:	08:00 – 20:00
Середа:	08:00 – 20:00
Четвер:	08:00 – 20:00
П'ятниця:	08:00 – 20:00
Субота:	08:00 – 20:00
Неділя:	Вихідний

Загальна кількість працюючих – приблизно 1000 чоловік викладацького персоналу і 10000 студентів. Максимальною розрахунковою кількістю працюючих є приблизно 11000 чоловік.

Нижче зображена схема (рис. 1.3), що описує основну продукцію та послуги будівлі учбового призначення.

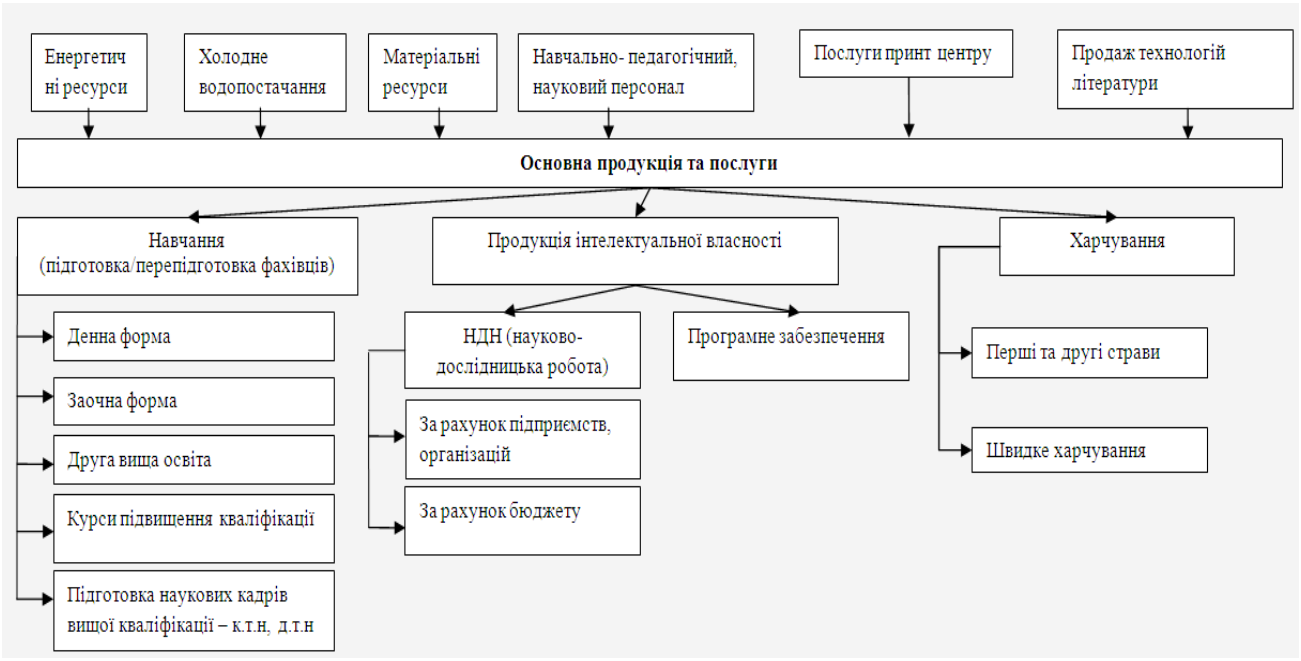


Рис. 1.3 – Основна продукція та послуги будівлі [2]

Структурна схема організації діяльності корпусу зображена на рис. 1.4. На схемі проаналізовані матеріальні потоки для різних видів послуг (навчання, харчування, продукція інтелектуальної власності), відходи виробництва та сміття у

натуральних одиницях, а також виконано розподіл площ приміщень за структурними підрозділами і за призначенням.

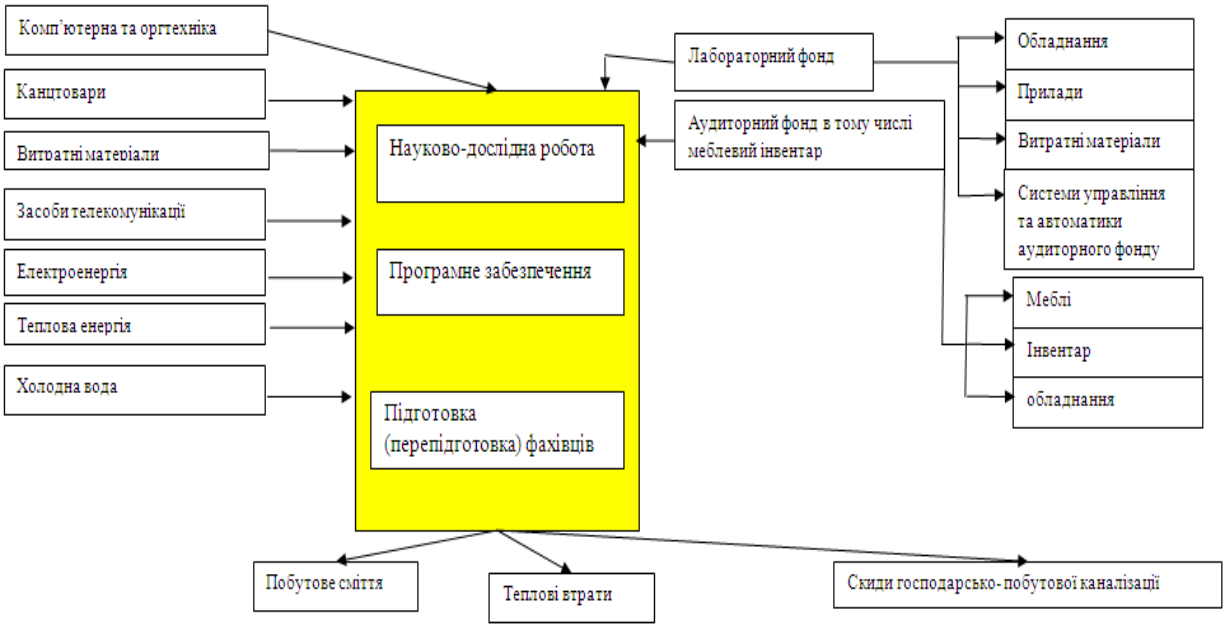


Рис. 1.4 – Аналіз матеріальних потоків (послуга - навчання) [2]

1.2 Аналіз фактичного енергоспоживання

Об'єктом споживаються такі енергоносії: електрична енергія, теплова енергія та холодна вода. Споживання енергоносіїв нерівномірне протягом року.

У таблицях 1.4 та 1.5 наведена динаміка зміни обсягів споживання електричної та теплової енергії, а також холодного водопостачання за останні три роки (2018-2020рр.) у натуральній та грошовій формах відповідно.

Таблиця 1.4 – Дані про енергоспоживання протягом 2018-2021 рр. у натуральній формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Обсяг споживання енергоносія			
			2018	2019	2020	2021
1	Теплова енергія (без ЦКМ)	Гкал/рік	1453	2141,32	1885,44	2549,23
2	Електрична енергія	кВт·год/рік	615708	540920	426010	472730
3	Холодна вода	$м^3$/рік	3846	10 391,19	3 902,20	2 251

Таблиця 1.5 – Дані про енергоспоживання протягом 2018-2020 рр. у грошовій формі

№ п/п	Найменування енергоносія	Обсяг сплачених коштів за споживання енергоресурсів, тис. грн.			
		2018	2019	2020	2021
1	Теплова енергія (без ЦКМ)	2627,87	3757,56	2664,42	4963,84
2	Електрична енергія	1376,73	1277,76	919,09	1303,72
3	Холодна вода	54,93	206,3	81,24	51,12

Як бачимо, разом за останній рік було сплачено 6318,68 тис. грн. Основною статтею є затрати на теплопостачання. Для наглядності це відображено на діаграмі (рис. 1.5).

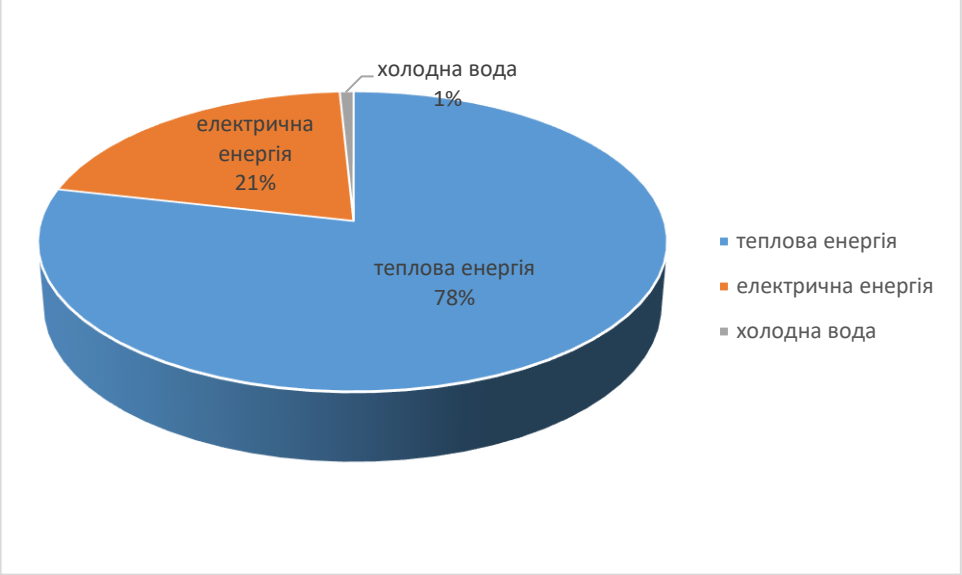


Рисунок 1.5 – Доля грошових витрат на енергію (2021 рік)

Динаміка споживання енергоносіїв по місяцям кожного року представлена у вигляді графіків (рис. 1.6, 1.7, 1.8).

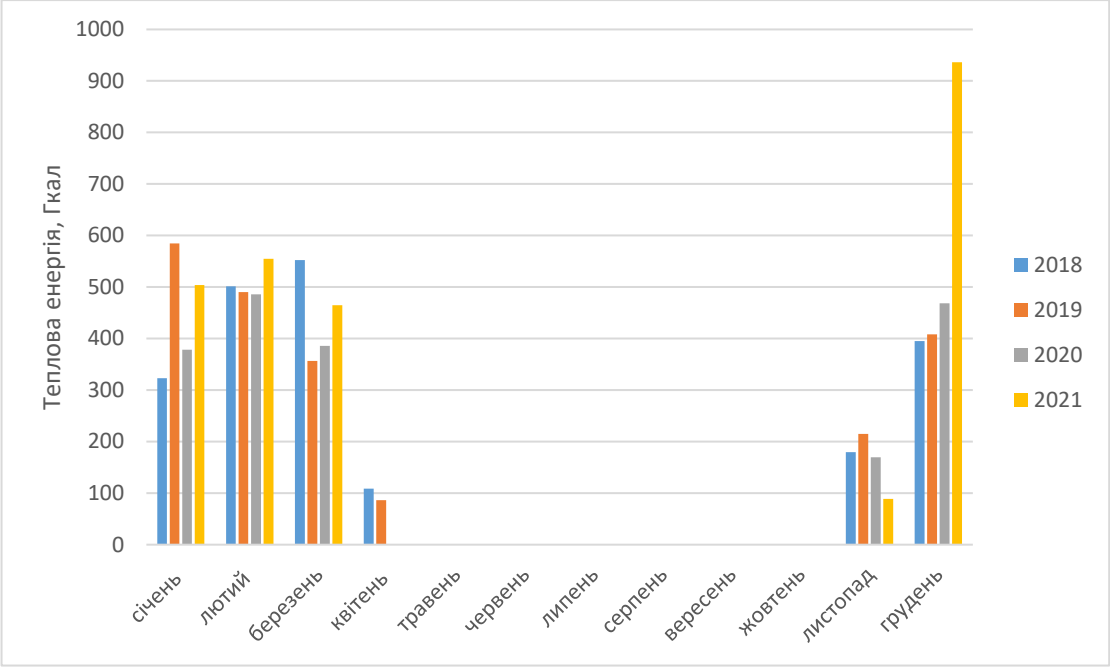


Рисунок 1.6 – Споживання теплової енергії корпусом №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського» разом з ЦКМ протягом 2018-2021 рр.

Найбільше споживання бачимо взимку – бо це найхолодніший період у році і теплова енергія витрачається на опалення приміщень;

З травня по жовтень теплова енергія не потрібна для опалення приміщень; Починаючи з листопада бачимо поступове збільшення споживана теплова енергія починає використовуватися для опалення приміщень;

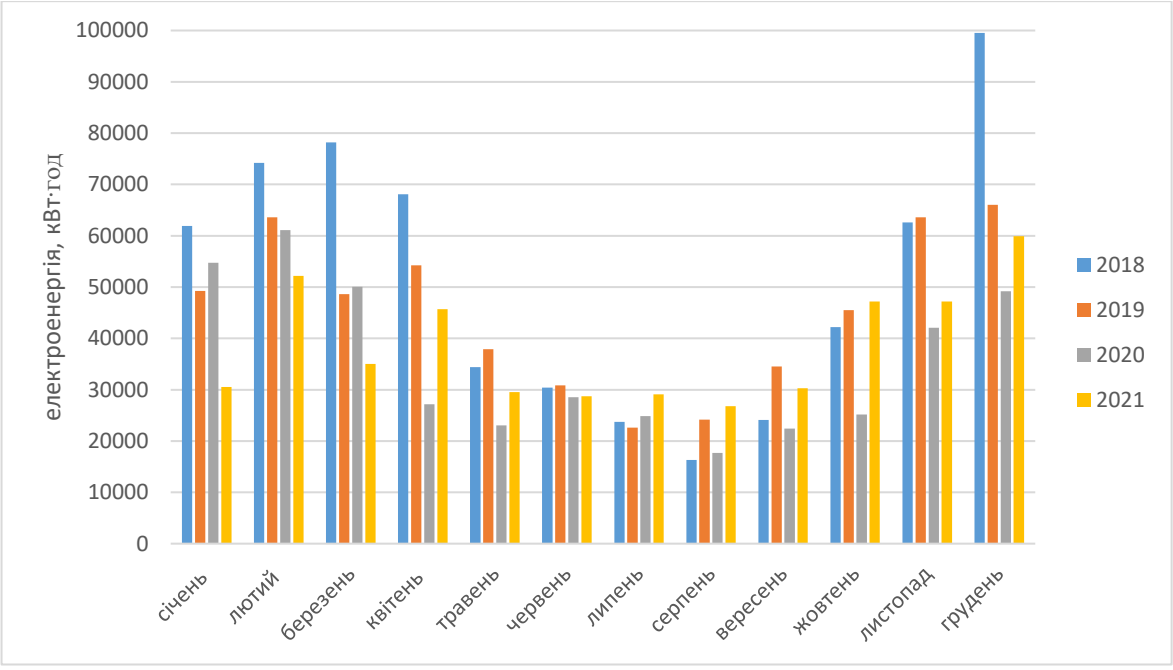


Рисунок 1.7 – Споживання електричної енергії корпусом №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського» протягом 2018-2021 рр.

Найбільше споживання електроенергії бачимо у зимовий період та початок весни, бо зменшується тривалість світлового дня і використовуються електричні обігріваючі прилади, цим можна пояснити різкий скачок у 2018 році у березні, коли середня температура повітря різко понизилась і дорівнювала 1,9 градусів Цельсія, що на 2,6 холодніше кліматичної норми та у грудні 2018 коли середня температура повітря різко понизилась і дорівнювала -10 градусів Цельсія, що на 4,3 холодніше кліматичної норми;

Найменше споживання енергії бачимо в літку – більша тривалість світлого дня та період відпусток; Якщо аналізувати окремо по роках, то найбільше спожито електроенергії було в 2018 році, але в загальному за всі три роки споживання відрізняється не суттєво. Це можна пояснити тим, що в 2018 році була холодна весна для наших кліматичних умов, у порівнянні з 2017 та 2019 рр.

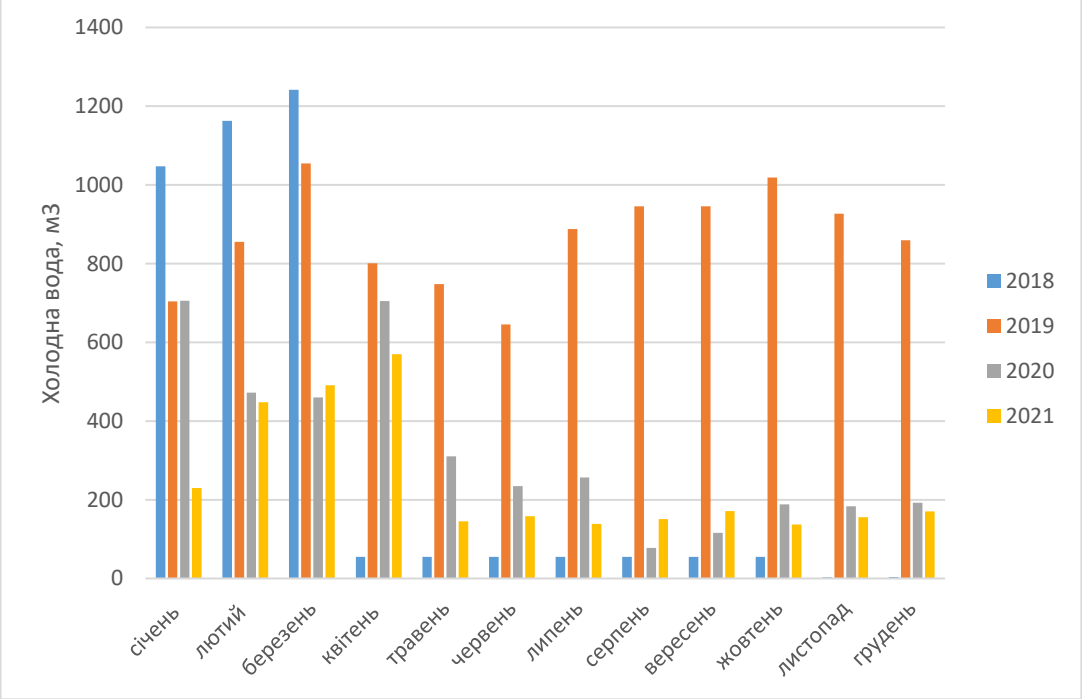


Рисунок 1.8 – Споживання холодної води корпусом №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського» протягом 2018-20201 рр.

На графіку споживання холодної води (рис. 1.8) у 2018 році спостерігається значний спад споживання води, через те, що в цей час, проводились великі ремонтні роботи в корпусі.

1.3 Система теплопостачання

Система теплопостачання навчального корпусу №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського» підключена до теплових мереж РТС-1 в теплокамері № 610 / 22 за допомогою теплотраси, що належить «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Характеристика абонентської теплотраси:

– тип прокладки – непрохідний ж/б канал КЛп 120×90;
– зовнішній діаметр трубопроводів, $2\times D_{ВН} = 2\times230$ мм;
– довжина абонентської теплотраси – 120 м;
– ізоляція – мінеральна вата.

Система теплопостачання є закритою, двотрубною. В існуючій схемі теплопостачання корпусу теплоносій надходить в теплопункт через ввідні засувки $D_У200$ і грязевики і далі на колектори, від яких розподіляється далі по зонним системам теплоспоживання. Схема приєднання системи опалення – залежна, з елеваторами, розташованими поблизу пофасадних зон. Всього в опалювальній системі корпусу, приєднаній до вводу від РТС-1, є вісім елеваторних вузлів (крім елеватора опалювальної системи їдальні, для якої буде обладнано окремий вузол обліку). Система гарячого водопостачання корпусу не функціонує.

Температурний напір – 90/70 К. Значення внутрішньої заданої температури будівлі згідно з її призначенням (для режимів опалення—20 °С та охолодження—24 °С). Теплопостачання здійснюється від двох вводів тепломережі (з двох теплопунктів). Перший ввід, що знаходиться у ЦТП в зоні Б будівлі здійснюється від 1 району, магістраль №6. Від вводу живляться зони А1, Б, ДК «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та будівля їдальні, що з’єднана з корпусом №7.

Другий ввід, що знаходиться у теплопункті в зоні А2 здійснюється від 4 району, магістраль №1. Від цього вводу живиться зона А2 корпусу.

Система опалення має вісімдесят чотири опалювальних стояка. У якості нагрівальних приладів використані радіатори типу М140А-О. Нагрівальні прилади та всі неізольовані трубопроводи пофарбовані масляною фарбою. Ізоляція трубопроводів у ЦТП у багатьох місцях у поганому стані.

Розподільчий колектор має вісім подавальних трубопроводів та шість зворотніх. На сьогоднішній день використовуються тільки три подавальних трубопроводи та, відповідно, три зворотних:

- на теплопостачання ДК «КПІ ім. Ігоря Сікорського»;
- на теплопостачання аудиторій цокольного поверху;
- на теплопостачання 1-7 поверхів.

1.3.1 Облік споживання теплової енергії

У ЦТП розташовані два теплолічильники: один на їдальню, інший на зони А1 корпусу №7 та ДК «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Вибір вимірювальних та реєструючих приладів вузла теплового обліку зроблений, виходячи з данних і вимог ТУ, розрахунку витрат теплоносія. Згідно п/п 3.2.1.1. МІНЕНЕРГО України, К., 1996р., теплопункт об'єкта з навантаженням понад 2,5 МВт повинен бути обладнан теплолічильником з витратомірами і термометрами в подавальному і зворотному трубопроводах.

Система обліку теплової енергії у корпусі №7 представлена двома лічильниками теплової енергії типу СА-97/2, установленими у 1998 році, та лічильником СВТУ-10.

Виходячи з діапазону зміни витрати теплоносія (V_{min} = 3,07 м^3/год; V_{max} = 119,5 м^3/год), необхідності мінімуму гідравлічних втрат на витратомірах для вузла обліку був обраний тепловий лічильник СА-97/2-80Ø-ФЛ-2-1-2-1-1, ТУ У 22887/660.002-97, що поставляється фірмою “Техприлад”. Тепловий лічильник включений до Держреєстру України під № У919-98. Лічильники СА-97/2 знаходяться в теплопункті на вводі подаючого трубопровода. Один лічильник фіксує дані по корпусу та будинку культури, другий – по столовій.

До складу теплового лічильника входять:

- теплообчислювач ІВБ;
- 2 первинних перетворювача витрати ПВН;
- 2 термоперетворювача опору з НСХ 100П класу В по ГОСТ 6651, які

встановлюються в подавальному і зворотному трубопроводах.

Технічні характеристики теплового лічильника СА-97/2:

- діаметр умовного проходу ПВН $D_y = 80$ мм;
- максимальна витрата води 160 м^3/год;
- програмоване значення максимальної витрати 125 м^3/год;
- значення перехідної витрати 5,0 м^3/год;
- програмоване значення мінімальної витрати 2,5 м^3/ год;
- допустима відносна похибка при вимірюванні кількості теплоти по ДСТУ 3339: $\pm 4\%$;
- основна відносна похибка при вимірюванні витрати теплоносія (для Q > Qt): $\pm 2\%$;
- максимальний робочий надлишковий тиск 2,4 МПа.

Лічильник СВТУ-10 знаходиться на вводі системи теплопостачання в зону А2.

Лічильники тепла СВТУ-10М призначені для вимірювання відпущеної або спожитої теплової енергії в декількох (до 4-х) контурах споживання тепла або води з використанням до 5-ти ультразвукових каналів вимірювання витрати.

Технічні характеристики теплового лічильника СВТУ-10М:

- СВТУ-10М (М1, М2) - кількість каналів обліку теплової енергії від 1 до 2 з використанням від 1 до 2-х каналів вимірювання витрати;
- СВТУ-10М (5М1, 5М2) - кількість каналів обліку теплової енергії від 1 до 4 з використанням від 1 до 5-ти каналів вимірювання витрати;
- діаметр умовного проходу первинного перетворювача витрати вибирається з діапазону від 20 до 1000 мм включно;
- межа вимірювання витрати теплоносія відповідає швидкості 10.0 м / с;
- робочий діапазон вимірювання витрати - 1.0 ... 100%;
- робочий діапазон температури теплоносія - 0 ... 150 ° С;
- допускаемая різниця температур у що подає і зворотному трубопроводах - 2.5 ... 150 ° С;

- робочий тиск - до 16 техн. атм. (16 кгс/см2);
- межі похибок:
- при вимірюванні абсолютного значення температури - 0.2 ° С;
- при вимірюванні різниці температур - 0.1 ° С;
- при вимірюванні витрати, об'єму та маси теплоносія - 2.0;
- при вимірюванні теплової потужності та теплової енергії - 2.5;
- споживана від мережі 50Гц 24/36/220В ± 15% потужність - 7 ВА (М1, М2), 15 ВА (5М1, 5М2);
- навколишня температура при вологості до 80% - 0 ... 50 ° С;
- можливе вимірювання параметрів в системах СГС або СІ;
- вбудований блок резервного живлення - СВТУ-10М - час роботи не менше 8-ми годин.

Додаткові похибки можуть бути від впливаючих параметрів: температури, вологості навколишнього середовища і напруги живлення в робочих діапазонах її зміни - відсутні.

1.3.2 Тариф на спожиту теплову енергію

За використану теплову енергію університет розплачується за показниками лічильників.

Нижче, у табл. 1.6, наведені дані по тарифу на тепло за 2018-2021 роки.

Таблиця 1.6 – Тариф на теплову енергію за 2018-2021 роки

	Тариф за теплову енергію з ПДВ, грн/Гкал				
	2018	2019	2020	2021	Діючий
1 квартал	1658,98	1866,5	1403,24	1617,88	2450,02
2 квартал	1658,98	1822,39	1312,12	1617,88	
3 квартал	1789,88	1822,39	1358,65	1617,88	
4 квартал	1866,5	1457,91	1357,13	2450,02	

1.4 Система водопостачання

В корпусі №7 проектувалося холодне та гаряче водопостачання, а також побутова каналізація. За проектом в теплопункті розміщується насосна станція. Проте на даний час гаряче водопостачання в корпусі відсутнє, а насосна станція не функціонує.

Система водопостачання має два вводи: з боку головного корпуса (в зону А) та з боку вул. Борщагівської (в зону Б). Обидва вводи знаходяться в центральному теплопункті. Звідти вода постачається трьома головними трубами: в центральній частині будівлі, в лівій та правій частинах. Водопровідних стояків 25 шт.. Центральні труби стояків прокладені в колонах (загальна кількість колон – 8), звідки на кожному поверсі підводиться вода до туалетів, умивальників та пожежних кранів. При цьому використовуються труби діаметром 50 мм для пожежних кранів та 40 мм для побутових потреб.

Пожежні крани розміщені на ліфтових площадках, біля входів в аудиторії, в рекреаціях з умови обслуговування кожного приміщення двома струями по 2.5 л/сек. Встановлюються в пожежних нішах на висоті 1,35 м над підлогою.

Викиди побутової каналізації запроектовані по трьох випусках в колодязь-гасник КК-5. Відвід аварійних стоків в теплопункті передбачено в колодязі-гасники КК-101 та КК-103.

Мережі внутрішньої каналізації запроектовані з чавунних каналізаційних труб діаметром 100-50 мм та фасонних частин до них (ГОСТ 6942.0-69÷6942.30-69).

Система водопостачання корпусу, на даний момент, в досить поганому стані та потребує негайного ремонту. Деякі туалети та крани протікають, що збільшує витрати води.

1.4.1 Облік водопостачання

Облік водопостачання здійснюється за допомогою лічильників Cosmos WPD 50/50 на двох вводах: в зону А та в зону Б.

Встановлені лічильники Cosmos WPD призначені для обліку холодної води, температурою від 5°С до 50°С. Стандартна комплектація рахункового механізму передбачає три імпульсних виходи, два з яких призначені для герконових датчиків Reed RD і один вхід для оптичного передавача імпульсів типу Opto OD. Міжповірочний інтервал для цього лічильника – 4 роки.

1.4.2 Тариф на спожиту холодну воду

За використану холодну воду університет розплачується за показниками лічильників.

Нижче, у табл. 1.7, наведені дані по тарифу на воду за 2018-2021 роки.

Таблиця 1.7 – Тариф на холодну воду за 2018-2021 роки

	Тариф з ПДВ, грн/м^3 за холодну вода				
	2018	2019	2020	2021	Діючий
1 квартал	14,184	20,38	20,82	22,99	30,384
2 квартал	14,184	20,376	20,82	25,38	
3 квартал	15,78	20,376	20,82	22,99	
4 квартал	18,288	20,82	20,82	20,82	

1.5 Система електропостачання

1.5.1 Опис схеми зовнішнього електропостачання об’єкту

Електропостачання навчального корпусу №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського» здійснюється від ТП 10/0,4 кВ №4480, ТП 10/0,4 кВ №230 та ТП 10/0,4 кВ №4397 (резервна). Наявність резервної ТП дає змогу проводити ремонт (діагностику) без

можливих відключень електропостачання. Схеми ТП 10/0,4 кВ №4480 та ТП 10/0,4 кВ №230 наведені на рис. 3.1 та 3.2.

ТП 4480 та ТП 4397- це трифазні масляні трансформатори типу TTU-A1 630 призначені для роботи в електромережах напругою 10 кВ з потужністю 630 кВА у відкритих електроустановках в умовах помірного клімату і служать для зниження високої напруги живильної електромережі до встановленого рівня споживання. Трансформатор поміщений в бак з маслом для охолодження і запобігання руйнування обмоток трансформатора від зовнішнього середовища.

ТП 4480 знаходиться в 15 метрах, на західній стороні корпусу. Від нього живиться половина корпусу, приміщення лабораторного призначення та бібліотека. ТП 4397 є резервним і, в разі необхідності, живить центральну частину корпусу. Знаходить на південному боці корпуса.

ТП 230 – це сухий трансформатор типу ТСЗУ з потужністю 1000 кВА. Знаходиться в радіусі 25 метрів від корпусу, на східній стороні корпусу, біля ЦСХ.

Технічні параметрами TTU-A1 630/10:

- Потужність трансформатора Sном=630 кВА;
- Номінальна вища напруга Uвн=10 кВ;
- Номінальна нижча напруга Uнн=0,4 кВ;
- Втрати холостого ходу ΔPхх=1100 Вт;
- Втрати короткого замикання ΔPкз=8100 Вт;
- Напруга короткого замикання Uкз=5,5%;
- Струм холостого ходу Iхх=1,5%.

Технічні параметрами ТП 230 1000/0,4:

- Потужність трансформатора Sном=1000 кВА;
- Номінальна вища напруга Uвн=10 кВ;
- Номінальна нижча напруга Uнн=0,4 кВ;
- Втрати холостого ходу ΔPхх=1400 Вт;
- Втрати короткого замикання ΔPкз=8500 Вт;
- Напруга короткого замикання Uкз=5,5%;
- Струм холостого ходу Iхх=1,5%.

Ступінь надійності навчального корпусу, як споживача електричної енергії – II категорія.

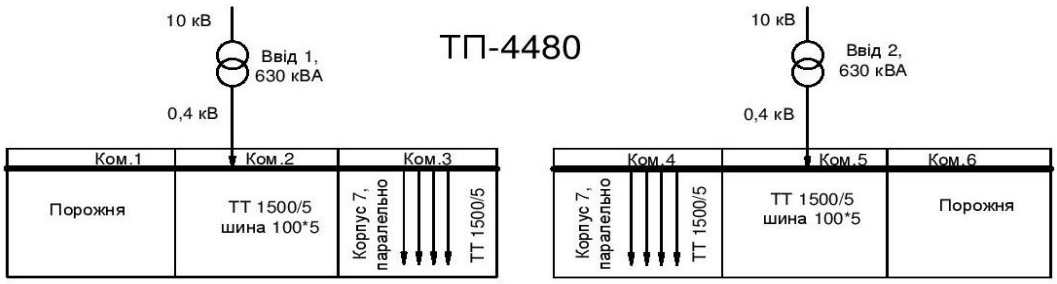


Рисунок 1.9 – Схема ТП-4480

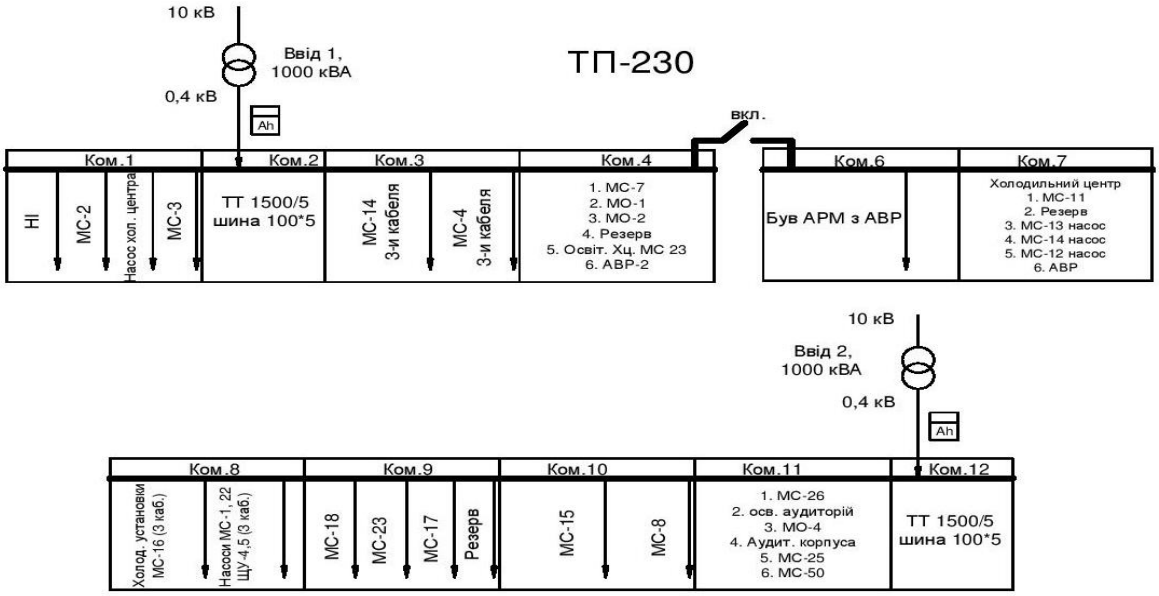


Рисунок 1.10– Схема ТП-230

1.5.2 Опис схеми внутрішнього електропостачання об’єкту

Постачання електричної енергії в корпусі здійснюється за допомогою головного розподільчого щита (ГРЩ). ГРЩ-основний елемент в розподіленні електричної енергії. В корпусі знаходиться 3 ГРЩ.

ГРЩ, що живить корпус розташований на 1 поверсі, біля входу в корпус , з південного боку. За допомогою нього електроенергія вводиться в корпус, а також ведеться її облік та перерозподіл. Інший ГРЩ знаходиться біля приміщення учбово-лабораторного призначення. І останній ГРЩ знаходиться з боку ЦСХ, біля ТП 230,

від якого він і живиться. Від ГРЩ струм іде на розподільчі щити, які є на кожному поверсі корпусу.

Облік електричної енергії відбувається за допомогою чьотирьохквадрантного лічильника ЕТ 3В5Е8GLZT СП ЗАО “Елвін” класу точності 1.0 (ТТ клас точності 0.5S).

Вимірювальний механізм лічильників складається з 4 обертальних елементів, рухомої системи з двома укріпленими на загальній осі дисками і лічильного механізму.

1.5.3 Графік добового споживання активної енергії

Щоб проаналізувати динаміку споживання електричної енергії протягом дня покажемо добовий графік навантаження за 05.12.2019 на рис. 1.11.

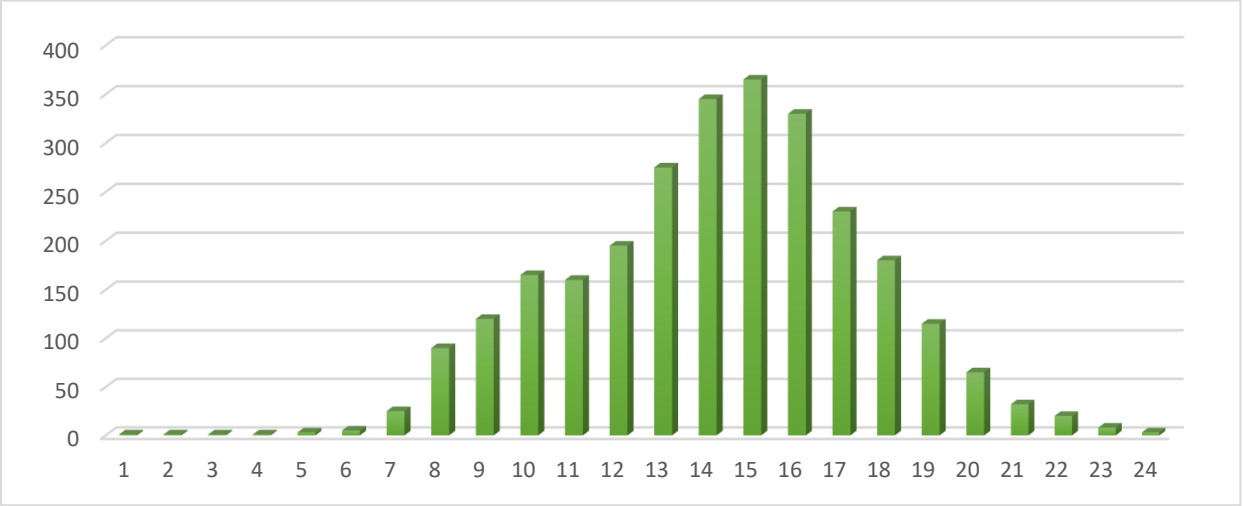


Рисунок 1.11 – Добовий графік споживання електричної енергії

Отриманий графік можна прокоментувати наступним чином. До 7-ої години ранку, в корпусі працює тільки декілька ламп/світильників в кімнаті охоронця. Освітлення ззовні відсутнє, що говорить про мінімальне споживання електричної енергії. З 7-ої години ранку в ЗВО починається робочий день для допоміжного персоналу, тому бачимо зростання на графіку у споживанні електроенергії. О 8.30 в корпусі починається навчання та зважаючи на зимовий час та відсутність сонця, спостерігається великий стрибок збільшення споживання енергії. Ранковий максимум досягається о 10 годині. Вечірній максимум триває з 14:00 до 16:00. Після

16:00 споживання зменшується, адже пари добігають кінця. З 19.00 споживання електричної енергії зменшується і виходить на мінімальний рівень у нічний час.

1.5.4 Облік споживання електричної енергії

Розрахункові лічильники для обліку спожитої електричної енергії встановлені в приміщенні щитової корпусу (центральний хол). Використовуються чьотирьохквадрантні лічильники ЕТ 3В5Е8GLZT СП ЗАО “Елвін” класу точності 1.0 (ТТ клас точності 0.5S).

Сумарне електроспоживання корпусу №7 знаходиться шляхом додавання показників лічильників, встановлених у всіх трьох вузлах. Використання багатофункціональних лічильників ЕТ 3В5Е8GLZT СП ЗАО “Елвін” дає можливість отримувати суміщений максимум навантаження на задані відрізки часу.

Кабельний журнал наведений в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Кабельний журнал

Звідки	Куди	Марка	Кількість проводів	Довжина	Примітка
ТП 4480					
Ввод 1 (корп. 7)	itekWeb 8	КОПЕ	2×2×0,5	5 м	ЕТ 3В5Е8GLZT
Ввод 2 (корп. 7)	itekWeb 8	КОПЕ	2×2×0,5	5 м	ЕТ 3В5Е8GLZT
ТП 230					
Ввод 1 (корп. 7)	itekWeb 14	КОПЕ	2×2×0,5	5 м	ЕТ 3В5Е8GLZT
Ввод 2 (корп. 7)	itekWeb 14	КОПЕ	2×2×0,5	5 м	ЕТ 3В5Е8GLZT
ТП 4397					
Корпус 7 А[1]	ПУЗ	КОПЕ	2×2×0,5	5 м	СА 4У-И672М
Корпус 7 А[2]	ПУЗ	КОПЕ	2×2×0,5	20 м	СА 4У-И672М

1.5.5 Тариф на спожиту електричну енергію

За використану електричну енергію ЗВО розплачується за показниками лічильників. Тариф на електроенергію може змінюватися щомісяця. Нижче, у табл. 1.8, наведені дані по тарифу на електричну енергію за 2018-2020 роки.

Таблиця 1.9 – Тариф на електроенергію за 2018-2022 роки

Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Тариф з ПДВ				
		2018	2019	2020	2021	Діючий
Електрична енергія	грн/кВт·год	2,27	2,37	2,32	3,13	3,83

Висновки до розділу

В розділі розглянуто системи опалення, електро- та водопостачання, описано прилади обліку енергоносіїв, та зібрана інформація про тарифи за досліджуваний період.

В ході аналізу були побудовані графіки і діаграми, з яких ми бачимо, що найбільше грошей витрачається на оплату за теплову енергію, в середньому 75-80%. На електроенергію –15-20%. З вище зазначеного можна зробити висновок, що в першу чергу необхідно зробити акцент на впровадженні енергозберігаючих заходів, які спрямовані на зниження споживання теплової енергії та запропонувати способи зменшення використання електричної енергії.

2. ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ

2.1 Стан огороджувальних конструкцій

Теплотехнічний розрахунок є детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні ОК (огороджувальні конструкції) з врахуванням втрат теплоти за рахунок інфільтрації. Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний корпус, орієнтації відповідно до сторін світу, витрат теплоти на вентиляцію тощо.

Усі геометричні розміри, що використовуються у розрахунках, є фактичними та визначеними за допомогою вимірювань. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

2.1.1 Обстеження зовнішніх стін

Опір теплопередачі, $\frac{(\text{м}^2\cdot\text{°C})}{\text{Вт}}$, для зовнішньої стіни знайдемо за формулою:

$$R_{\text{з.ст.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.}}}{\lambda_{\text{ц.}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{\delta_{\text{пл.}}}{\lambda_{\text{пл.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \quad (2.1)$$

де $\alpha_{\text{вн.}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $\alpha_{\text{вн.}} = 8{,}7\,\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\cdot\text{°}C)}$;

$\delta_{\text{ц.}}$ – товщина шару цегли, $\delta_{\text{ц.}} = 0{,}51$ м;

$\lambda_{\text{ц.}}$ – коефіцієнт теплопровідності цегли, $\lambda_{\text{ц.}} = 0{,}81\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{°}C)}$;

$\delta_{\text{шт.}}$ – товщина шару штукатурки, $\delta_{\text{шт.}} = 0{,}035$ м;

$\lambda_{\text{шт.}}$ – коефіцієнт теплопровідності штукатурки, $\lambda_{\text{шт.}} = 0{,}81\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{°}C)}$;

$\delta_{\text{пл.}}$ – товщина шару плитки, $\delta_{\text{пл.}} = 0{,}02$ м;

$\lambda_{\text{пл.}}$ – коефіцієнт теплопровідності фасадної плитки, $\lambda_{\text{пл.}} = 1{,}28\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{°}C)}$;

$\alpha_{\text{з.}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $\alpha_{\text{з.}} = 23\,\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\cdot\text{°}C)}$.

Підставимо відповідні значення у формулу (2.1):

$$R_{\text{з.ст.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,035}{0,81} + \frac{0,02}{1,28} + \frac{1}{23} = 0,847 \ \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot °\text{C})}$, визначатимемо за формулою:

$$K_{\text{з.ст.}} = \frac{1}{R_{\text{з.ст.}}}, \tag{2.2}$$

Таким чином:

$$K_{\text{з.ст.}} = \frac{1}{0,847} = 1,181 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}.$$

Результати розрахунків втрат теплоти через зовнішні стіни занесемо до таблиці 2.1.

2.1.2 Обстеження вікон

Вікна у корпусі виконані з подвійним склінням у дерев'яних, алюмінієвих та металопластикових склопакетах. Опір теплопередачі кожного з типів вікон:

– дерев'яні вікна $R_{\text{в.1}} = 0,4 \ \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}$;

– алюмінієві вікна $R_{\text{в.2}} = 0,34 \ \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}$;

– металопластикові вікна $R_{\text{в.3}} = 0,52 \ \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}$.

Знайдемо коефіцієнти теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot °\text{C})}$, кожного типу вікон за формулою:

$$K_{\text{в}.i} = \frac{1}{R_{\text{в}.i}}. \tag{2.3}$$

Підставимо у формулу відповідні значення:

$$K_{\text{в.1}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}};$$

$$K_{\text{в.2}} = \frac{1}{0,34} = 2,941 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}};$$

$$K_{\text{в.3}} = \frac{1}{0,52} = 1,923 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}.$$

Результати розрахунків тепловтрат показані у таблиці 2.1.

2.1.3 Обстеження даху

Будівля має різний дах в різних частинах корпусу:

1. Дах над першим поверхом основної частини будівлі “А”.

2. Дах над восьмим поверхом будівлі “А” та над будівлею “Б”.

Розрахуємо дах першого типу.

Опір теплопередачі, $\frac{(\text{м}^2\cdot°\text{C})}{\text{Вт}}$, даху першого типу:

$$R_{\text{дах1}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.1}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{пб.}}}{\lambda_{\text{пб.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.р.}}}{\lambda_{\text{ц.р.}}} + \frac{\delta_{\text{св.}}}{\lambda_{\text{св.}}} + \frac{\delta_{\text{асф.}}}{\lambda_{\text{асф.}}} + \frac{\delta_{\text{пов.}}}{\lambda_{\text{пов.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.2}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \quad (2.4)$$

де $\delta_{\text{зб.}}$ – товщина залізобетонної плити, $\delta_{\text{зб.1}} = 0{,}22$ м; $\delta_{\text{зб.2}} = 0{,}05$ м;

$\lambda_{\text{зб.}}$ – коефіцієнт теплопровідності залізобетону, $\lambda_{\text{зб.}} = 2{,}04\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot°C)}$;

$\delta_{\text{пб.}}$ – товщина шару пінобетону, $\delta_{\text{пб.}} = 0{,}12$ м;

$\lambda_{\text{пб.}}$ – коефіцієнт теплопровідності пінобетону, $\lambda_{\text{пб.}} = 0{,}4\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot°C)}$;

$\delta_{\text{ц.р.}}$ – товщина шару цементно-піщаного розчину, $\delta_{\text{ц.р.}} = 0{,}035$ м;

$\lambda_{\text{ц.р.}}$ – коефіцієнт теплопровідності цементного розчину, $\lambda_{\text{ц.р.}} = 0{,}81\ \text{Вт}/(\text{м}\cdot°\text{C})$; $\delta_{\text{св.}}$ – товщина шару скловолокна, $\delta_{\text{св.}} = 0{,}015$ м;

$\lambda_{\text{св.}}$ – коефіцієнт теплопровідності скловолокна, $\lambda_{\text{св.}} = 0{,}046\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot°C)}$;

$\delta_{\text{асф.}}$ – товщина шару асфальтової стяжки, $\delta_{\text{асф.}} = 0{,}025$ м;

$\lambda_{\text{асф.}}$ – коефіцієнт теплопровідності асфальту, $\lambda_{\text{асф.}} = 1{,}05\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot°C)}$;

$\delta_{\text{пов.}}$ – товщина шару повітряного прошарку, $\delta_{\text{пов.}} = 0{,}05$ м;

$\lambda_{\text{пов.}}$ – коефіцієнт теплопровідності повітряного прошарку, $\lambda_{\text{пов.}} = 0{,}14\ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot°C)}$.

Підставимо відповідні значення у формулу:

$$R_{\text{дах1}} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}12}{0{,}4} + \frac{0{,}035}{0{,}81} + \frac{0{,}015}{0{,}046} +$$

$$+ \frac{0{,}025}{1{,}05} + \frac{0{,}05}{0{,}14} + \frac{0{,}05}{2{,}04} + \frac{1}{23} = 1{,}341\ \frac{\text{м}^2\cdot°\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot °\text{C})}$, даху першого типу визначатимемо за формулою:

$$K_{\text{дах}} = \frac{1}{R_{\text{дах}}}, \tag{2.5}$$

Таким чином:

$$K_{\text{дах1}} = \frac{1}{1{,}341} = 0{,}746 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}.$$

Аналогічно розрахуємо і дах другого типу.

Опір теплопередачі, $\frac{(\text{м}^2 \cdot °\text{C})}{\text{Вт}}$, даху другого типу:

$$R_{\text{дах2}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.1}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{руб.1}}}{\lambda_{\text{руб.}}} + \frac{\delta_{\text{пб.}}}{\lambda_{\text{пб.}}} + \frac{\delta_{\text{асф.}}}{\lambda_{\text{асф.}}} + \frac{\delta_{\text{руб.2}}}{\lambda_{\text{руб.}}} + \frac{\delta_{\text{гр.}}}{\lambda_{\text{гр.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \tag{2.6}$$

де $\delta_{\text{зб.1}}$, $\lambda_{\text{зб.}}$, $\delta_{\text{пб.}}$, $\lambda_{\text{пб.}}$, $\delta_{\text{асф.}}$, $\lambda_{\text{асф.}}$ мають ті ж самі значення, що і для даху першого типу;

$\delta_{\text{руб.}}$ – товщина шару руберoїду, $\delta_{\text{руб.1}} = 0{,}005$ м; $\delta_{\text{руб.2}} = 0{,}015$ м;

$\lambda_{\text{руб.}}$ – коефіцієнт теплопровідності руберoїду, $\lambda_{\text{руб.}} = 0{,}27 \ \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot °C)}$;

$\delta_{\text{гр.}}$ – товщина шару гравію, $\delta_{\text{гр.}} = 0{,}005$ м;

$\lambda_{\text{гр.}}$ – коефіцієнт теплопровідності гравію, $\lambda_{\text{гр.}} = 0{,}13 \ \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot °C)}$.

Підставимо значення у формулу та отримаємо:

$$R_{\text{дах2}} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}005}{0{,}27} + \frac{0{,}12}{0{,}4} + \frac{0{,}025}{1{,}05} + \frac{0{,}015}{0{,}27} + \frac{0{,}005}{0{,}13} + \frac{1}{23} = 0{,}703 \ \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}.$$

За формулою (2.5) визначимо коефіцієнт теплопередачі даху другого типу:

$$K_{\text{дах2}} = \frac{1}{0{,}703} = 1{,}423 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}.$$

На даху розміщені 190 зенітних ліхтарів марки Ф-1. Коефіцієнт теплопередачі зенітного ліхтаря $K_{\text{ЗЛ}} = 2{,}907 \ \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot °\text{C})}$.

Результати розрахунків втрат теплоти через дах зведемо у таблицю 2.1.

2.1.4 Обстеження дверей

Двері корпусу:

– 13 залізних, $K_{Д1} = 3{,}349\ \frac{Вт}{(м^2 \cdot °C)}$;

– 15 дерев'яних, $K_{Д2} = 4{,}168\ \frac{Вт}{(м^2 \cdot °C)}$;

– 4 металопластикових, 3 з яких з тамбуром, $K_{Д3} = 3{,}226\ \frac{Вт}{(м^2 \cdot °C)}$.

Розрахунок тепловтрат через двері наведений в таблиці 2.1.

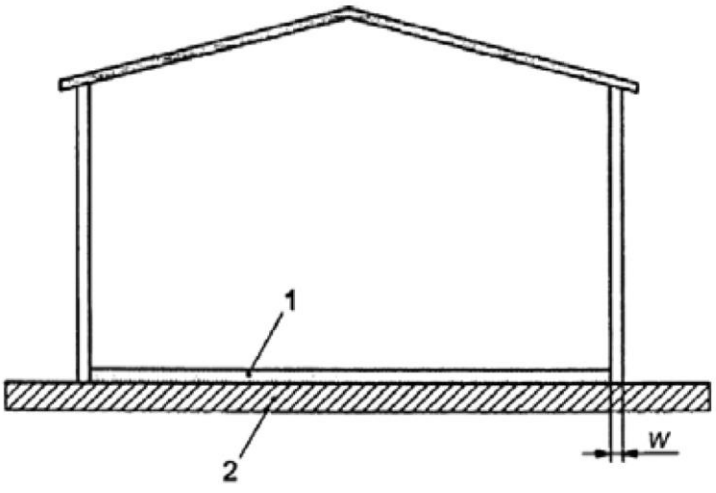
2.1.5 Обстеження підлоги

Підлога першого поверху межує з ґрунтом, не утеплена.

Конструкція підлоги:

– плитка керамічна;
– розчин ц/п;
– пісок;
– гідроізоляція;
– залізобетонна підготовка.

Під площею будівлі відсутній підвал. Фундамент будівлі залізобетонний монолітний



1 – шар підлоги; 2 – ґрунт; *w* – товщина зовнішніх стін

Рисунок 2.1 – Підлога по ґрунту

Периметр підлоги –950 м.

Площа підлоги: 11360 м^2.

Термічний опір підлоги R_f = 2,5 м^2.

Тип ґрунту: Пісок або гравій;

2.1.6 Зведені теплотехнічні показники огороджувальних конструкцій

Всі значення, використані та отримані під час розрахунків коефіцієнтів теплопередачі огороджувальних конструкцій, для наочності зведені у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі ОК

ОК	Шар	δ, м	$\lambda, \frac{Вт}{м \cdot °C}$	$R, \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$	$R_o, \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$	$K_o, \frac{Вт}{м^2 \cdot °}$	А, м^2			
							Пд	Зх	Пн	Сх
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЗС	Цегла	0,51	0,81	0,6296	0,8469	1,1808	4783,16	1195,37	4660,95	1322,8
	Штукатурка	0,035	0,81	0,0432						
	Плитка	0,02	1,28	0,0156						
B_1(дер.)					0,4	2,5	1550,22	59,6	1461,86	75,5
B_2(м/п)					0,52	1,9231	250,54	39,23	384,8	82,875
B_2(ал.)					0,34	2,9412	518,41	84,76	380,39	27,06
Дах над другим пов. “А”	Залізобетонні плити	0,22	2,04	0,1078	1,341	0,7457	5491,1			
	Пінобетон	0,12	0,4	0,3						
	Цементно-піщ. розч.	0,035	0,81	0,043						
	Скловолокно	0,015	0,046	0,326						
	Асфальтова стяжка	0,025	1,05	0,0238						
	Пов. прошар.	0,05	0,14	0,3571						
	Залізобетонні плити	0,05	2,04	0,0245						
Дах	Залізобетонні плити	0,22	2,04	0,1078	0,7026	1,4233	5869			
	Руберoїд	0,005	0,27	0,0185						
	Пінобетон	0,12	0,4	0,3						
	Асфальтова стяжка	0,025	1,05	0,0238						
	Руберoїд (4 слої)	0,015	0,27	0,0556						
	Гравій	0,005	0,13	0,0385						

Продовження Таблиці 2.1

Двері залізні	Сталь	0,004	58	0,0001	0,2986	3,3494	16,948	8,67	6,9	7
	Пов. прошар.	0,03		0,14						
	Сталь	0,004	58	0,0001						
Двері дерев.	Сосна				0,24	4,1667	13,125	20,67	22	2,3
Двері м/п					0,3	3,226	17,898	4	6,8	-

2.2 Визначення показників енергоефективності будівлі

Україна прагне до європейських стандартів у всіх сферах, і енергоефективність не є виключенням. Для цього створено відповідні нормативні документи. Після прийняття Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [4] є обов'язковою сертифікація будівель. Показником за яким оцінюється стан будівлі є її клас енергоефективності. Для його визначення енергоаудитор має володіти якісними технічними, економічними, організвційними, юридичними та іншими знаннями. Дізнатися клас енергоефективності можна провівши розрахунки відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [5], визначивши енергопотребу споруди та її енергоспоживання, враховуючи ефективність роботи інженерних систем.

2.2.1 Визначення енергоспоживання при опаленні

2.2.1.1 Сумарна теплопередачі трансмісією для режиму опалення

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr}, Вт·год, розраховують для кожного місяця за формулою (2.7):

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot \left(\Theta_{int,set,H} - \Theta_{\mathrm{e}}\right) \cdot t, \tag{2.7}$$

де

$\Theta_{int,set,H}$ – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період, °С, приймати за табл.16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

Θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С; приймати за табл. А2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 (додаток А) в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

$H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_u + H_A\,, \tag{2.8}$$

де

H_u=0 – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A=0 – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К;

H_D – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К:

$$H_D = b_{tr,x}\sum_{i=1}^{n} A_i U_i\,, \text{де } U_i = \frac{1}{R_{\sum np}},$$

під час розрахунків H_D поправочний коефіцієнт $b_{tr,x} = 1$; тоді:

$$H_D = A_{\text{ст.сх}}\frac{1}{R_{\text{ст.сх}}} + A_{\text{ст.пн}}\frac{1}{R_{\text{ст.пн}}} + A_{\text{ст.пд}}\frac{1}{R_{\text{ст.пд}}} + A_{\text{в}}\frac{1}{R_{\text{в}}} + A_{\text{дах}}\frac{1}{R_{\text{дах}}} + A_{\text{дв}}\frac{1}{R_{\text{дв}}}, \tag{2.9}$$

$$H_D = 1322{,}8\cdot\frac{1}{0{,}847} + 4660{,}95\cdot\frac{1}{0{,}847} + 4783{,}159\cdot\frac{1}{0{,}847} + 1195{,}37\frac{1}{0{,}847}$$

$$+ 1258{,}872\cdot\frac{1}{0{,}4} + 3252{,}125\frac{1}{0{,}65} + 404{,}248\frac{1}{0{,}34} +$$

$$+39{,}518\cdot\frac{1}{0{,}4} + 28{,}698\frac{1}{0{,}34} + 58{,}095\frac{1}{0{,}65} = 36183{,}15\ \frac{\text{Вт}}{\text{К}};$$

H_G – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К:

$$H_G = A\cdot U, \tag{2.10}$$

де

A – площа підлоги, $10250{,}36$ м^2;

U – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, Вт/(м²·К), визначається за формулою:

- якщо $d_t < B'$ (неізольована або посередньо ізольованою підлога):

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1\right), \quad (2.11а)$$

- якщо $d_t > B'$ (добре ізольована підлога):

$$U = \frac{\lambda}{0{,}457B' + d_t}, \quad (2.11б)$$

де

B' – характерний розмір підлоги, що дорівнює відношенню площі підлоги на половину периметра підлоги за формулою:

$$B' = \frac{A}{0{,}5 \cdot P}, \quad (2.12)$$

де

P – периметр підлоги за внутрішніми обмірами зовнішніх стін.

Тоді за формулою (6) характерний розмір підлоги:

$$B' = \frac{10250{,}36}{0{,}5 \cdot 950} = 25{,}7$$

d_t– еквівалентна товщина підлоги [м], яку розраховують за формулою:

$$d_t = w + \lambda \cdot \left(R_{si} + R_f + R_{se}\right), \quad (2.13)$$

де

w– загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, $w = 0{,}55$ м;

λ – теплопровідність ґрунту:

$\lambda = 2{,}0$ Вт/(м · К) - за табл.Б1 в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9] для типу ґрунту «пісок або гравій»;

R_{si}– тепловий внутрішній поверхневий опір,

$R_{si} = 0{,}17$ (м² · К)/Вт; за табл.Б2 в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9] (тепловий потік зверху вниз);

R_f – термічний опір підлоги заданої будівлі, включаючи всі шари,

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір,

$R_{se} = 0{,}043$ (м² · К)/Вт за табл.Б2 в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9].

Еквівалентна товщина підлоги за формулою (2.13):

$$d_t = 0{,}55 + 2{,}0 \cdot (0{,}17 + 2.5 + 0{,}043) = 5{,}976 \text{ м};$$

Отримали, що $d_t < B'$, тоді розрахунок коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту далі ведемо за формулою (2.11а)

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2{,}0}{3{,}14 \cdot 25{,}7 + 5.976} \cdot \ln\left(\frac{3{,}14 \cdot 25{,}7}{5.976} + 1\right)$$

$$= 0{,}1234 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

тоді стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту за формулою (2.10):

$$H_G = 10250{,}36 \cdot * 0{,}1234 + 0{,}88 * 797{,}7 = 1967{,}1176 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Підставимо отримані значення у формулу (2.8):

$$H_{tr,adj} = 38150{,}26 + 1967{,}1176 = 38{,}150 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Покажемо приклад розрахунку теплопередачі трансмісією за формулою (2.8) для січня місяця:

$$Q_{tr}^{I} = 38{,}150 \cdot (20 - (-4.7)) \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 701079{,}78 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Теплопередача трансмісією для інших місяців опалювального періоду розраховується аналогічно.

Розрахунки теплопередачі трансмісією помісячно зведені в таблицю 2.4.

2.2.1.2 Сумарна теплопередача вентиляцією для режиму опалення

Сумарну теплопередачу вентиляцією $Q_{ve,}$ Вт·год, розраховують для кожного місяця за формулою:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot \left(\Theta_{int,set,H} - \Theta_{\text{e}}\right) \cdot t, \qquad (2.14)$$

де

t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл.А1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

$H_{ve,adj}$– загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К, що розраховується наступним чином:

$$H_{ve,adj} = \rho_{\text{a}} \cdot \text{c}_{\text{a}} \, (\Sigma(b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}) \tag{2.15}$$

де

$\rho_{\text{a}} \cdot \text{c}_{\text{a}}$ – теплоємність повітря одиниці об’єму, за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9] дорівнює $0{,}33$ Вт $\cdot$ год/(м^3·К);

$b_{ve,k}$ - температурний поправочний коефіцієнт для к -ю елемента повітряного потоку зі значенням для даного розрахунку приймаємо $b_{ve,k} = 1$;

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря, м^3/год:

$$q_{ve,k,mn} = n_{inf} \cdot V, \tag{2.16}$$

де

n_{inf}– кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, в зонах де вона присутня, та часу роботи системи вентиляції.

$n_{inf} = 0{,}6$ год$^{-1}$ за дод.Х ДБН В.2.5-67:2013 “Опалення, водопровід і каналізація”

V – кондиціонований об’єм зони/будівлі;

$$q_{ve,inf} = 0{,}6 \cdot 172876{,}8 = 103726{,}08 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Тоді, підставлячи значення до формули (2.16), отримаємо:

$$H_{ve,adj} = 0{,}33 \cdot 1 \cdot 131578{,}5 = 43{,}421 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Покажемо приклад розрахунку теплопередачі вентиляцією за формулою (2.14) для січня місяця:

$$Q_{ve}^{I} = 43{,}421 \cdot (20 - (-4.7)) \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 797937{,}29 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Теплопередача вентиляцією для інших місяців опалювального періоду розраховується аналогічно. Розрахунки теплопередачі вентиляцією зведені в таблицю 2.4.

2.2.1.3 Сумарна теплопередача для режиму опалення

Сумарну теплопередачу для кожної зони будівлі та для кожного місяця, кВт·год, визначається за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}. \quad (2.17)$$

Покажемо розрахунок сумарної теплопередачі для січня місяця:

$$Q_{ht}^{I} = 701079{,}78 + 797937{,}29 = 1499017{,}07 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарна теплопередача для інших місяців знаходиться аналогічно. Для наочності зведемо розрахунок до таблиці 2.4.

2.2.1.4 Внутрішні теплонадходження для режиму опалення

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі, що розглядається, кВт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = \left(\sum_{k} \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

де

$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$ – освітлення та обладнання, Вт/м^2, обирається за таблицею 6 з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

A_f – опалювальна площа будівлі, $A_f = 46100{,}5 \text{м}^2$;

t – тривалість періоду використання, год/міс.

Для адміністративної будвлі:

- метаболічна теплота від людей $\Phi_{int,Oc}$=7 Вт/м^2,
- освітлення $\Phi_{int,L}$=7 Вт/м^2,
- обладнання $\Phi_{int,A}$=6 Вт/м^2.

Усереднений за часом тепловий потік, враховуючи графік використання 5 0 год/тиждень, для громадських будівель:

$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$=($\Phi_{int,Oc}$+ $\Phi_{int,L}$+ $\Phi_{int,A}$)·50/168=(7+7+6)·50/168=0,006 Вт/м^2.

Тривалість періоду використання визначають згідно графіку використання (год/тижд), за виключенням святкових днів (внутрішні надходження приймаються нульовими на період свят).

Тривалість місяцю, год/міс, для якого проводиться розрахунок, приймаємо за табл. А1 (додаток А) в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9].

Покажемо приклад розрахунку внутрішніх теплонадходжень для січня:

$$Q_{int} = 0.006 \cdot 46100{,}5 \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 204159{,}36 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунок внутрішніх теплових надходжень для всіх місяців зведено в таблицю 2.4.

2.2.1.5 Теплонадходження від сонця для режиму опалення

Теплонадходження від сонця до будівлі, що розглядається, для кожного місяця, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = \left(\sum_{k} \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \tag{2.19}$$

де

t – тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 (додаток А) в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

$\Phi_{sol,mn,k}$– усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт.

Сонячні теплонадходження через k-ий елемент будівлі, Вт:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \tag{2.20}$$

де

$F_{sh,ob,k}$– понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні;

$A_{sol,k}$– еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об’ємі, м^2, визначається окремо для світлопрозорих та непрозорих поверхонь;

$I_{sol,k}$– сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі *k*-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м^2, визначена за додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

$F_{r,k}$– коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:

$F_r = 1$ – для незатіненого горизонтального даху,

$F_r = 0{,}5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від *k*-го елемента будівлі, Вт.

Визначення понижувальних коефіцієнтів затінення

Кут затінення горизонту – 10 градусів;

Кут затіненння звисів – 10 градусів;

Кут затінення для ребер (орієнтація – ліворуч) – 10 градусів;

За відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,ob,k}$ необхідно розраховувати за формулою (враховуємо лише зовнішнє затінення, а засоби рухомого затінення не враховуємо):

$$F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}, \tag{2.21}$$

де

F_{hor} - частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за табл.12 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]);

F_{ov} - частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за табл.13 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]);

F_{fin} - частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за табл.14-1 та табл.14-2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]); якщо ребра з обох боків від вікна, то відповідні значення з таблиць перемножуються.

Для користування таблицями 12, 13, 14-1 та 14-2 потрібно попередньо визначити архітектурно-будівельний кліматичний район для міста, де розташована будівля.

- місто Київ – це I архітектурно-будівельний кліматичний район

- коефіцієнт затінення горизонту для поверхонь з орієнтацією (кут 10°)

- Пн: F_{hor} =0,99;

- С: F_{hor} =0,94;

- Пд: F_{hor} =0,96;

- З: F_{hor} =0,95

- коефіцієнт затінення для звисів для поверхонь з орієнтацією (кут 10°):

- Пн: F_{ov} =0,99

- С: F_{ov} =0,99;

- Пд: F_{ov} =1;

- З: F_{ov} =0,99.

- коефіцієнт затінення для ребер (розташування ребер – ліворуч) для поверхонь з орієнтацією (кут 10°):

- Пн: F_{fin} =1;

- С: F_{fin} =1;

- Пд: F_{fin} =1;

- З: F_{fin} =0,98.

Тоді, підставляючи в формулу (2.22), отримаємо наступні результати:

- Пн: $F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}$ =0,99·0,99·1=0,98;

- С: $F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}$ =0,94·0,99·1=0,93;

- Пд: $F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}$ =0,96·1·1=0,96;

- З: $F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}$ =0,95·0,99·0,98=0,92;

Визначення еквівалентної площі інсоляції вікон

Еквівалентна площа інсоляції заскленого елемента (вікна):

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \qquad (2.22)$$

де

$F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, у випадку їх відсутності приймаємо $F_{sh,gl} = 1$;

$F_F -$ частка площі обрамлення; за відсутності точних даних:

$-$ F_F=0,3 – для віконних та дверних блоків;

$-$ F_F=0,2 – для світлопрозорих фасадів будівлі,

приймаємо $F_F = 0{,}3$;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції засклоного елемента (наприклад, площа вікна), м^2;;

g_{gl}– загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

$$g_{gl} = F_w g_n, \tag{2.23}$$

де

F_w- поправочний коефіцієнт для нерозсіючого скління, приймають $F_w = 0{,}9$;

g_n - коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння, приймають за таблицею 8 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

Для варіанту (подвійне скління з селективним низькоемісійним покриттям) $g_n = 0{,}67$.

Тоді:

$$g_{gl} = 0{,}9 \cdot 0{,}67 = 0{,}603.$$

Тоді за формулою (2.21) еквівалентна площа інсоляції вікна та засклених вхідних дверей:

$$A_{sol}^{\text{вік.Пн}} = 1 \cdot 0{,}603 \cdot (1 - 0{,}3) \cdot 183.59/2 = 77.49 \text{ м}^2,$$

$$A_{sol}^{\text{вік.Пд}} = 1 \cdot 0{,}603 \cdot (1 - 0{,}3) \cdot \frac{185.43}{2} = 78.27 \text{ м}^2,$$

$$A_{sol}^{\text{дв.Пд}} = 1 \cdot 0{,}603 \cdot (1 - 0{,}3) \cdot 126.311 = 53.32 \text{ м}^2.$$

Визначення еквівалентної площі інсоляції непрозорих елементів

Еквівалентна площа інсоляції непрозорого елемента будівлі

$$A_{sol} = a_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \tag{2.24}$$

де

$a_{S,c}$– безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають за даними таблиці 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

- для стін $a_{S,c} = 0{,}7$ (цегла керамічна);

- для даху $a_{S,c} = 0{,}9$ (Руберойд з піщаною засипкою);

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м²·К/Вт, приймають $R_{se} = 0,043$ м² · К/Вт згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини (стіни, дах), Вт/(м²·К);

A_c – площа проекції непрозорої частини (стіни, дах), м².

Тоді, підставляючи значення до формули (2.24), отримаємо для стін і даху відповідно до орієнтації по сторонам світу.

- Стіни:

$$A_{sol}^{\text{Пд}} = 0,7 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{0.847} \cdot 4660.95 = 48.55 \text{ м}^2,$$

$$A_{sol}^{\text{Пн}} = 0,7 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{0.847} \cdot 4783.159 = 189,30,$$

$$A_{sol}^{\text{Сх}} = 0,7 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{0.857} \cdot 1322.8 = 194,26 \text{ м}^2.$$

- Дах:

$$A_{sol}^{\text{дах}} = 0,9 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{2.169} \cdot 11360.1 = 182.89 \text{ м}^2.$$

Сонячна радіація, $I_{sol,k}$, або значення енергетичної освітленості сприймаючої площі *k*-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена за додатком А (таблиця А4) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9] та зведена до таблиці 2.3.

Визначення додаткового потоку внаслідок теплового випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від *k*-го елемента будівлі $\Phi_{r,k}$ в загальному випадку визначається наступним чином, Вт:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \qquad (2.25)$$

де

U_c – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

A_c – площа проекції елемента, м²;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м²·К); який наближено можна визначити як

$h_r=5\cdot\varepsilon$,

де

$\varepsilon=0{,}7$ для стін і даху;

$\varepsilon=0{,}5$ для вікон та дверей;

$\Delta\theta_{er}$– середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er}=11\ K$ з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9].

Розрахуємо додаткового теплового потоку внаслідок теплового випромінювання в атмосферу за формулою (2.24):

- для світлопрозорих поверхонь (вікна, засклені вхідні двері):

$$\Phi_{r\,(\text{вікна})}^{\text{Пн}}=0{,}043\cdot\frac{1}{1.26}\cdot 4915.245/2\cdot 5\cdot 0{,}5\cdot 11=1659{,}10\ \text{Вт},$$

$$\Phi_{r\,(\text{вікна})}^{\text{Пд}}=0{,}043\cdot\frac{1}{1.26}\cdot 4915.245/2\cdot 5\cdot 0{,}5\cdot 11=1727{,}72\text{Вт},$$

$$\Phi_{r\,(\text{вх.двері})}^{\text{Сх}}=0{,}043\cdot\frac{1}{0.8386}\cdot 126.311\cdot 5\cdot 0{,}5\cdot 11=125.26\ \text{Вт},$$

- для непрозорих конструкцій (стіни, дах):

$$\Phi_{r}^{\text{Пн}}=0{,}043\cdot\frac{1}{0.847}\cdot 1322.8\cdot 5\cdot 0{,}7\cdot 11=9110{,}04\text{Вт},$$

$$\Phi_{r}^{\text{Пд}}=0{,}043\cdot\frac{1}{0.847}\cdot 4783.159\cdot 5\cdot 0{,}7\cdot 11=9348{,}90\text{Вт},$$

$$\Phi_{r}^{\text{Сх}}=0{,}043\cdot\frac{1}{0.847}\cdot 1195.37\cdot 5\cdot 0{,}7\cdot 11=2585{,}47\ \text{Вт},$$

$$\Phi_{r}^{\text{дах}}=0{,}043\cdot\frac{1}{2.0436}\cdot 11360.1\cdot 5\cdot 0{,}7\cdot 11=19855{,}88\ \text{Вт}.$$

Визначення сонячних теплонадходжень через елементи будівлі за рік

Визначимо сонячні теплонадходження через k-ий елемент будівлі за формулою (2.19), Вт (на прикладі січня):

$$\Phi_{sol,mn,k}=\ F_{sh,ob,k}A_{sol,k}I_{sol,k}-F_{r,k}\Phi_{r,k,}$$

- стіни:

$$\Phi_{sol,mn,\text{ст.Пн}}=\ 0{,}98\cdot 48.55\cdot 13-0{,}5\cdot 9110{,}04=-169{,}07\ \text{Вт}$$

$$\Phi_{sol,mn,\text{ст.Пд}} = 0{,}96 \cdot 139.37 \cdot 50 - 0{,}5 \cdot 9348{,}90 = 4650{,}17 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{sol,mn,\text{ст.Сх}} = 0{,}93 \cdot 38.54 \cdot 20 - 0{,}5 \cdot 1854.84 = -643{,}21 \text{ Вт}$$

- вікна:

$$\Phi_{sol,mn.\text{вік.Пн}} = 0{,}98 \cdot 77.49 \cdot 13 - 0{,}5 \cdot 1659{,}10 = 1882{,}13 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{sol,mn,\text{вік.Пд}} = 0{,}96 \cdot 78.27 \cdot 50 - 0{,}5 \cdot 1727{,}72 = 8460{,}76\text{Вт}$$

- вхідні засклені двері:

$$\Phi_{sol,mn,\text{дв.Сх}} = 0{,}93 \cdot 53.32 \cdot 20 - 0{,}5 \cdot 125.26 = 2496.53\text{Вт}$$

- дах:

$$\Phi_{sol,mn,\text{дах}} = 1 \cdot 953.56 \cdot 30 - 1 \cdot 19855.88 = -14003{,}39 \text{ Вт}$$

Значення $\Phi_{sol,mn,k}$ для кожного місяця зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Теплові надходження від сонця для режиму опалення

Місяць	$\Phi_{sol,mn,k}$, Вт							t, год	Q_{sol}, кВт·год
	Стіни			Вікна		Двері	Дах		
	Пн	Пд	Сх	Пн	Пд				
I	-169,07	4650,17	-643,21	1582,13	8460,76	2496,53	-14003,39	744	3321,76
II	544,59	8380,02	-93,61	3622,78	12190,60	3520,20	-9065,36	672	15953,88
III	1591,30	12109,86	455,98	5663,42	15920,45	4543,86	-1201,08	744	35037,24
IV	2495,28	12482,85	655,84	1582,13	16293,44	4646,23	7394,76	240	14613,87
X	639,75	9312,48	-343,43	2695,21	13123,07	3776,12	-6870,68	360	9663,69
XI	-359,38	2598,75	-743,14	1211,10	6409,34	1933,52	-14186,28	720	-1193,44
XII	-502,11	1852,78	-843,07	840,07	5663,37	1728,79	-15832,30	744	-4545,49
Разом									179527,72

Разом за січень через усі елементи огородження:

$$\left(\sum_{\text{k}} \Phi_{\text{sol,mn,k}}\right) = 179527{,}72 \text{ Вт}$$

Тоді за формулою (2.19) визначимо теплонадходження від сонця для січня місяця. кВт-год:

$$Q_{sol} = \left(\sum_{k} \Phi_{sol,mn,k}\right) \cdot t \cdot 10^{-3} = 4464{,}74 \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 3321{,}76\text{кВт} \cdot \text{год}$$

Далі розрахунок для інших місяців року відбувається аналогічно, покажемо результати в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень

Місяць	θe	t, год	I_{sol} , Пн Вт/м^2	I_{sol} , Пд Вт/м^2	I_{sol} , Сх Вт/м^2	I_{sol} , гор Вт/м^2	Q_{sol}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год
I	-4,7	744	13	50	21	32	3321,76	204159,36
II	-3,6	672	24	70	36	59	15953,88	184402,00
III	1	744	35	90	58	102	35037,24	204159,36
IV	9	240	39	92	77	149	14613,87	65857,86
X	8,1	360	19	75	38	71	9663,69	98786,79
XI	1,9	720	11	39	17	31	-1193,44	197573,57
XII	-2,5	744	9	35	14	22	-4545,49	204159,36

2.2.1.6 Сумарні теплонадходження

Сумарні теплові надходження, Вт·год, для кожної зони будівлі для кожного місяця визначимо за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}. \tag{2.26}$$

Зведемо розрахунок за формулою (2.26) в таблицю 2.4.

Розрахунок динамічних параметрів. Коефіцієнт використання надходжень для опалення

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, γ_H , та числового параметра α_H , який залежить від інерції будівлі.

Покажемо розрахунок цього коефіцієнту на прикладі січня місяця.

Знайдемо безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення:

$$\gamma_H = \frac{Q_{\text{H},gn}}{Q_{\text{H},ht}}, \tag{2.27}$$

$$\gamma_H^I = \frac{207481,12}{1499017,07} = 0,14.$$

Так як γ_H^I>0 та $\gamma_H^I \neq 1$ скористаємося наступною формулою (у разі інших співвідношень потрібно використати формули з розділу 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]):

$$\eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma_H^{\alpha_H}}{1-\gamma_H^{\alpha_{H+1}}}, \quad (2.28)$$

де

α_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі τ_H, визначений за формулою:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (2.29)$$

де

$\alpha_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, приймають рівним 1,0 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

$\tau_{H,0}$– довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

τ – часова константа зони будівлі, год:

$$\tau = \frac{c_m}{H_{tr,adj}+H_{ve,adj}+H_{ve,extra,adj}}, \quad (2.30)$$

де

$H_{tr,adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К, розраховане в п.2.2.1.1;

$H_{ve,adj}$- репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К, розраховане в п.2.2.1.4;

$H_{ve,extra,adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К, для режиму опалення приймають $H_{ve,extra,adj} = 0$;

c_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год/К:

$$c_m = C \cdot A_f, \quad (2.31)$$

де

С – внутрішня теплоємність будівлі, обирається за табл.15 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9], для розрахунку обираємо

С=80 Вт·год/(м^2·К);

A_f–кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м^2.

Тоді за формулою (2.31):

$$c_m = 80 \cdot 46100{,}5 = 3688040 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{К}}.$$

Тоді, підставляючи значення до формули (2.30), отримаємо:

$$\tau = \frac{3688040}{38{,}150 * 1000 + 43{,}421 * 1000} = 45{,}21 \text{ год},$$

Тоді безрозмірний числовий параметр за формулою (2.29):

$$\alpha_H = 1 + \frac{45{,}21}{15} = 4{,}014$$

Підставимо отримане значення у формулу (2.28):

$$\eta_{H,gn}^{I} = \frac{1 - 0{,}01^{3{,}14}}{1 - 0{,}01^{3{,}14+1}} = 1$$

Результати розрахунку безрозмірного коефіцієнту для кожного з місяців опалювального періоду наведені у таблиці 2.4.

2.2.1.7 Енергопотреба для опалення

Для визначення сумарної енергопотреби на опалення скористаємося формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{\text{H},ht} - \eta_{\text{H},gn} Q_{\text{H},gn}. \quad (2.32)$$

де

$Q_{\text{H},ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, кВт год, визначені в п.2.2.1.1;

$\eta_{\text{H},gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, визначений в п.2.2.1.6;

$Q_{\text{H},gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, кВт год, визначені в п.2.2.1.6.

Покажемо розрахунок на прикладі січня місяця:

$$Q_{H,nd}^{I} = 1499017{,}07 - 1 \cdot 207481{,}12 = 1291599{,}74 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати розрахунків енергопотреби на опалення зведені у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4— Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць	Q_{tr}, кВт·год	Q_{ve}, кВт·год	Q_{ht}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год	Q_{sol}, кВт·год	Q_{gn}, кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
I	1291599,74	797937,29	1499017,07	204159,36	3321,76	207481,12	0,14	1,00	21503186,24
II	1093392,50	688620,82	1293653,49	184402,00	15953,88	200355,88	0,15	1,00	18530078,33
III	914236, 88	613797,91	1153090,05	204159,36	35037,24	239196,60	0,21	1,00	16449417,34
IV	135852, 32	114631,19	215347,89	65857,86	14613,87	80471,73	0,37	0,99	3034266,71
X	241684, 76	186015,16	349450,89	98786,79	9663,69	108450,47	0,31	0,99	4962470,93
XI	866837, 44	565861,23	1063035,48	197573,57	-1193,44	196380,13	0,18	1,00	15215910,44
XII	1165963,26	726865,95	1365501,38	204159,36	-4545,49	199613,86	0,15	1,00	19585604,80
Разом									5709566,90

2.2.1.8 Енергоспоживання для опалення

Енергоспоживання визначається як енергопотреба плюс втрати теплоти при виробленні (генеруванні), акумулюванні, транспортуванні, регулюванні, розподіленні та тепловіддачі.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі визначаються помісячно за формулою, Вт·год:

$$Q_{H,em,ls,i} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1\right) . Q_{H,em,out} \quad (2.33)$$

де

$Q_{H,em,out,i} = Q_{H,nd,i}$ − енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт год, визначається в п. 2.2.1.5;

f_{hydr} - коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, визначається за таблицею 18 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9],

f_{im} - коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення, f_{im} = 1 для постійного теплового режиму;

f_{rad} - коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку використовується тільки для променевих систем опалення, тож f_{rad} = 1;

η_{em} - загальний рівень ефективності тепловіддавальної складової системи, визначається за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{[4-(\eta_{str}+\eta_{ctr}+\eta_{emb})]} \quad (2.34)$$

де

η_{ctr} – складова, яка враховує регулювання температури в приміщенні, визначається за табл. 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9],

- в прикладі розрахунку η_{ctr} = 0,88 для регулювання за усередненої температури повітря приміщень;

η_{emb} – складова, яка враховує питомі втрати зовнішніх огороджень, використовується для вбудованих систем опалення, тож

- η_{emb} = 1;

η_{str} – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні, визначається, як середнє значення "температурного напору" та "питомих тепловтрат зовнішніх огороджувальних конструкцій" за формулою:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str1}}{2} = \frac{0{,}93 + 0{,}83}{2} = 0{,}88.$$

де

η_{str1}, η_{str2} – обираються за табл. 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9],

- для прикладу розрахунку обираємо η_{str1} = 0,93 для температурного напору 42,5 К та, враховуючи, що прилади опалення встановлені під вікнами без радіаційного захисту η_{str2} = 0,83.

Підставимо значення у формулу (2.34):

$$\eta_{em} = \frac{1}{[4 - (0{,}88 + 0{,}88 + 1)]} = 0{,}778$$

Визначимо загальні тепловтрати підсистеми для січня за формулою (2.33):

$$Q_{H,em,ls,i} = \left(\frac{1{,}03 \cdot 1 \cdot 1}{0{,}778} - 1\right). 1291599{,}74 = 418358{,}79 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Енергію входу для підсистеми тепловіддачі розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,ln,i} = Q_{H,em,out} - k \cdot W_{H,em,aux,i} - Q_{H,em,is,rvd,i} + Q_{H,em,is,nrvd,i} \quad (2.35)$$

де

k – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж і-го місяця, показує, що частину додаткової енергії можна утилізуватибезпосередньо в підсистемі тепловіддачі як теплоту;

$W_{H,em,aux,i}$ – додаткова енергія впродовж і-го місяця, Вт·год, розраховується за наявності додаткових джерел енергії, для розглянутого випадку $W_{H,em,aux,i}$ = 0;

$Q_{H,em,ls,nrvd,i}$ – неутилізовані тепловтрати для підсистеми тепловіддачі впродовж i-го місяця, Вт·год, приймають $Q_{H,em,ls,nrvd,i} = Q_{H,em,ls,i}$;

$Q_{H,em,ls,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж i-го місяця, Вт·год, приймають $Q_{H,em,ls,rvd,i}$ = 0.

Визначимо енергію входу для підсистеми тепловіддачі для січня місяця, підставивши значення у формулу (2.35):

$$Q_{H,em,ln,i} = 1291599{,}74 + 418358{,}79 = 1709958{,}53 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми тепловіддачі для кожного місяця опалювального періоду зведено в таблицю 2.5.

Енергоспоживання підсистеми генерування при опаленні

Загальні тепловтрати підсистеми генерування (виробництва) теплоти визначаються помісячно за формулою, Вт·год:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i}\left(1 - \eta_{H,gen}\right)/\eta_{H,gen} \quad (2.36)$$

де

$Q_{H,gen,out,i}$ – енергія виходу з підсистем генерування упродовж i-го місяця, Вт·год,

- $Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,em,in,i}$;

$\eta_{H,gen}$ – ефективність підсистеми генерування теплоти, визначається за табл.27 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

- для розглянутої будівлі , $\eta_{H,gen}$ = 0,7.

Визначимо тепловтрати підсистеми генерування для січня за формулою (2.36):

$$Q_{H,gen,ls,i} = 1709958{,}53 \cdot (1 - 0{,}9) / 0{,}9 = 189995{,}39 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Енергоспоживання на потреби опалення визначається за формулою:

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i} \quad (2.37)$$

Визначимо енергоспоживання, підставивши значення у формулу (2.37):

$$Q_{H,use,i} = 1709958{,}53 + 189995{,}39 = 1899953{,}92 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати розрахунку енергоспоживання підсистемами зведені до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5—Енергоспоживання для режиму опалення

Місяць	$QH,em,ou,$ кВт·год	$QH,em,ls,$ кВт·год	$Q\ H,em,in =$ $Q\ H,dis,out,$ кВт·год	$QH,dis,in=$ $QH,gen,ou,$ кВт·год	$QH,gen,ls,$ кВт·год	$QH,use,$ кВт·год
I	1291599,74	418358,79	1709958,53	1709958,53	189995,39	1899953,92
II	1093392,50	354157,98	1447550,48	1447550,48	160838,94	1608389,42
III	914236,88	296128,14	1210365,02	1210365,02	134485,00	1344850,02
IV	135852,32	44003,58	179855,90	179855,90	19983,99	199839,89
X	241684,76	78283,50	319968,26	319968,26	35552,03	355520,29
XI	866837,44	280775,11	1147612,55	1147612,55	127512,51	1275125,05
XII	1165963,26	377664,19	1543627,45	1543627,45	171514,16	1715141,61
Разом						8398820,21

2.2.2 Визначення енергоспоживання при охолодженні

2.2.2.1 Визначення сумарної теплопередачі трансмісією для режиму опалення

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr}, Вт·год, для охолодження розраховують для кожного місяця за формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot \left(\Theta_{int,set,\text{C}} - \Theta_{\text{e}}\right) \cdot t, \quad (2.38)$$

де

$\Theta_{int,set,\text{C}}$ – задана внутрішня температура в будівлі в період охолодження, °С, приймати за табл.16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

Θ_e– середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С; приймати за табл. А2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

t – тривалість періоду охолодження год/місяць, коли температура зовнішнього повітря більше 21 °С, приймати за табл. А6 (додаток А) в ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9];

Покажемо приклад розрахунку теплопередачі трансмісією за формулою (2.38) для червня:

$$Q_{tr}^{VI} = 38{,}150 \cdot (24 - (18{,}3)) \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 13035{,}95 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Теплопередача трансмісією для інших місяців опалювального періоду розраховується аналогічно.

Розрахунки теплопередачі трансмісією помісячно зведені в таблицю 2.8.

2.2.2.2 Визначення сумарної теплопередачі вентиляцією для режиму охолодження

Сумарну теплопередачу вентиляцією $Q_{ve,}$ Вт·год, розраховують для кожного місяця за формулою:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot \left(\Theta_{int,set,\text{C}} - \Theta_e\right) \cdot t, \qquad (2.39)$$

Покажемо приклад розрахунку теплопередачі вентиляцією за формулою (2.15) для червня:

$$Q_{ve}^{VI} = 57{,}05 \cdot (24 - (18{,}3)) \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 19493{,}76 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Теплопередача вентиляцією для інших місяців періоду охолодження розраховується аналогічно. Результати зведені в таблицю 2.8.

2.2.2.3 Визначення сумарної теплопередачі для режиму охолодження

Сумарну теплопередача для режиму охолодження визначається так само, як і для режиму опалення (п. 2.2.1.3).

Покажемо розрахунок сумарної теплопередачі для червня:

$$Q_{ht}^{VI} = 13035{,}95 + 19493{,}76 = 32529{,}71 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарна теплопередача для інших місяців знаходиться аналогічно. Для наочності зведемо розрахунок до таблиці 2.8.

2.2.2.4 Внутрішні теплонадходження для режиму охолодження

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел для періоду охолодження визначаються так само, як і для періоду опалення (п. 2.2.1.4).

Покажемо приклад розрахунку внутрішніх теплонадходжень для червня:

$$Q_{int} = 0{,}006 \cdot 137 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 55155{,}96 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунки зведено в таблицю 2.8.

2.2.2.5 Теплонадходження від сонця для режиму охолодження

Теплонадходження від сонця для періоду охолодження визначаються так само як для періоду опалення (п. 2.2.1.5). Відрізнятимуться лише значення понижувальних коефіцієнтів затінення F_{sh} (табл.12 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]). Сонячна радіація, $I_{sol,k}$, приймається за таблицею 2.3.

Тоді за формулою (2.19) визначимо теплонадходження від сонця для червня, кВт-год:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t \cdot 10^{-3} = 4{,}85 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 975{,}04 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Далі розрахунок для інших місяців року відбувається аналогічно, покажемо результати в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6—Теплові надходження від сонця для режиму охолодження

Місяць	$\Phi_{sol,mn,k}$, Вт							t, год	Q_{sol}, кВт·год
	Стіни			Вікна		Двері	Дах		
	Пн	Пд	Сх	Пн	Пд				
VI	4005,14	13228,82	2270,78	11346,20	17039,41	4850,96	21843,09	210	975,04
VII	3865,32	13601,80	1951,66	10255,83	17412,39	4953,33	20379,97	279	1486,00
VIII	3166,22	15093,74	834,74	6439,55	18904,33	5362,80	13978,81	251	1281,71
Разом									3742,75

2.2.2.6 Сумарні теплонадходження для режиму охолодження

Сумарні теплові надходження, кВт·год, для кожної зони будівлі для кожного місяця визначимо за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}. \tag{2.25}$$

Зведемо розрахунок за формулою (2.26) в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень

Місяць	θ_e	t, год	I_{sol} , Пн Вт/м^2	I_{sol} , Пд Вт/м^2	I_{sol} , Сх Вт/м^2	I_{sol} , гор Вт/м^2	Q_{sol}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год
VI	22,3	201	22,3	201	67	96	111	228
VII	23,05	300	23,05	300	61	98	108	220
VIII	22,78	239	22,78	239	40	106	93	185

Коефіцієнт використання надходжень для охолодження

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для охолодження $\eta_{\tilde{N},ls}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, $\gamma_{\tilde{N}}$, та числового параметра $\alpha_{\tilde{N}}$, який залежить від інерції будівлі.

Покажемо розрахунок цього коефіцієнту на прикладі червня.

Знайдемо безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення:

$$\gamma_{\mathrm{C}} = \frac{Q_{\mathrm{C},gn}}{Q_{\mathrm{C},ht}}, \tag{2.40}$$

$$\gamma_{\text{C}}^{VI} = \frac{56131{,}00}{32529{,}71} = 1{,}73.$$

Так як γ_H^I>0 та $\gamma_H^I \neq 1$ скористаємося наступною формулою (у разі інших співвідношень потрібно використати формули з розділу 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [9]):

$$\eta_{\text{C},gn} = \frac{1-\gamma_{\text{C}}^{-\alpha_{\text{C}}}}{1-\gamma_{\text{C}}^{-(\alpha_{\text{C}}+1)}}, \quad (2.41)$$

Результати розрахунку безрозмірного коефіцієнту для кожного з місяців періоду охолодження наведені у таблиці 2.8.

2.2.2.7 Енергопотреба для охолодження

Для визначення сумарної енергопотреби на опалення скористаємося формулою:

$$Q_{\text{C},nd} = Q_{\text{C},ht} - \eta_{\text{C},gn} Q_{\text{C},gn}. \quad (2.42)$$

де

$Q_{\text{C},ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, кВт год, визначені в п. 2.2.1.3;

$\eta_{\text{C},gn}$ – бе2зрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження, визначений в п. 2.2.3.3;

$Q_{\text{C},gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, кВт год, визначені в п. 2.2.3.3.

Покажемо розрахунок на прикладі червня:

$$Q_{C,nd}^{VI} = 56131{,}00 - 0{,}93 * 32529{,}71 = 25711{,}84 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати розрахунків енергопотреби на опалення зведені у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Енергопотреба на охолодження

Місяць	Q_{tr}, кВт·год	Q_{ve}, кВт·год	Q_{ht}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год	Q_{sol}, кВт·год	Q_{gn}, кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{\text{C},nd}$, кВт·год
VI	13035,95	19493,76	32529,71	55155,96	975,04	56131,00	1,73	0,9351	25711,84
VII	10872,83	16259,06	27131,89	82322,32	1486,00	83808,32	3,09	0,9880	57000,96
VIII	11123,85	16634,45	27758,30	65583,45	1281,71	66865,16	2,41	0,9745	39815,38

2.2.2.8 Енергоспоживання для охолодження

Енергоспоживання визначається як енергопотреба плюс втрати теплоти при виробленні (генеруванні), акумулюванні, транспортуванні, регулюванні, розподіленні та тепловіддачі.

Енергоспоживання підсистеми розподілення при охолодженні

Втрати теплоти підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_{C,dis,ls,i} = Q_{C,nd} \cdot \Big(\big(1 - \eta_{C,ce}\big) + \big(1 - \eta_{C,ce,cens}\big) + \big(1 - \eta_{C,d}\big)\Big) \quad (2.43)$$

Покажемо приклад розрахунку за формулою (2.44) для червня:

$$Q_{C,dis,ls,i} = 25711{,}84\big((1-1) + (1-0{,}87) + (1-0{,}9)\big) = 5913{,}72 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Енергія входу для підсистеми розподілення визначається за формулою, кВт·год:

$$Q_{C,dis,in,i} = Q_{C,nd} + Q_{C,dis,ls,i} \quad (2.44)$$

Підставимо значення у формулу (2.44) значення для червня:

$$Q_{C,dis,in,i} = 25711{,}84 + 5913{,}72 = 31625{,}56 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Енергоспоживання у підсистемі генерування охолодженні

Енергія виходу для підсистеми генерування (виробництва) визначається за формулою, кВт·год:

$$Q_{C,gen,out,i} = Q_{C,dis,in}/\eta_{C,ac} \quad (2.45)$$

Покажемо розрахунок за формулою для червня місяця:

$$Q_{C,gen,out,i} = 31625{,}56/0{,}93 = 34005{,}98 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо загальні тепловтрати підсистеми генерування (виробництва), кВт·год, за формулою:

$$Q_{C,gen,is} = Q_{C,gen,out} \cdot \big(1 - \eta_{C,gen}\big)/\eta_{C,gen} \quad (2.46)$$

Розрахуємо загальні тепловтрати підсистеми генерування для червня:

$$Q_{C,gen,is} = 34005{,}98(1 - 2{,}24)/2{,}24 = -19836{,}82 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Енергоспоживання для охолодження визначається за формулою:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,is} \quad (2.47)$$

Визначимо енергоспоживання для червня за формулою (2.47):

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,is} = 34005{,}98 - 19836{,}82 = 14169{,}16 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунок енергоспоживання для періоду охолодження наведено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Енергоспоживання при охолодженні

Місяць	$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out}$, кВт·год	$Q_{C,dis,is}$, кВт·год	$Q_{C,dis,in}$, кВт·год	$Q_{C,gen,out}$, кВт·год	$Q_{C,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{C,use}$, кВт·год
VI	25711,84	5913,72	31625,56	34005,98	-19836,82	14169,16
VII	57000,96	13110,22	70111,19	75388,37	-43976,55	31411,82
VIII	39815,38	9157,54	48972,92	52659,05	-30717,78	21941,27
Разом						67522,25

2.2.4 Визначення класу енергоефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається за даними, наведеними у таблиці 1 Наказу №261 [6], в залежності від показника Δ_{EP}, який є відсотковою різницею між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, EP_{use}, кВт·год/м^2, [кВт·год/м^3] та граничним питомим енергоспоживання при опаленні та охолодженні, $EP_р$, кВт·год/м^2, [кВт·год/м^3].

Показник Δ_{EP} визначається за формулою, %:

$$\Delta_{EP} = (EP_{use} - EP_р)/ EP_р \cdot 100, \% \quad (2.48)$$

де EP_{use} – загальне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м^2, [кВт·год/м^3]:

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use}, \quad (2.49)$$

де $EP_{H,use}$, $EP_{C,use}$ – питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні відповідно, кВт·год/м^2, [кВт·год/м^3].

Для розглянутої будівлі:

– $EP_{H,use}$ = 8398820,21/ 187969,3 = 48,58269131кВт·год/м^3 (розділ 2.2.1.8);

– $EP_{C,use}$ = 67522,25/ 187969,3 = 0,390580171кВт·год/м^3 (розділ 2.2.2.8).

Підставимо значення у формулу (2.49):

EP_{use} = 48,58269131+ 0,39058017= 48,97 кВт·год/м^3.

EP_p – граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні; Відповідно до Додатку до Наказу №260 [5] для громадської будівлі, розміщеної у І температурній зоні України становить, кВт·год/м^3:

$EP_p = 38\Lambda_{bci} + 15$,

де Λ_{bci} – коефіцієнт компактності будівлі, м-1 [8], визначається за формулою:

$$\Lambda_{bci} = A_\Sigma / V, \quad (2.50)$$

де A_Σ – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій, враховує покриття верхнього поверху і перекриття нижнього, м^2;

V – опалюваний об'єм будівлі, визначається як об’єм обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огороджувальних конструкцій, м^3.

Підставимо значення у формулу (2.50):

$\Lambda_{bci} = 28363,935/ 187969,3 = 0,150896636$ м$^{-1}$.

Тож граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні розглянутої будівлі становить $EP_p = 30$ кВт·год/м^3.

Розрахуємо показник Δ_{EP}, підставивши значення у формулу (2.49):

$$\Delta_{EP} = [(48,97 - 30) / 30] \cdot 100 = 63,23\%.$$

За допомогою таблиці 1 Наказу №261 [6] визначимо класу енергоефективності даної будівлі. Отримане значення відповідає класу енергоефективності G.

2.3 Тепловізійне обстеження

Тепловізійне обстеження будівлі проводилося в той самий час, що і збір даних для температурної карти. Для зняття термограм використовувався професійний тепловізор Fluke Ti100 [8]. Це універсальний прилад для безконтактного вимірювання температури в діапазоні від -20°C до +250°C та візуалізації її розподілу на поверхні об’єкта. Спектральний діапазон вимірювання даного приладу 7,5-14 мкм. Похибка вимірювання температури ±2%. Особливістю

роботи Fluke Ti100 є автоматичне фокусування, що забезпечує високу чіткість зображень.

В ході дослідження було знято та проаналізовано термограми північного та південного фасадів будівлі (рис. 2.2, 2.3) з метою виявлення ділянок огороджувальних конструкцій з підвищеними тепловтратами.

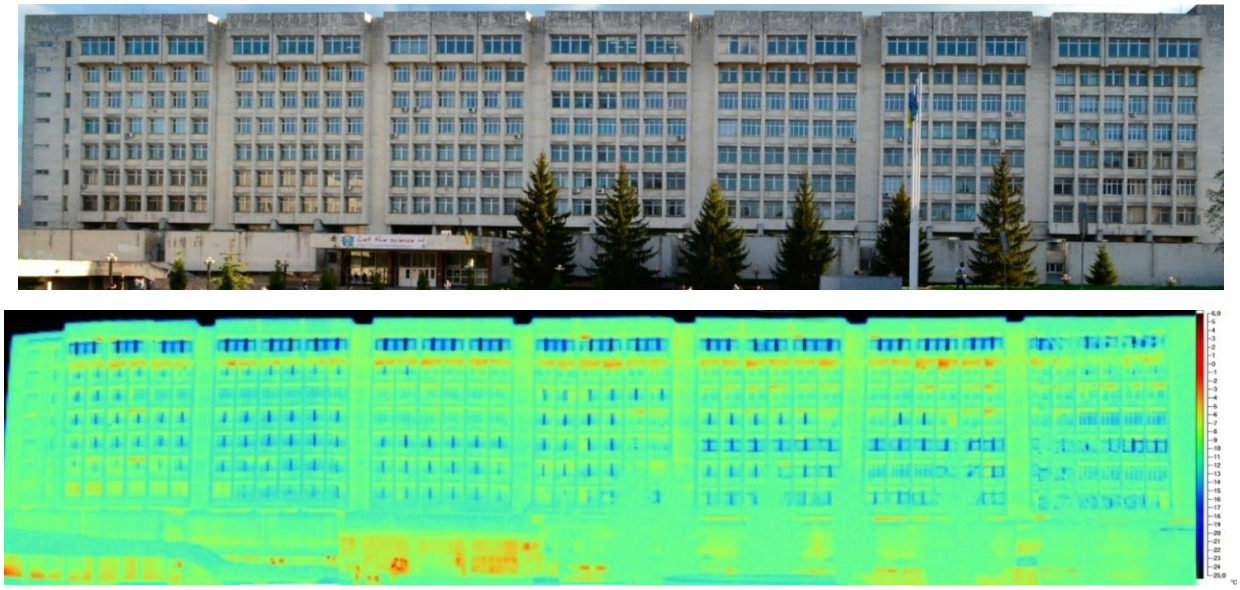


Рисунок 2.2 – Термограма північної сторони будівлі

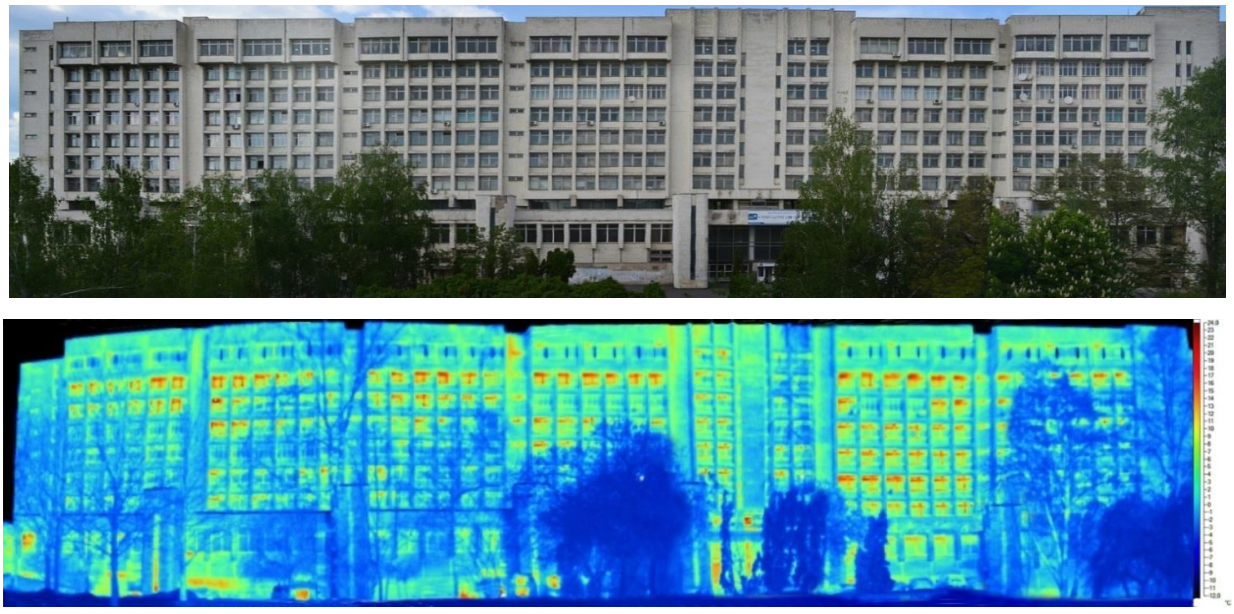


Рисунок 2.3– Термограма південної сторони будівлі

Для візуалізації температурного поля об’єкта праворуч від термограм розташована палітра кольорів. Порівнюючи колір в певних точках теплового зображення з кольором розташованої праворуч температурної шкали, можна легко, з порівняно високою точністю, визначити температуру досліджуваного об’єкта в цій

точці [9]. На рис. 1.10 та 1.11 видно, що термограма північної сторони будівлі має температурну шкалу -25°С÷6°С, в той час термограма південної сторони має температурну шкалу -12°С÷24°С. Така різниця температур свідчить про значний вплив сонячної радіації на температуру поверхні будівлі. Тобто, частина фасаду, яка орієнтована на південну сторону світу (рис. 2.3) нагрілася та має значно вищу температуру ніж та частина, що орієнтована на північну сторону світу (рис. 2.2).

Необхідно також зазначити, що на вищих поверхах температура поверхонь огороджувальних конструкцій вища. Така тенденція прослідковується через те, що система опалення будівлі з верхньою розводкою.

Висновки до розділу

В результаті проведення обстеження та розрахунків було визначено основні енергетичні параметри будівлі і, як наслідок, встановлено клас енергоефективності. Отриманий клас G є найгіршим з можливих результатів. Для покращення енергетичних показників рекомендовано провести заходи з підвищення енергетичної результативності будівлі. Під час розробки проєкту з модернізації будівлі рекомендовано в розрахунках спиратися на вимоги до опору теплопередачі огороджень з проекту ДБН «Теплова ізоляція будівель», які є більш жорсткими ніж діючі норми, але допоможуть забезпечити відповідність новим стандартам в майбутньому.

3 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ БУДІВЛІ

3.1 Підвищення теплового захисту 7 корпусу КПІ ім. Ігоря Сікорського

3.1.1 Утеплення зовнішніх стін

Для того щоб забезпечити мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни застосуємо додатковий шар теплової ізоляції. Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 [10] Ro має дорівнювати 4 (м2·°С)/Вт. В якості утеплювача використовуватимемо мінеральну вату Isover SkatnayaKrovlya з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,037$ Вт/м·°С [2].

Визначимо необхідну товщину утеплювача та зведемо дані у таблицю 3.1

Опір теплопровідності стіни корпусу:

$$R_1=R_ц+R_ш+R_п = 0,6296+0,0432+0,0156=0,6884 \text{ (м2·°С)/Вт.}$$

Необхідний опір утеплювача:

$$R_{ут}=R_0-R_1 = 4-0,6884=3,116 \text{ (м2·°С)/Вт.}$$

Отже потрібен шар мінеральної вати товщиною:

$$\delta = \lambda \cdot R \quad (3.1)$$

$$\delta = 0,037 \cdot 3,3116 = 0,1225 \text{ м.}$$

Стандартне значення, що нас задовольняє – 0,125 м.

Таблиця 3.1 – Розрахунок товщини утеплювача

Огород-ження	Шар	δ, м	λ, Вт/(м·°С)	R, (м2·°С)/Вт	αвн., Вт/(м2·°С)	αз., Вт/(м2·°С)	Ro, (м2·°С)/Вт
ЗС	Цегла	0,51	0,81	0,6296	8,7	23	4
	Штукатурка	0,035	0,81	0,0432			
	Плитка	0,02	1,28	0,0156			
	Утеплювач	0,125	0,037	3,3116			

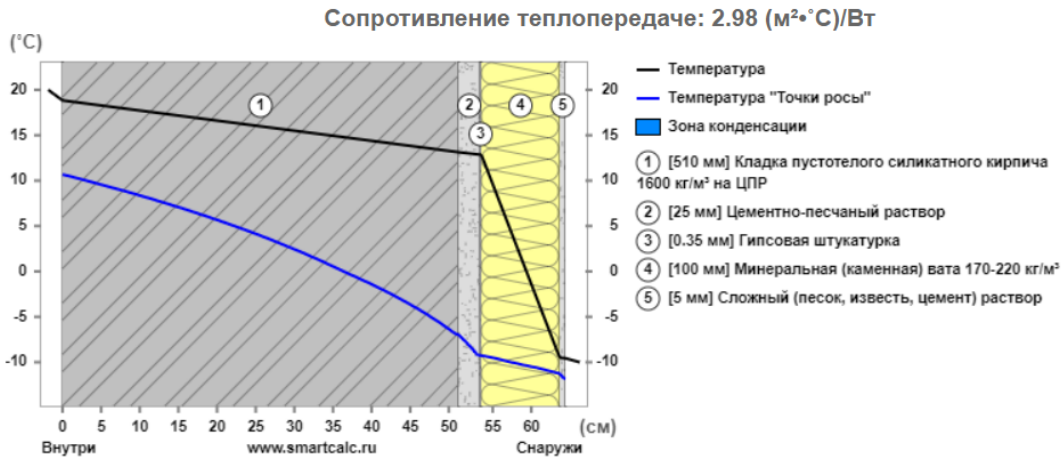


Рисунок 3.1 – Схема стіни

Опір теплопровідності після утеплення шаром мінеральної вати товщиною 15 мм дорівнює 4,9 (м2·°С)/Вт.

Знайдемо енергоспоживання з новими опорами як в п 2.2.1.2 та п. .2.2.2.2. Воно дорівнює 7120116,54 кВт·год = 6147,9 Гкал.

Розрахуємо економію теплоти при утепленні:

$$\Delta Q = Q_{\text{use1}} - Q_{\text{use2}} \tag{3.2}$$

$$\Delta Q = 7279,74 - 6147,9 = 1157,49 \text{ Гкал}$$

Економію у грошовому еквіваленті знайдемо за формулою, грн:

$$\Delta E = \Delta Q \cdot B, \tag{3.3}$$

де B – тариф на теплову енергію для бюджетних закладів станом на 01.11.202115 $B = 2450,02 \text{грн}/\text{Гкал}$;

$$\Delta E = 1157,49 \cdot 2050,02 = 2835862 \text{ грн.}$$

Розрахуємо простий термін окупності заходу за формулою, роки:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K}{\Delta E}, \tag{3.4}$$

де K – капіталовкладення:

$$K = F \cdot \text{Ц}, \tag{3.5}$$

де F – площа зовнішніх стін, $F = 11969,48$ м^2;

Ц – вартість утеплення разом з монтажем та всім додатковим обладнанням,

$\text{Ц} = 1700 \text{грн}/\text{м}^2$;

$$K = 11969,48 \cdot 1700 = 20348116 \text{ грн.}$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{20348116}{2835862} = 7,18 \text{ років.}$$

Даний невеликий термін окупності говорить про те, що проводити утеплення зовнішніх стін доцільно.

3.1.2 Утеплення даху

Планується утеплити два різні дах – над 8-м і над 2-м поверхом. Площа першого даху $F_{д1} = 5491,1 \text{ м}^2$, другого – $F_{д2} = 5869 \text{ м}^2$.

В якості утеплювача даху будівлі використовуватимемо мінеральну вату з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,037 \text{ Вт/м} \cdot °C$. Також, врахуємо необхідність гідроізоляції даху та застосуємо п’ять шарів руберойду, товщиною 3 мм кожний.

Визначимо необхідну товщину утеплювача та зведемо дані у таблицю 3.2

Існуючий опір теплопровідності даху над 2-м поверхом:

$R_{д1}$ = 0,1078+0,3+0,043+0,326+0,0238+0,3571+0,0245+0,0556=

=1,2378 (м2·°С)/Вт,

$R_{д2}$ = 0,1078+0,0185+0,3+0,0238+0,0556+0,0385+0,0556= 0,5998 (м2·°С)/Вт.

Необхідний опір утеплювача:

$R_{ут1}=R_0-R_{д1}$ = 6-1,2378=4,7622 (м2·°С)/Вт,

$R_{ут2}=R_0-R_{д2}$ = 6-0,5998 =5,4(м2·°С)/Вт.

За формулою (3.1) знайдемо необхідну товщину шару мінеральної вати для обох дахів:

$$\delta_1 = 0,037 \cdot 4,7622 = 0,176 \text{ м.}$$

$$\delta_2 = 0,037 \cdot 5,4 = 0,2 \text{ м.}$$

Стандартне значення товщини утеплювача в обох випадках дорівнює 0,2 м.

Таблиця 3.2 – Розрахунок товщини утеплювача дахів

Огород-ження	Шар	δ, м	λ, Вт/(м·°С)	R, (м²·°С)/Вт	$\alpha_{вн.}$, Вт/(м²·°С)	$\alpha_{з.}$, Вт/(м²·°С)	$R_о$, (м²·°С)/Вт
Дах над другим пов. “А”	Залізобетонні плити	0,22	2,04	0,1078	8,7	23	6
	Пінобетон	0,12	0,4	0,3			
	Цементно-піщ. розч.	0,035	0,81	0,043			
	Скловолокно	0,015	0,046	0,326			
	Асфальтова стяжка	0,025	1,05	0,0238			
	Пов. прошар.	0,05	0,14	0,3571			
	Залізобетонні плити	0,05	2,04	0,0245			
	Утеплювач	0,2	0,037	4,7622			
	Рубероїд (5 шарів)	0,015	0,27	0,0556			
Дах	Залізобетонні плити	0,22	2,04	0,1078			
	Рубероїд	0,005	0,27	0,0185			
	Пінобетон	0,12	0,4	0,3			
	Асфальтова стяжка	0,025	1,05	0,0238			
	Рубероїд (5 шарів)	0,015	0,27	0,0556			
	Гравій	0,005	0,13	0,0385			
	Утеплювач	02	0,037	5,4			
	Рубероїд (5 шарів)	0,015	0,27	0,0556			

Енергоспоживання корпусу після впровадження заходу становить 7133167,62 кВт·год.

Розрахуємо економію теплоти:

$$\Delta Q = Q_{use1} - Q_{use2} = 8466342,46 - 7133167,54 = 1333174,84 \text{ кВт·год}$$

$$= 1146 \text{ Гкал}$$

Економію у грошовому еквіваленті знайдемо за формулою (3.3):

$$\Delta E = 1146 \cdot 2450,02 = 2808369 \text{ грн.}$$

K – капіталовкладення:

$$K = F \cdot Ц,$$

де F – сумарна площа даху, $F = 11360,1 \text{ м}^2$;

Ц – ціна утеплювача разом з фасадними матеріалами для утеплення мінеральною ватою, монтажем та додатковим обладнанням $Ц = 1300 \text{ грн}/\text{м}^2$;

$$K = 11360,1 \cdot 1300 = 14768130 \text{ грн.}$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{14798130}{2808369} = 5,26 \text{ років.}$$

3.1.3 Заміна світлопрозорих конструкцій

В рамках реалізації заходу, замінимо, в блоці А1 корпусу №7 та учбово-лабораторному приміщенні, всі старі вікна (дерев'яні та залізні) і металопластикові вікна, оскільки вони не є енергоефективними і мають поганий опір теплопередачі. Пропонується встановити нові двокамерні енергозберігаючі металопластикові вікна фірми "Steko", що мають склопакет 4i - 10Kr - 4M - 10Kr - 4i, прошарки 10 мм заповнені креоном, опір склопакету дорівнює R=1,35 (м^2·°С)/Вт. Але необхідно зважати. Що більше 30% площі такого вікна становить обрамлення – ПВХ 5-и камерний профіль і дистанційні рамки. Отже опір вікна буде R=1,04 (м^2·°С)/Вт.

Після впровадження заходу, енергоспоживання корпусу знизиться до 7890934,70 кВт·год.

Знайдемо економію в натуральній формі:

$$\Delta Q = Q_{\text{use1}} - Q_{\text{use2}} = 8466342,46 - 7890934,70 = 575407,76 \text{ кВт·год}$$

$$= 494,74 \text{ Гкал}$$

Економія в грошовому еквіваленті знаходиться за формулою (3.3) і становить:

$$\Delta E = 494,74 \cdot 2450,02 = 2808369 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення:

$$K = F \cdot \text{Ц},$$

де F – сумарна площа вікон, $F = 4915,25$ м^2;

Ц – ціна вікон разом з монтажними роботами та додатковими затратами $\text{Ц} = 3050 \text{грн}/\text{м}^2$;

$$K = 4915,25 \cdot 3050 = 14991513 \text{ грн.}$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{14991513}{1212112} = 12,37 \text{ років.}$$

Термін окупності є досить великим, але даний захід є необхідним для покращення рівня енергоефективності і створення комфортних умов в приміщенні.

3.1.4 Балансування системи опалення

Для нормального та сталого функціонування системи опалення будівлі загальна кількість теплоносія повинна розподілятися по паралельних циркуляційних контурах таким чином, щоб втрати тиску в контурах були рівні між собою. Таким чином, для розподілу теплоносія відповідно до теплових навантажень циркуляційних контурів системи опалення, необхідно виконати гідравлічне балансування за рахунок забезпечення однакових втрат тиску в контурах.

Річна кількість теплоти на опалення:

$$Q_{use} = 8466342,46 \ \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Змінюємо коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи $f_{hydr} = 1,3$ (система не налагоджена) на $f_{hydr} = 1$ (наявні автоматичні регулятори перепаду тиску) і проводимо розрахунки енергоспоживання, як в п.2.2.1.8, п. 2.2.2.8.

Річна кількість теплоти на опалення при регулюванні:

$$Q_{use2} = 7538269,484 \ \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 797,93 \text{ Гкал}.$$

Економія теплової енергії:

$$\Delta Q = Q_{\text{use}} - Q_{\text{use2}} = 8466342,46 - 7538269,484 = 928072,9761 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta Q \cdot B = 797,93 \cdot 2450,02 = 1955011 \text{ грн.}$$

де B – тариф на теплову енергію для бюджетних закладів станом на 01.11.2021 р.

$B = 2450{,}02 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}$;

Для впровадження даного заходу необхідно встановити балансувальну апаратуру на кожен стояк. Вартість однієї дорівнює Ц = 10183 грн. Вартість робіт приймаємо 30% від ціни обладнання. В корпусі 84 стояки опалення. Отже капіталовкладення становитимуть:

$$К = 10183 \cdot 1{,}3 \cdot 84 = 1111983{,}6 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою (3.4):

$$Т = \frac{1111983{,}6}{1955011} = 0{,}57 \text{ року.}$$

Зважаючи на невеликий термін окупності, даний захід рекомендується до впровадження.

3.1.5 Встановлення термостатичних регуляторів на прилади опалення

Щоб мати змогу регулювати температуру в приміщенні і не опалювати його даремно, наприклад на канікули, вихідні, святкові дні чи навіть в неробочі години, необхідно встановити терморегулятори на кожен радіатор.

Змінюємо коефіцієнт η_{ctr}, що впливає на ефективність вільнообтічних нагрівальних поверхонь із значення 0,86 – за усередненої температури в приміщенні на 0,97 – з регулюванням і обраховуємо нове енергоспоживання, як в п. 2.2.1.8, 2.2.2.8.

Отже, маємо:

$$Q_{use2} = 7738866{,}34 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія теплової енергії:

$$\Delta Q = Q_{\text{use}} - Q_{\text{use2}} = 8466342{,}46 - 7738866{,}34 = 727476{,}12 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 625{,}48 \text{ Гкал.}$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta Q \cdot B = 628{,}48 \cdot 2450{,}02 = 1532448 \text{ грн.}$$

В корпусі є 686 опалювальних пристроїв. Вартість терморегулятора на 1 радіатор становить 1410 грн. Капіталовкладення:

$$К = 1410 \cdot 686 = 967260 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою (3.4):

$$Т = \frac{967260}{1532448} = 0{,}63 \text{ року.}$$

Зважаючи на невеликий термін окупності, даний захід рекомендується до впровадження.

3.1.6 Встановлення децентралізованої системи вентиляції

Через відсутність вентиляції у приміщенні може бути низький рівень кисню в повітрі, з'являється конденсат на вікнах, а з часом і грибок [2]. Це негативно впливає на самопочуття та здоров'я людини. Звісно ж можна провітрювати приміщення відкриваючи вікна, але таким чином з'являються величезні втрати тепла в холодний період року. Як видно з діаграми (рис. 2.10) найбільший відсоток втрат припадає на вентиляцію, вирішити дану проблему можна за допомогою встановлення рекуператора, який забезпечує повний обмін повітря, не погіршуючи теплових параметрів в приміщенні, при мінімальних затратах електроенергії.

Теплоутилізаційна установка (за наявності) є, зазвичай, важливим елементом теплового балансу зони будівлі, що в значній мірі впливає на використання теплових надходжень та зменшення витрат на опалення та охолодження. З цієї причини ефект використання теплоутилізаційних установок повинен враховуватися в розрахунках енергопотреби для опалення та охолодження та не може визначатися лише окремим коригувальним коефіцієнтом [6].

Встановимо рекуператори в кожну аудиторію корпусу.

Температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для потоку повітря від теплоутилізаційної установки визначають за формулою:

$$b_{ve,k} = \left(1 - f_{ve.frac,k} \cdot \eta_{hru}\right), \quad (3.6)$$

де η_{hru} – ефективність теплоутилізаційної установки, що визначають за результатами розрахунків відповідно до стандартів по системах вентиляції,

випробувань або на підставі значень, що наведені в таблиці 5 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

$\eta_{hru} = 0{,}5$ для пластинчатого теплообмінника;

$f_{ve.frac,k}$ – частка повітряного потоку k-го елемента, що розглядається, яка проходить через теплоутилізаційну установку[6].

Значення коефіцієнта $b_{ve,k}$ до встановлення рекуператорів дорівнює 1, після – 0,8. Енергоспоживання з новим поправочним коефіцієнтом $b_{ve,k}$ знаходимо як в п. 2.2.1.8 та п. 2.2.2.8 і отримаємо:

$$Q_{use2} = 7379606{,}24 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія теплової енергії:

$$\Delta Q = Q_{\text{use}} - Q_{\text{use2}} = 8466342{,}46 - 7379606{,}24 = 1086736{,}219 \text{ кВт} \cdot \text{год} =$$

$$= 934{,}37 \text{ Гкал.}$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta Q \cdot B = 934{,}37 \cdot 2450{,}02 = 2289239 \text{ грн.}$$

Для впровадження заходу необхідно встановити 210 приточно витяжних установок з рекуперацією тепла, вартістю 26 000 грн кожна. Монтаж вентиляції є досить складним і затратним, тому приймаємо, що його ціна становить 50% від ціни обладнання. Капіталовкладення:

$$К = (26000 \cdot 210) \cdot 1{,}5 = 8190000 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою (3.4):

$$Т = \frac{8190000}{2289239} = 3{,}58 \text{ року.}$$

Захід має гарний термін окупності і багато переваг, тому рекомендований до впровадження.

3.1.7 Енергетичні та економічні результати реалізації заходів

Як вплине впровадження кожного заходу на клас енергоефективності будівлі, показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати впровадження кожного заходу окремо

	Захід	Ен.спож кВт·год	Питоме ен.спож кВт·год/м3	К, грн	ΔQ Гкал	Δ*E*, тис.грн/рік	$T_{ок.}$, роки	Клас ен.еф.
1	БСО	7538269,48	40,10	1111983,6	797,96	1955011	0,57	F
2	ТР	7738866,34	41,17	967260	625,48	1532448	0,63	F
3	ЗС	7120116,54	37,88	20348116	1157,49	2835862	7,18	E
4	Д	7133167,62	37,95	14768130	1146,26	2808369	5,26	E
5	В	7890934,7	41,98	14991513	494,74	1212112	12,37	G
6	ПВУ	7379606,24	39,26	8190000	934,37	2289239	3,58	F

де,

БСО – балансування системи опалення;

ТР – встановлення терморегуляторів;

ЗС – утеплення зовнішніх стін;

Д – утеплення даху;

В – заміна вікон;

ПВУ – встановлення приточно-витяжних установок.

Для того щоб інвестиції та економія були вірними, наведені і кожному окремому пункті таблиці 2 заходи повинні впроваджуватись як один проєкт.

Таблиця 3.4 – Техніко-економічні показник комплексного впровадження заходів

		Ен.спож кВт·год	Питоме ен.спож кВт·год/м3	К, грн	ΔQ Гкал	Δ*E*, тис.грн/рік	$T_{ок.}$, роки	Клас ен.еф.
1	БСО+ТР	7522238,14	40,02	2079244	811,74	1988781	1,05	F
2	ЗС+Д	5787273,81	30,79	35116246	2303,46	5643531	6,22	D
3	ЗС+Д+В	5212331	27,73	50107759	2797,80	6854664	7,31	D
4	ЗС+Д+В+БСО+ТР	4635366,94	24,66	52187002	3293,87	8070054	6,47	C
5	ЗС+Д+В+БСО+ТР+ПВУ	3671339,09	19,53	60377002	4122,74	10100805	5,98	B

З таблиці вище, бачимо, що комплексне впровадження заходів дає можливість підвищити клас енергоефективності будівлі з рівня G до рівня B, що є дуже гарним показником. Незважаючи на високі капіталовкладення, комплексний проєкт має невеликий термін окупності.

Вплив впровадження комплексу заходів на клас енергоефективності також продемонстровано на (рис. 3.2).

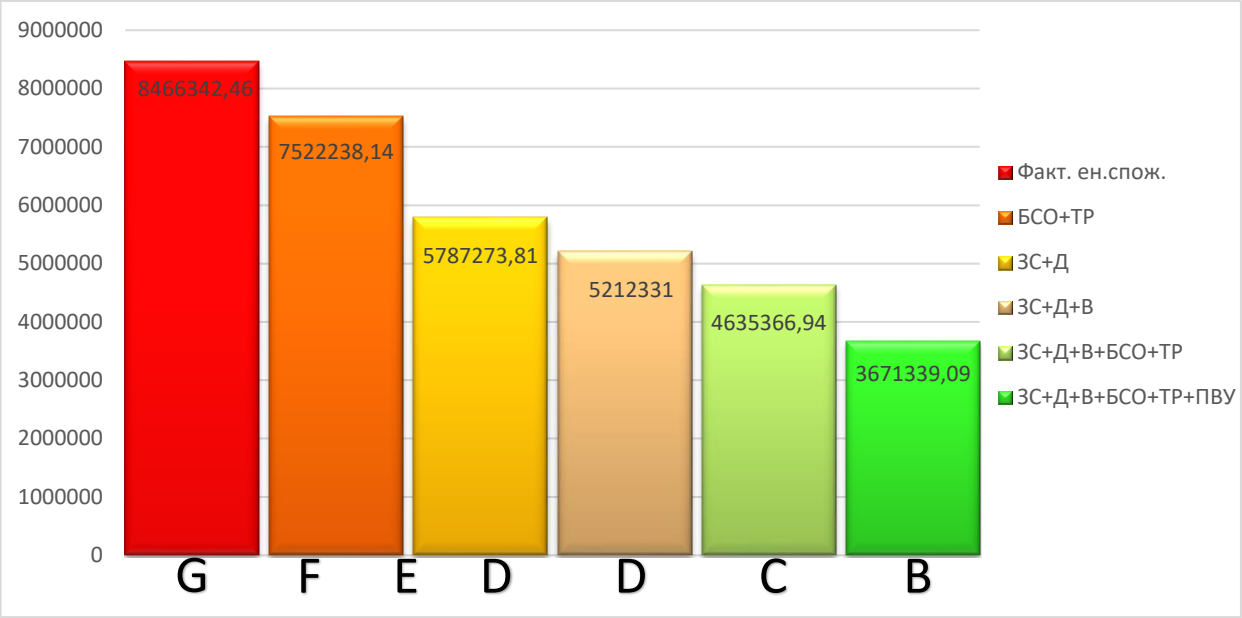


Рисунок 3.2 – Зміна класу енергоефективності в залежності від комплексу впроваджених заходів

Для наглядності, продемонструємо результати роботи у вигляді діаграм.

На (рис. 3.3) зображено тепловтрати 7 корпусу через огороджувальні конструкції у відсотковому співвідношенні до впровадження заходів з енергозбереження. На (рис. 3.4) можна бачити як зміниться розподіл втрат після впровадження вище описаних заходів.

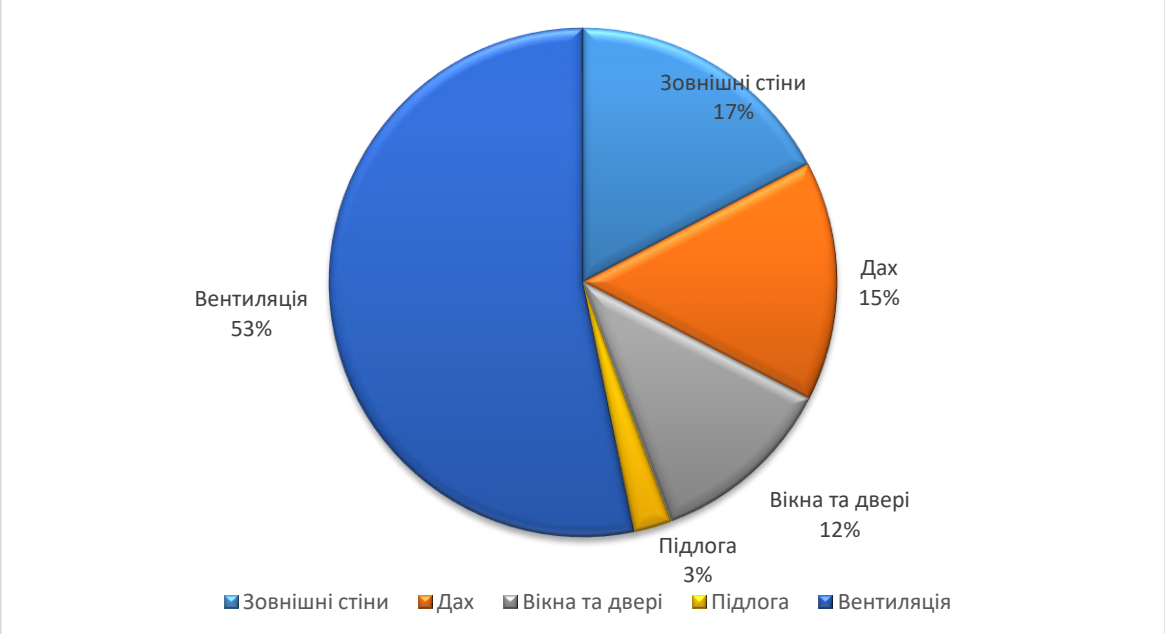


Рисунок 3.3 – Основні тепловтрати будівлі до впровадження заходів

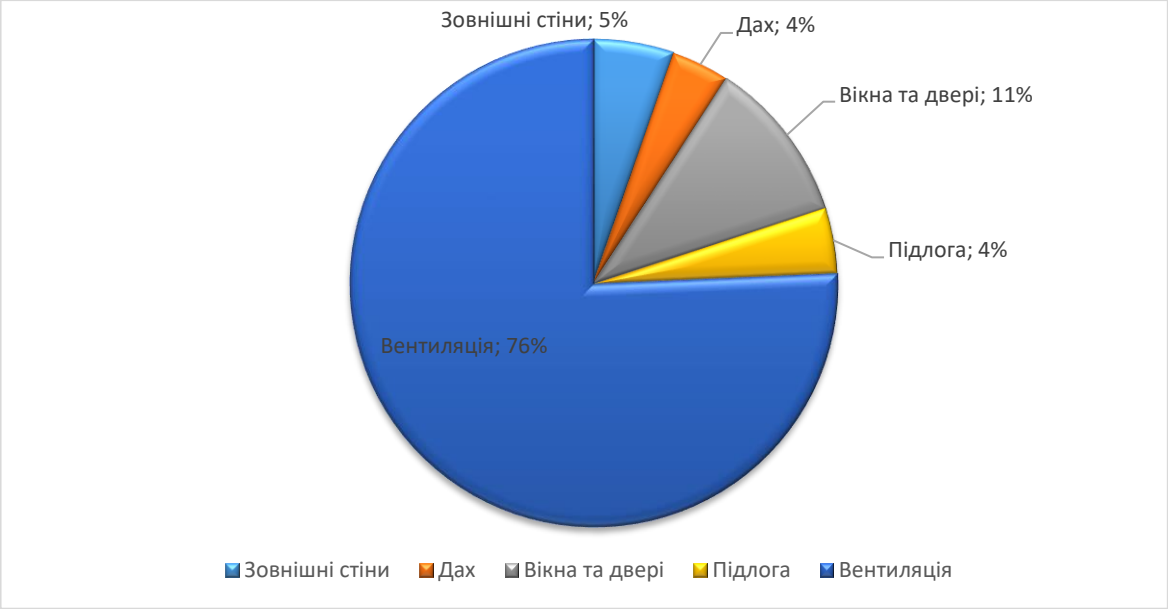


Рисунок 3.4 – Основні тепловтрати будівлі після впровадження заходів з енергозбереження

З останньої діаграми видно, що основний відсоток втрат припадає на вентиляцію, це говорить про високий показник теплового захисту будівлі та гарний стан інженерних мереж. Такий розподіл тепловтрат вважається нормальним. Для зменшення відсоткової частки втрат через вентиляцію можливо розглянути високоефективні рекуператори з вищим коефіцієнтом ефективності.

Для досягнення класу А, що є найкращим показником енергоефективності будівлі необхідно впроваджувати заходи з використанням відновлюваних джерел енергії.

3.2 Моделювання сонячної електростанції на даху будівлі для підвищення енергоефективності системи електропостачання

3.2.1 Вступ

При впровадженні певних заходів з енергозбереження та модернізації об’єкта, для наочної демонстрації найкраще використовувати модель. Оскільки вона є чудовим джерелом інформації, допомагає краще дослідити та вдосконалити, виявити проблеми до початку монтажних робіт, заощаджуючи цим кошти та час.

Комп’ютерне моделювання це ефективний інструмент для швидких та точних розрахунків, що допомагає залишатися конкурентоспроможними на ринку. Коли ми презентуємо нашу роботу клієнтові, описуємо всі переваги запропонованих нами змін, наглядна демонстрація моделі має вирішальне значення. Цифри та слова сприймаються людиною набагато гірше ніж візуальний об’єкт, тому наша задача максимально вичерпно, точно та професійно представити клієнтові найкращу пропозицію на етапі проєктування.

3.2.2 Програмне забезпечення

В даній роботі було змодельовано фотоелектричну систему на даху 7 корпусу КПІ ім. Ігоря Сікорського за допомогою програмного забезпечення PV*SOL premium. Це програма динамічного моделювання з 3D-візуалізацією, що дозволяє створити систему модулів, підібрати для них необхідне обладнання та провести детальний аналіз.

Унікальна 3D-візуалізація є головним моментом PV*SOL premium. Програма дозволяє нам відслідковувати сонячну активність на поверхні модуля щогодини та щохвилини, видає наглядний результат у вигляді графіків, а також дає можливість враховувати орієнтацію та нахил панелей, забруднення, кліматичні умови досліджуваного регіону та затінення на основі 3D-об’єктів. Завдяки цьому можливо досягти найбільш точних прогнозів.

3.2.3 Вихідні параметри моделі

У вкладці «System type, Climate and Grid» сочатку обираємо тип системи: Grid-connected PV System with Electrical Appliances / Система, що приєднана до мережі з власним споживанням.

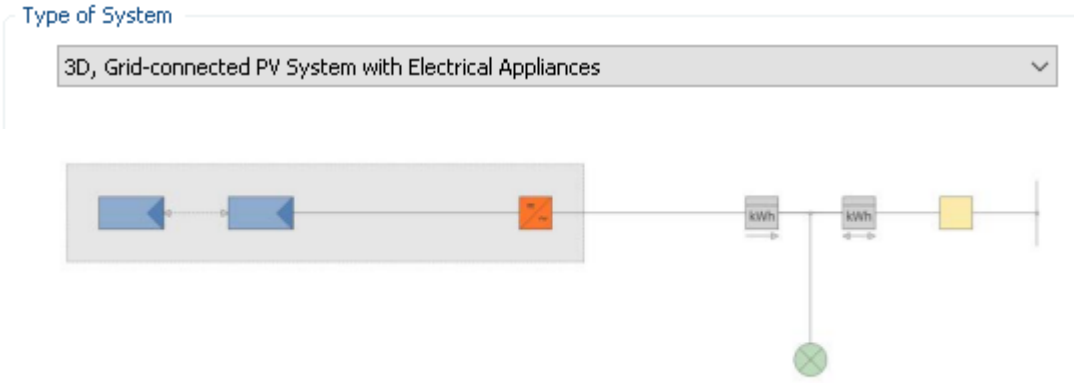
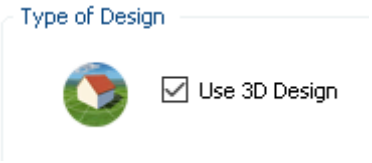


Рисунок 3.5 – Тип схеми

Обов’язково обираємо використання 3D дизайну, щоб мати змогу розмістити сонячні панелі на даху навчального корпусу.



Кліматична зона та розташування: Україна, місто Київ. Програма автоматично показує середню річну температуру (9,2°C) та річне випромінювання(1183 $\frac{\text{кВт·год}}{\text{м}^2}$). Ці дані необхідні для розрахунку річної генерації електричної енергії сонячною електростанцією.

Також вказуємо параметри мережі, такі як вольтаж, кількість фаз та $\cos\varphi$ (рис. 3.6).

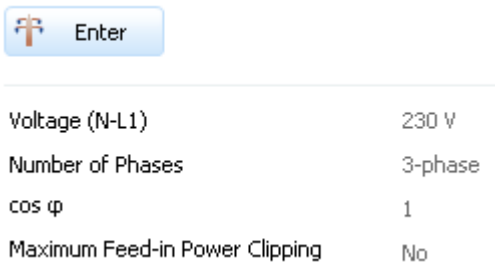


Рисунок 3.6 – Параметри мережі

У вкладці «Consumption» ми вказуємо помісячне споживання електроенергії 7 корпусом. За сумарне споживання приймаємо ліміт для цієї будівлі, оскільки за останні роки немає коректних даних через відсутність студентів на заняттях в зв’язку з карантином. У нашому випадку це 517 251 кВт.

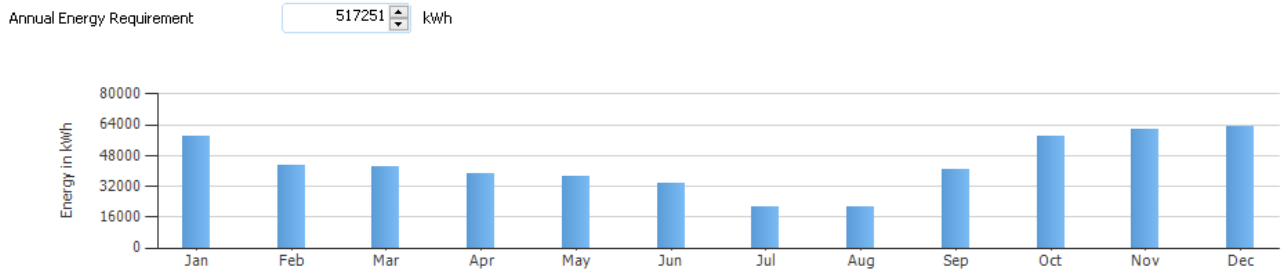


Рисунок 3.7 – Помісячне розподілення поживання електроенергії

З графіка видно, що найбільше споживання припадає на осінньо-зимовий період, коли світловий день коротший і освітлення вмикається рано. Найменше споживання в липні та серпні, коли в університеті немає занять.

Також можна бачити добовий графік розподілення навантаження в робочі дні. Пік навантаження припадає на вечірній час.

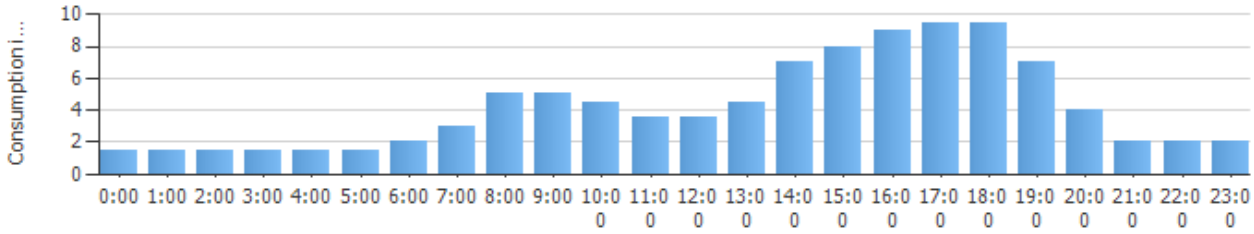


Рисунок 3.8 – Розподілення навантаження в будні дні

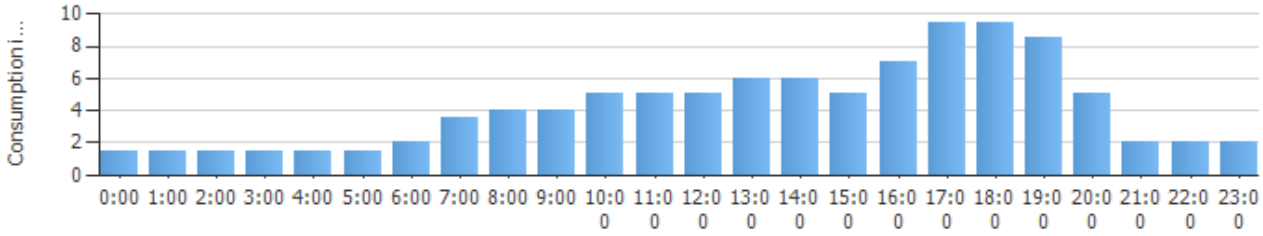


Рисунок 3.9 – Розподілення навантаження в суботу

3.2.4 Аналіз отриманих даних

В результаті нашої роботи ми отримали 3D модель сонячної електростанції на даху 7 корпусу КПІ ім. Ігоря Сікорського.

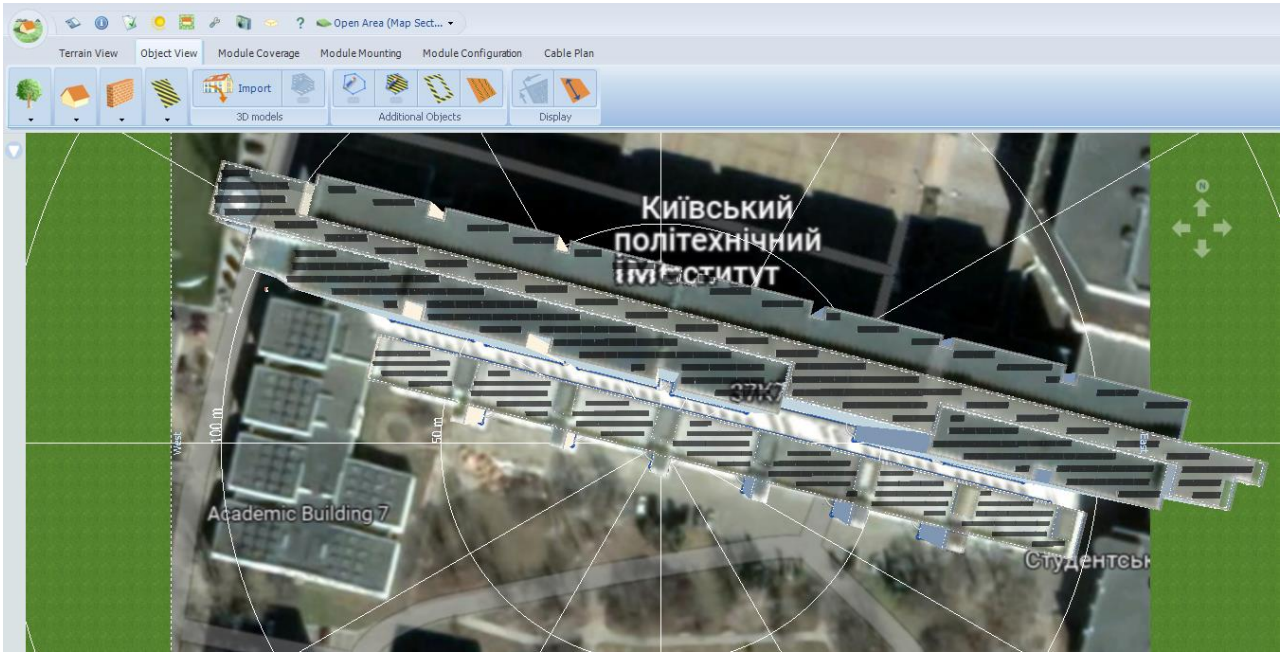


Рисунок 3.10 – Модель сонячної електростанції

В даній роботі ми використали панелі виробника JA Solar Holdings. Компанія була заснована в 2005 році в Шанхаї і займається створенням високопродуктивної фотоелектричної продукції.

Маючи 12 виробничих баз і понад 20 відділень по всьому світу, JA Solar проектують, розробляють, виготовляють і продають продукти сонячних елементів і сонячних модулів. Компанія також займається виробництвом і продажем монокристалічних і мультикристалічних сонячних батарей. Вона продає свою продукцію в основному через команду відділу продажу та маркетингу виробникам сонячних модулів, які збирають і інтегрують її сонячні елементи в модулі та системи, що перетворюють сонячне світло в електрику. Вона також виробляє різноманітні стандартні та спеціальні сонячні модулі. Продукція JA Solar доступна в 135 країнах і регіонах і широко використовується в наземних електростанціях, комерційних, промислових і житлових фотоелектричних системах.

У лютому 2018 року компанія підписала угоду з Manitu Solar про поставку сонячних модулів JA Solar на ринки Східної Європи.

Таблиця 3.5 – Сонячна батарея JAM72S30-550/MR 550 W

Розмір комірок	182мм
Кількість комірок	144 (6×24)
струмоз'ємних шин	11
розмір фотомодуля	2279mm×1134mm×35mm
вага	28,5 кг
ККД	21,5%
Розміри Поперечного Перерізу Кабелю	4 кв.мм.
Клемна коробка	IP68, 3 діоди
Коннектор	QC 4.10(1000V)

Монокристалічний модуль JAM72S30-550/MR 550 W один з найбільш ефективних на ринку цього і наступного років.

В ньому використовується новітня технологія DeepBlue 3.0.

DeepBlue 3.0 — новий продукт компанії JA Solar, який з'явився на ринку в травні 2020. DeepBlue 3.0 пройшов сертифікацію в TUV. Винахід поєднує в собі переваги декількох високоефективних технологій, що забезпечують низькі втрати, включаючи технологію виготовлення високоефективних PERC-елементів нового покоління PERCIUM+ і кремнієві пластини, активовані сплавами галію, що надає виробу чудові властивості в плані надійності, ККД перетворення і вироблення електроенергії. Завдяки цьому знижується нормована вартість електроенергії і зростають доходи клієнтів.

Технологія DeepBlue 3.0 допущена до реалізації на ринку фотоелектричної продукції Європейського Союзу оскільки успішно пройшла сертифікацію згідно до вимог LVD та EMC.

Деградація становить всього 0,55% щороку, залишок на 25 рік - майже 85% від початкової потужності.

Таблиця 3.6 – Електричні характеристики JAM72S30-550/MR 550 W

Максимальна робоча напруга (Vmpp)	41,96 В
Максимальний робочий струм (Impp)	13,11 А
Напруга холостого ходу (Voc)	49,9 В
Струм короткого замикання (Isc)	11,38 А

Таблиця 3.7 – Температурні характеристики JAM72S30-550/MR 550 W

Температурний коефіцієнт (Pmax)	-0,35 %/°C
Температурний коефіцієнт (Voc)	-0,28 %/°C
Температурний коефіцієнт (Isc)	0,05 %/°C

Рисунок 3.11 – Монокристалічний модуль JAM72S30-550/MR 550 W

Розташовуємо модулі вертикально, обираємо орієнтацію на південь, відстань між рядами – 1 м, далі програма сама розрахує оптимальний кут нахилу і заповнить найкращим чином всю площу.

Оскільки на даху знаходиться надбудова, що створює тінь, модулі за нею розміщувати не варто. Отже ми створили заборонену зону.

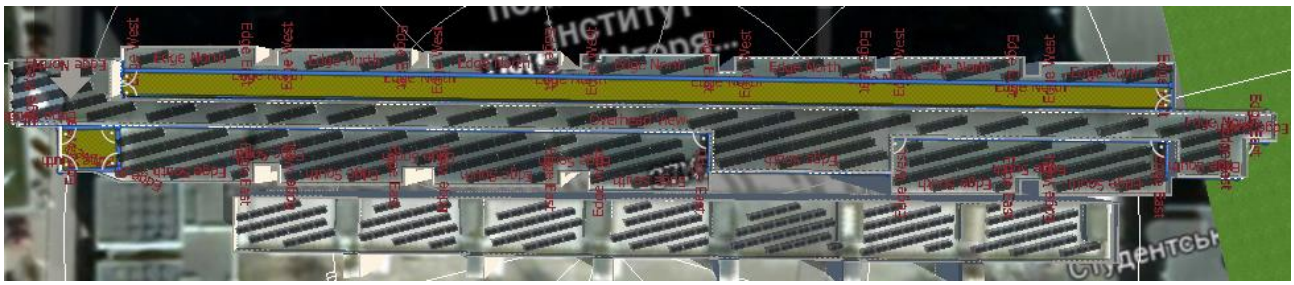


Рисунок 3.12 – Заборонена зона

Також ми врахували весь рельєф поверхні на даху над цокольним поверхом: це 6 надбудов, розміщених на рівній відстані по всій довжині, досить високий парапет по краю та 6 виступів від колон. Це все створює тінь, томі програма

врахувавши всі підвищення порахувала річний відсоток затінення всіх модулів. Всі панелі відсоток яких був нижчий ніж 8, ми видалили оскільки використовувати їх не рентабельно.

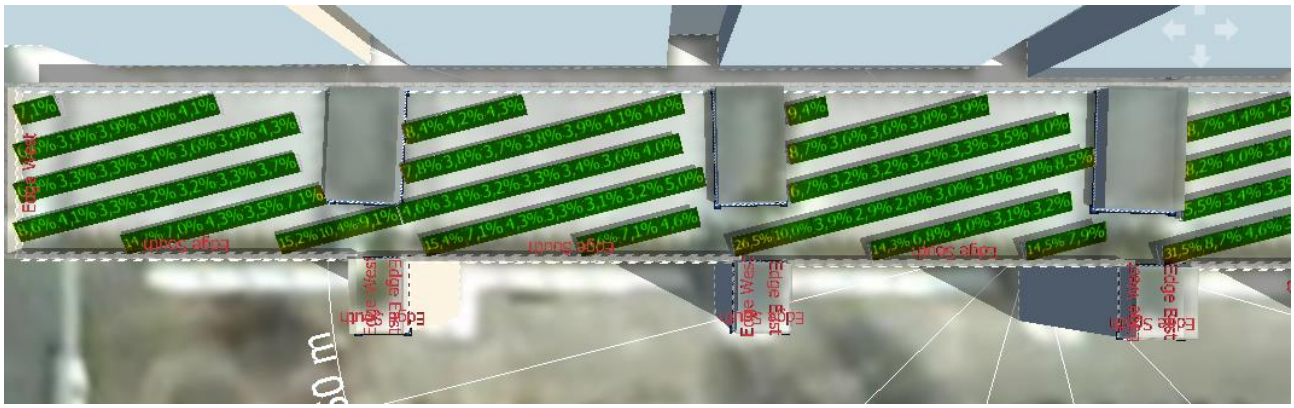


Рисунок 3.13 – Річне затінення панелей

Далі потрібно розділити панелі на стрінги та підібрати мережеві інвертори. Програма автоматично розраховує необхідну їх кількість. Ми обираємо інвертор марки Huawei Technologies SUN2000. В сумі отримаємо 17 інверторів.

Компанія, що займається розробкою та виготовленням сучасних телекомунікаційних пристрої та новинок у сфері технологій. Завдяки інвестиціям в розробку енергетичного обладнання HUAWEI швидко увійшли в топ виробників та створили одні з найкращих інверторів на сьогоднішній день, це серія SUN2000.

Переваги продукту

1. USB дротовий зв'язок
2. Стандартний захист від перенапруги типу II на стороні змінного та постійного струму
3. Високий ККД до 98,6%
4. Ступінь захисту IP 65 дозволяє встановлювати інвертор на відкритому повітрі
5. Охолодження природною конвекцією - тиха і безпроблемна робота
6. Зменшення втрат електроенергії до 20% через відсутність витоків в акумуляторних батареях
7. Легше нарощування потужності станції шляхом встановлення додаткового інвертора

Рисунок 3.14 – Мережевий інвертор HUAWEI SUN 2000

Оскільки рівень освітленості, тінь від об’єктів, температурний показник, хмарність та інші фактори впливають на рівень опору кожного генеруючого елемента, а отже опір всієї панелі коливатиметься у досить суттєвому діапазоні. Тому навіть якщо зовнішній опір буде стабільним, напруга (U) на виході з комірки, як і струм (I) в електричному ланцюзі, буде відчутно змінюватися. При цьому, враховуючи, що потужність кожного осередку – це похідна I та U, її показник теж змінюватиметься. Отже, опір навантаження (R) вимагає безперервного підстроювання під напругу, що змінюється, і опір осередків. В іншому випадку, очікується загальне падіння потужності до чверті, від всієї можливої.

Саме для цього служить контролер, що виконує перетворення струму та напруги, що надходять від панелей на акумулятори.

MPPT контролер, це пристрій, який підвищує ефективність сонячної батареї за рахунок функції стеження за точкою максимальної потужності (ТММ). У перекладі з англійської, абревіатура означає Maximum Power Point Tracking.

Так як в нас 3 площини для розміщення модулів, для зручності розглянемо кожну окремо.

Дах над висотною часиною корпусу (Arbitrary Building 01). На ній необхідно розмістити 11 інверторів потужністю 9,35 кВт, в яких буде використовуватися MPPT (1+2) в кожному по 1 стрінгу з 17 панелей (рис. 3.15), (рис. 3.164).

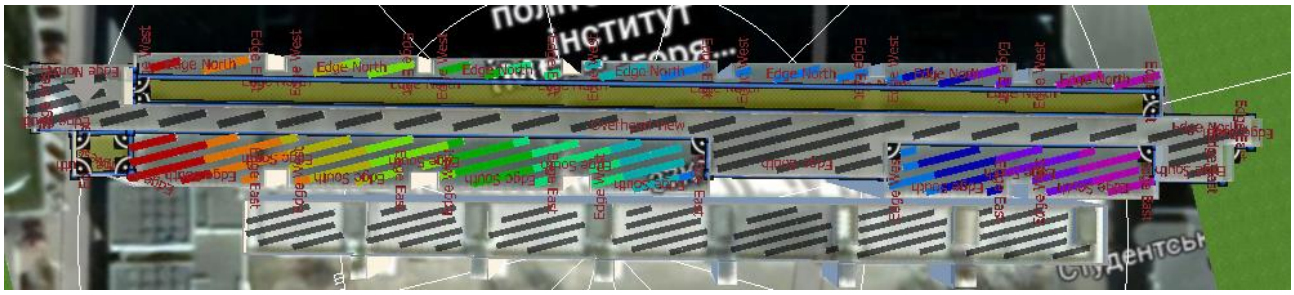


Рисунок 3.15

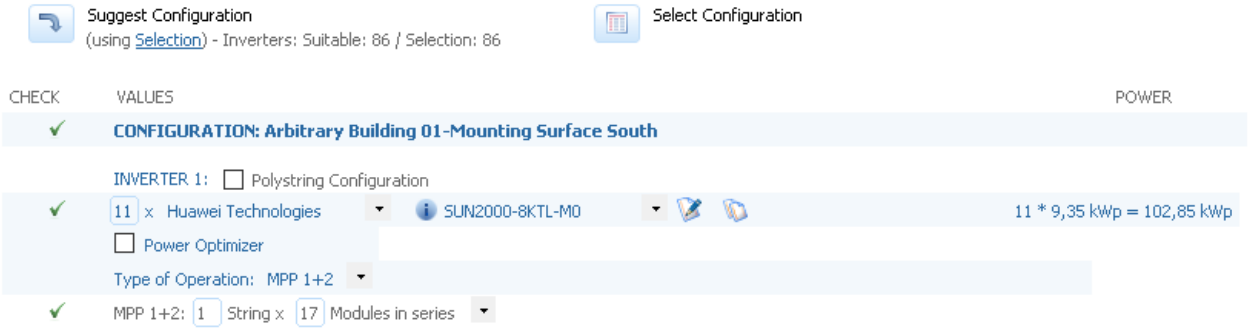


Рисунок 3.16

Площина для розміщення модулів на надбудові (Arbitrary Building 02). Програма запропонувала 1 інвертор потужністю 60,5 кВт, в якому 4 ММРТ по 2 стрінги в кожному. В першому, другому й третьому по 14 панелей, в четвертому – 13 (рис. 3.17), (рис. 3.18).

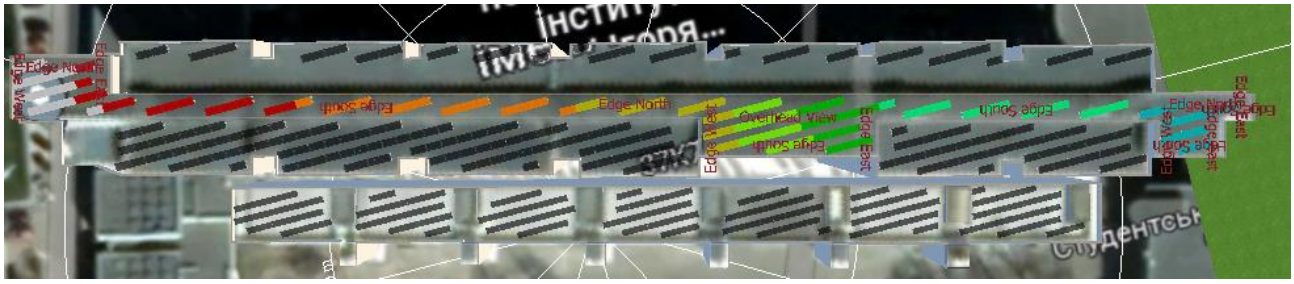


Рисунок 3.17

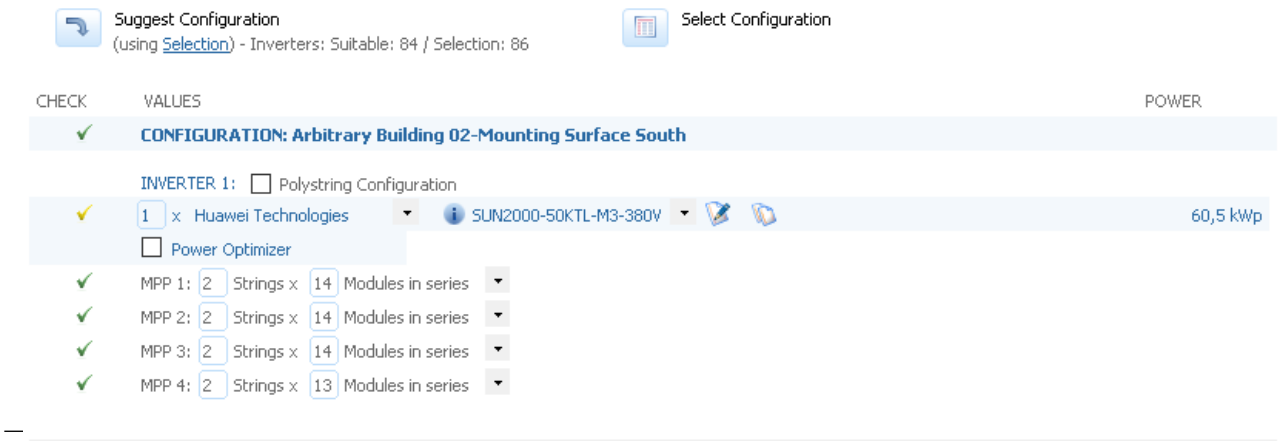


Рисунок 3.18

Дах над другим поверхом (Arbitrary Building 03). Пропонується 5 інверторів потужністю 18,7 кВт із MPPT (1+2) по 2 стрінги з 17 панелей в кожному (рис. 3.19), (рис. 3.20).

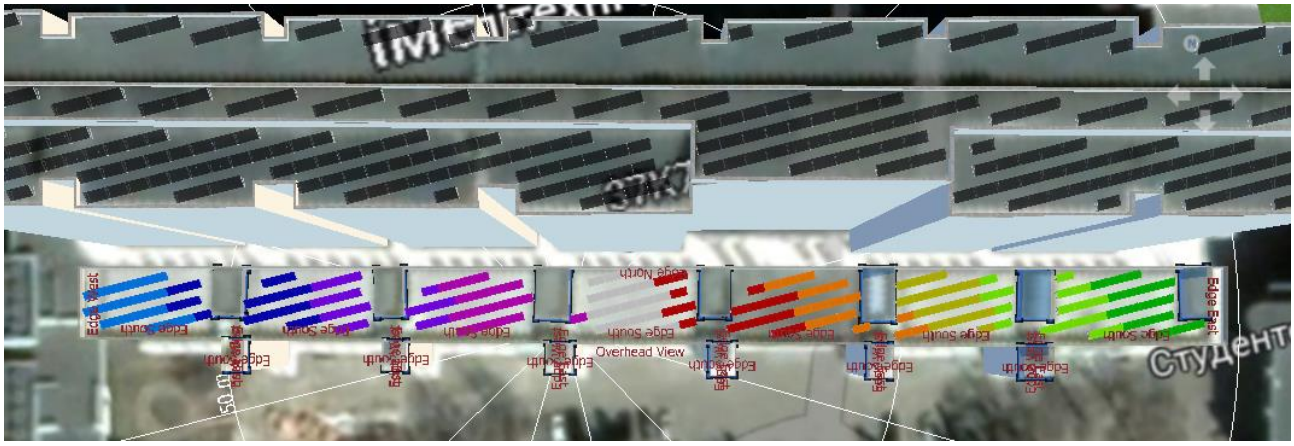


Рисунок 3.19

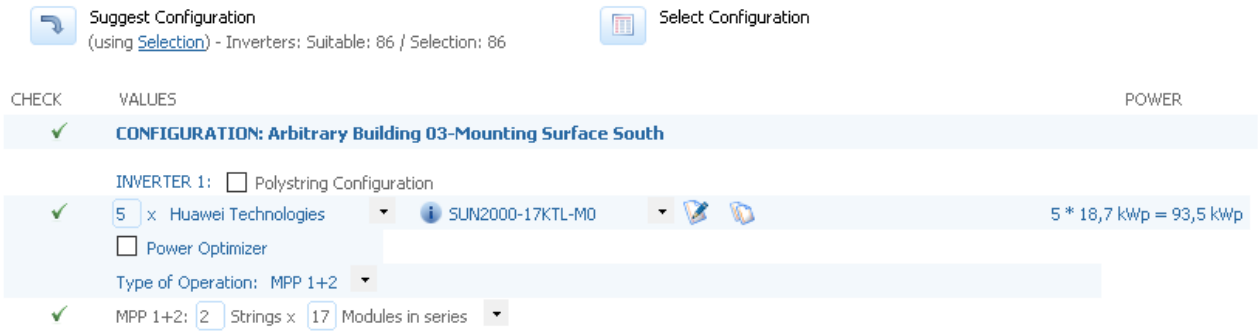


Рисунок 3.20

В результаті ми отримали 467 модулів загальною потужністю 256,85 кВт: 170 шт. (93,5 кВт) на даху над цокольним поверхом, 187 шт. (102,85 кВт) на даху висотної частини та 110 шт. (60,5 кВт) на надбудові (рис. 3.21).

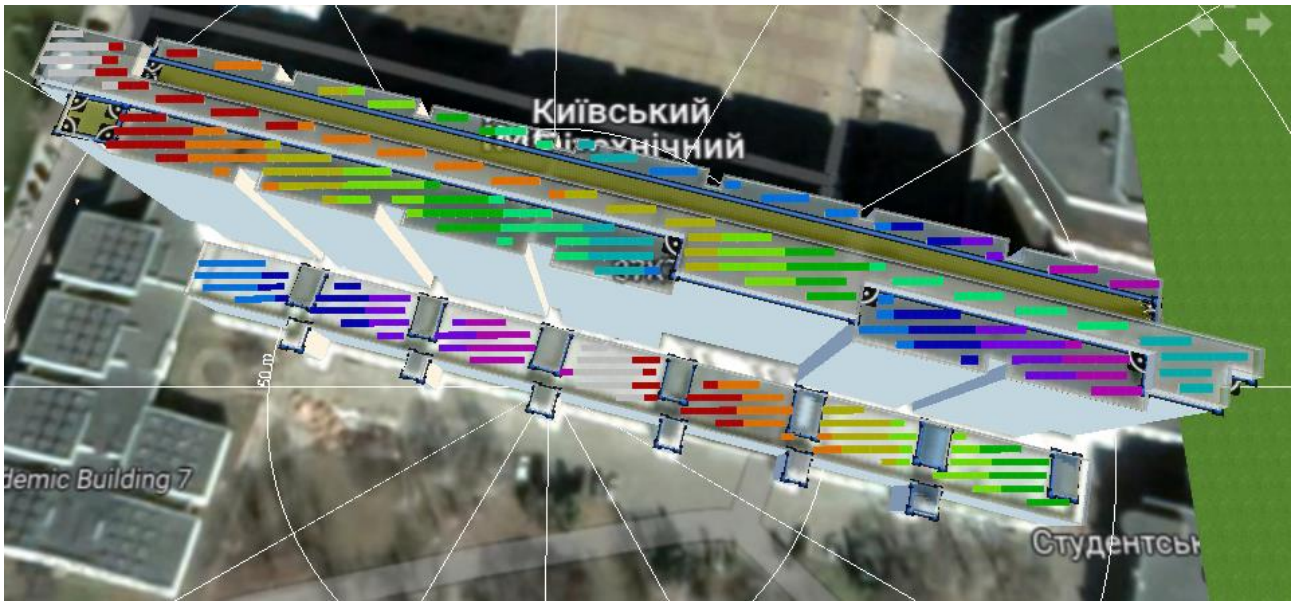


Рисунок 3.21 – Розподіл сонячної станції на стрінги

Для наглядності дані зведено в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Характеристики встановлених інверторів

Розташування	Дах на висотній частині	Надбудова	Дах над другим поверхом
Модель	SUN2000-8KTL-M0	SUN2000-50KTL-M3-380V	SUN2000-17KTL-M0
Виробник	Huawei Technologies	Huawei Technologies	Huawei Technologies
Кількість	11	1	5
Коефіцієнт розміру	116,9%	121%	119,2%
MPPT	MPP 1+2: 1×17	MPP 1: 2 ×14 MPP 2: 2 ×14 MPP 3: 2 ×14 MPP 4: 2×13	MPP 1+2: 2×17

Нижче наведена схема потоків енергії (рис. 3.22) , на ній видно, що сумарне споживання корпусом становить 517 571 кВт, з яких 154 309 кВт отримуємо із встановленої нами сонячної електростанції, інші 362 793 кВт з мережі. Також, влітку ми маємо надлишок енергії 113 179 кВт, який віддаємо в мережу.

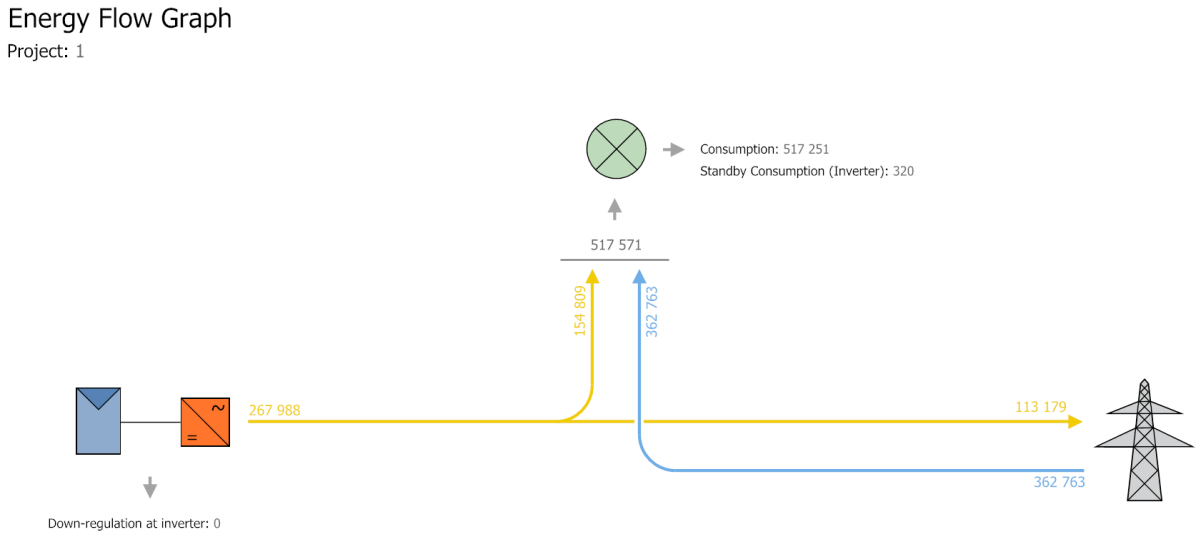


Рисунок 3.22 – Схема потоків енергії

Електрична схема підключення сонячної електростанції наведена в додатку Г.

Дані для кожного даху наведені в таблиці 3.9

Таблиця 3.9 – Результати моделювання для кожного даху

Дах над висотною частиною		
Потужність сонячного масиву	102,85	кВт
Поверхня сонячних модулів	483,28	$м^2$
Сонячна радіація на поверхні модуля	1256,01	кВт·год/$м^2$
Сонячна радіація на поверхні модуля без відбиття	1284,73	кВт·год/$м^2$
Коефіцієнт продуктивності	84,61	%
Генерація енергії від PV	111818,70	кВт·год/рік
Питома генерація енергії	1087,20	кВт·год/ кВт
Надбудова		
Потужність сонячного масиву	60,50	кВт
Поверхня сонячних модулів	284,28	$м^2$
Сонячна радіація на поверхні модуля	1256,01	кВт·год/$м^2$
Сонячна радіація на поверхні модуля без відбиття	1284,73	кВт·год/$м^2$
Коефіцієнт продуктивності	88,70	%
Генерація енергії від PV	68957,11	кВт·год/рік
Питома генерація енергії	1139,79	кВт·год/ кВт
Дах над другим поверхом		
Потужність сонячного масиву	93,50	кВт
Поверхня сонячних модулів	439,35	$м^2$

Продовження таблиці 3.9

Сонячна радіація на поверхні модуля	1163,25	кВт·год/м^2
Сонячна радіація на поверхні модуля без відбиття	1190,08	кВт·год/м^2
Коефіцієнт продуктивності	78,36	%
Генерація енергії від PV	87211,91	кВт·год/рік
Питома генерація енергії	932,75	кВт·год/ кВт

Перейшовши на вкладку «Calculate» ми можемо бачити графіки, які більш наглядно демонструють результати моделювання.

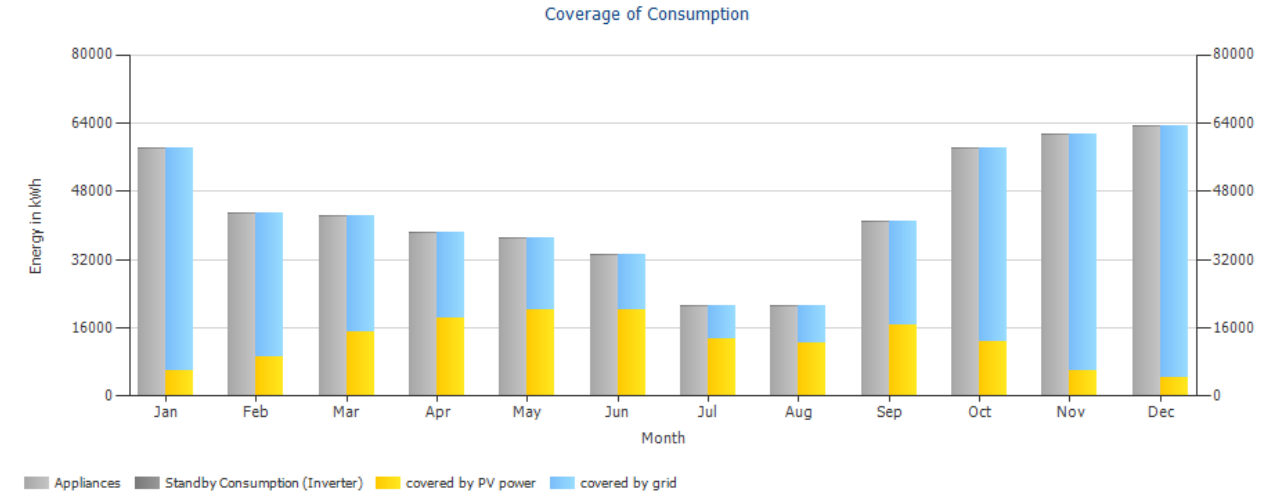


Рисунок 3.23 – Покриття енергоспоживання сонячною станцією

На графіку вище видно, що найбільше сонячної енергії продукується в квітні травні та червні, а найменше в листопаді грудні та січні, що логічно, так як світловий день взимку набагато коротший ніж влітку. По цій же ж причині споживання електроенергії в зимові місяці значно вище ніж в літні. Сірим кольором позначено сумарне споживання електроенергії корпусом, жовтим – та частина, яку покриває змодельована нами сонячна електростанція, а блакитним – та, що потрібно докупляти з мережі.

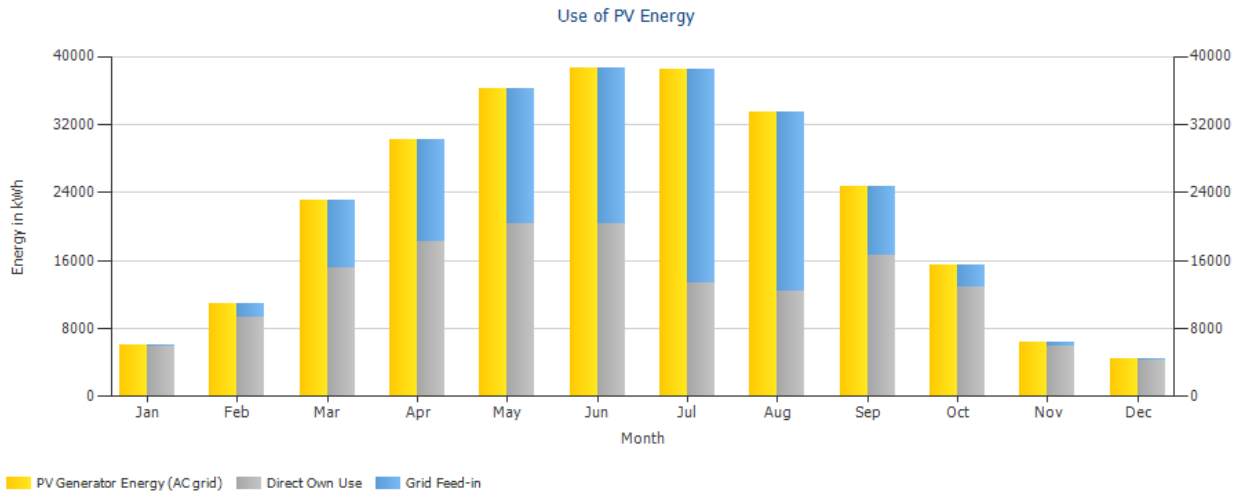


Рисунок 3.24 – Використання сонячної енергії

В літні місяці, коли рівень сонячної радіації високий, а споживання електроенергії досить низьке, в деякі години ми маємо надлишок енергії, що продукує встановлена сонячна станція. Жовтим кольором показано скільки сонячної енергії вцілому генерується сонячними панелями за місяць, сірим – яка кількість цієї енергії витрачається на покриття витрат корпусом, а блакитним – надлишок, який можна віддавати в мережу по «зеленому тарифу» або акумулювати.

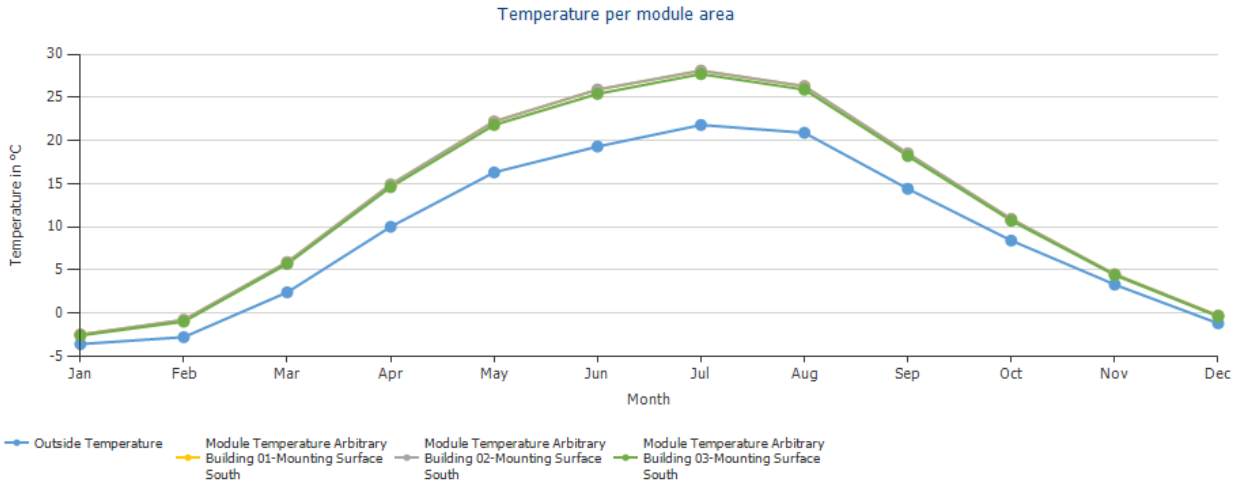


Рисунок 3.25 – температура на поверхні модуля

На даному графіку ми бачимо як помісячно змінюється температура на поверхні сонячного модуля. Також видно лінію з температурою навколишнього

середовища. Варто відмітити, що на площині панелей температура завжди буде вища ніж температура повітря.

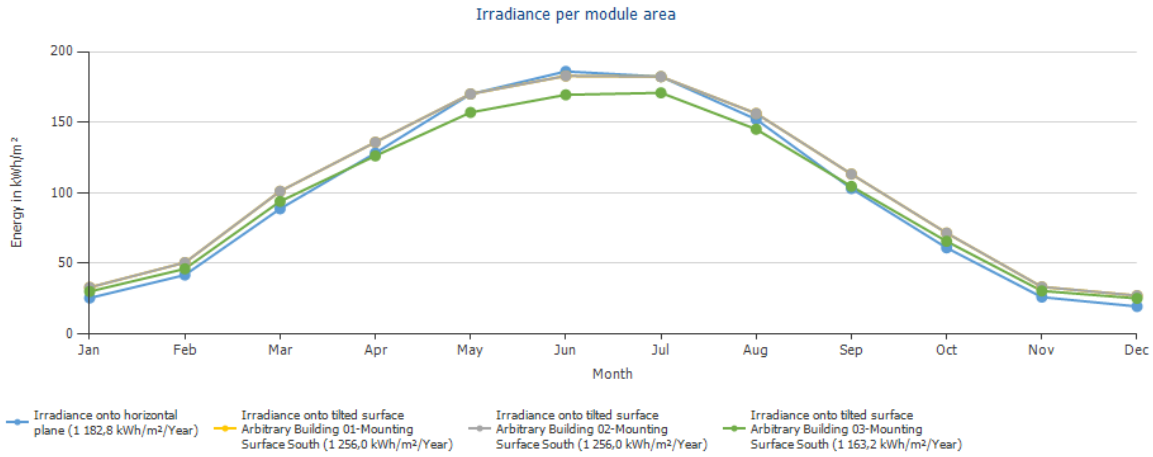


Рисунок 3.26 – сонячна радіація на поверхні модуля

Також можна наглядно бачити скільки сонячної радіації потрапляє на 1 м^2 модуля в залежності від даху на якому вони розташовані. Цікаво, що влітку на дах над першим поверхом потрапляє менше сонячного світла ніж на інші два, а взимку і перехідні періоди ситуація вирівнюється. На це впливає кут падіння сонячних променів, що змінюється в залежності від пори року.

Загальна характеристика фотоелектричної системи наведена в таблиці нижче.

Таблиця 3.10 – Загальна характеристика фотоелектричної системи

Потужність сонячного масиву	256,9 кВт
Питома генерація енергії	1042,12 кВт·год/кВт
Коефіцієнт продуктивності	83,3%
Зниження генерації, спричинене затіненням	9,6%/рік
Генерація енергії від PV	267 988 кВт·год/рік
Споживається об'єктом	154 809 кВт·год/рік
Віддається в мережу	113 179 кВт·год/рік
Зниження викидів CO_2	125 804 кг/рік

3.2.5 Термін окупності

Доцільність встановлення сонячних панелей на даху корпусу можна оцінити також розрахувавши простий термін окупності.

Річне споживання електроенергії 7 корпусом КПІ ім. Ігоря Сікорського становить 517 571 кВт/рік.

Кількість електроенергії , що згенерує встановлена нами сонячна електростанція – 267 988 кВт/рік. Тариф на електроенергію для навчального корпусу, станом на 2022 рік – 3,83 грн/кВт·год. Маючи ці дані можна легко розрахувати річну економію від впровадження даного заходу в грошовому еквіваленті:

$$\text{Е} = 267988 \cdot 3{,}83 = 1026394 \text{ грн/рік}$$

Вартість однієї сонячної панелі JAM72S30-550/MR 550 W складає 10985 грн. Нам потрібна партія кількістю 467 штук. Також необхідно придбати інвертори SUN2000-8KTL-M0 – 11 шт – 78040 грн кожний, SUN2000-50KTL-M3-380V – 1 шт за 172760 грн та SUN2000-17KTL-M0-5 шт, ціна за одиницю – 108891 грн. Необхідно врахувати також скільки коштуватиме проєкт, приймаємо 40 тис. грн. Вартість допоміжного обладнання, доставки та робіт з установки становлять 35% від вартості сонячної електростанції. Вартість кабелів – 10%. Отже капіталовкладення дорівнюють:

$$\text{К} = (10985 \cdot 467 + 78040 \cdot 11 + 172760 \cdot 1 + 108891 \cdot 5) \cdot 1{,}45 + 40000 =$$
$$= 12011345 \text{ грн}$$

Тоді простий термін окупності:

$$\text{Т} = \frac{\text{К}}{\text{Е}} = \frac{6850992}{1026394} = 11{,}7 \text{ років.}$$

Для даного заходу це дуже гарний термін. Також варто прийняти до уваги, що з кожним роком викопні джерела енергії стають дорожчими, а отже дана станція окупиться навіть швидше.

Висновки до розділу

Провівши аналіз розрахунків вище, можемо бачити, що встановлення сонячної електростанції на даху 7 корпусу за рік може принести нам 267 988 кВт·год енергії, з яких 154809 кВт·год Використовуються на потреби будівлі, інші ж 113179 кВт·год, віддаються в мережу, оскільки є надлишок через те, що пік споживання та пік вироблення сонячної енергії не співпадають.

Хоч встановлена система модулів не перекриває витрати електроенергії в повній мірі, впровадження цього заходу все рівно є доцільним, так як з кожним роком тариф на електричну енергію зростає, а законодавча база, що стосується викидів CO_2 в навколишнє середовище, стає все суворішою. Простий термін окупності є задовільним, а враховуючи вищеперераховані переваги і можливість продавати електроенергію по «зеленому тарифу», доцільність такого заходу стає очевидною.

4. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

Відповідно до [37], система енергоменеджменту – це сукупність взаємопов'язаних та взаємодіючих компонентів, які базуються на енергетичній політиці з точки зору цілей, процедур та процесів, необхідних для покращення енергетичного результату та досягнення цих цілей, включаючи скорочення викидів парникових газів в атмосферу за допомогою системи управління енергоресурсами. Цей документ містить рекомендації та можливості для організацій щодо створення систем і процедур, необхідних для постійного підвищення енергоефективності. Він також визначає вимоги до системи енергетичного менеджменту для різних організацій. Першим кроком є створення підрозділу, який керує енергією. Це необхідно, тому що вимагає участі вищого керівництва.

Згідно з [38], залучення керівництва має вирішальне значення для ефективного впровадження, підтримки та вдосконалення системи енергоменеджменту. Вони демонструють свою відданість через лідерство та активну участь у всіх заходах, а також заохочення людей до досягнення більших результатів. На даний момент існує велика кількість програмних додатків, які можуть успішно виконувати та полегшувати завдання для блоку енергоменеджменту, однак ми рекомендуємо розглянути програмне забезпечення «Автоматизована система енергомоніторингу» (далі – КП «АСЕМ»).

РЕМ – програмний комплекс, який забезпечує дистанційний облік та аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів, а також інформує про порушення режимів роботи обладнання теплових пунктів закладу. Як наслідок, персонал, який буде задіяний у підрозділі енергоменеджменту, повинен пройти навчання щодо того, як ефективно використовувати цю програму. Це значно полегшить їхні подальші починання.

Система АСЕМ – це комп'ютеризована мережа, яка автоматично збирає дані з лічильників тепла, електроенергії та холодної води, а також дані про аварійні сигнали та температуру в приміщенні. Таким чином, першочерговою метою цієї програми є підвищення ефективності споживання та раціональне використання

ПЕР. Ця програма є надзвичайно корисною, оскільки вона має велику кількість можливостей, зокрема: здатність системи автоматично контролювати дані про енергоспоживання, це досягається за рахунок використання «автоматичних» режимів.

Основними перевагами програми є: використання інтелектуальних лічильників для моніторингу споживання енергії на джерелах постачання; можливість виявлення аварійних ситуацій у роботі системи; здатність самостійно керувати системами автоматизації. Вона також надає засоби для оптимізації роботи системи поза звичайним робочим часом, здатна прогнозувати майбутнє енергоспоживання; формувати звіти. Ця програма має багато переваг, але найвагомішою, на наш погляд, є те, що персоналу не потрібно вручну збирати дані та вводити їх у програму, натомість вона може негайно виявити будь-які збої в системі та легко їх виправити за короткий проміжок часу. Крім того, програма має можливість прогнозувати енерговитрати в часі, що дозволить керівництву закладу розробити план на майбутнє та прийняти відповідні рішення щодо можливості їх зниження.

Висновки до розділу

Створення спеціального підрозділу з енергоменеджменту та впровадження АСЕМ дадуть змогу спростити роботу персоналу, уникнути похибки від людського фактору та зменшити кількість споживаної енергії на 3-15%.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «БІЗНЕС-МОДЕЛЬ СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, НА ВІКНА»

Метою даного розділу є формування підприємницького мислення, комерціалізація нових науково-технічних розробок.

Завданням розділу являється оцінювання ринкових перспектив програматора, для забезпечення комфортних умов та створення бізнес-моделі стартап-проєкту до інвестиційної стадії.

5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проєкту

Сучасний стан інженерних систем будинку вимагає рішучих дій у цьому напрямку. Тарифи збільшуються, динаміка їх зростання дає чітке уявлення того, що потрібно розробляти нестандартні технології для економії енергії. Споживання енергії будівлі на дуже високому рівні, запропонованих заходів з енергозбереження може не вистачити для того, щоб задовольнити потреби споживачів на довгий час. Інженерні конструкції вимагають постійної перевірки і модернізації відповідно до існуючих умов.

В цьому перевага нетрадиційних джерел енергії, які будуть актуальними завжди, оскільки у співвідношенні «ціна/якість» вони випереджають основні заходи з енергозбереження. Для скорочення обсягів споживання можна обрати сонячні панелі, але їх монтаж і повна реалізація заходу займуть багато часу і потребують дуже великих коштів. Тому можна розробити систему, більш суб’єктивну, а саме встановлення сонячних панелей, що генерують електрику замість звичайного скла.

Конструкція, що розглядається в має високі стелі (3,2 м кожен поверх) і великі панорамні вікна. Майже на весь розмір стіни. Також варто зазначити, що корпус має вигідну орієнтацію, на південь, тому розробка сонячні панелі, що генерують електрику є доцільною. Пристрій являє собою спеціальну плівку. Вона перетворює ультрафіолет у видиме світло, яке використовується для вироблення

енергії, — достатньо наклеїти напів прозору зелену плівку на вікно або використати її замість скла. Ці модулі перетворюють сонячне випромінювання в теплову та електричну енергію, роблячи приміщення незалежним від зовнішніх електричних мереж.

Маркетинговий аналіз стартап-проєкту

В межах цього етапу:

1) Розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;

2) Аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;

3) На базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проєкту.

Організація стартап-проєкту

В межах цього етапу:

1) Складається календарний план-графік реалізації стартап-проєкту розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;

2) Визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формулюється потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;

3) Розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

В межах цього етапу:

1) Визначається обсяг інвестиційних витрат;

2) Розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);

3) Визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції. Він передбачає:

1) Визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів; складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом.

5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проєкту

Унікальність товару є слабкою стороною. Зараз в більшості країн світу використання нетрадиційних підходів до підвищення енергоефективності є пріорітетним завданням. Але в нашій країні технологія поки що не досягла рівня, коли є необхідність масштабного виробництва. Хоча, це можливо, оскільки ресурсна база для проекту існує.

Ще одним важливим аспектом є вдосконалення існуючої системи з метою економії більшої, ніж та, що є на сьогоднішній день.

Зміст ідеї, напрямки застосування та вигоди для жителів м. Києва наведені в таблиці (5.1).

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	**Напрямки застосування**	**Вигоди для споживача**
Встановлення прозорихсонячних панелей на вікна для значного скорочення споживання електричної енергії в будинку	1.Багатоквартирні будинки	Економія коштів за електроенергію
	2.Офісні приміщення	Висока надійність і довгий Термін експлуатації
	3. Приватні будинки	Якісний і швидкий монтаж

5.3 Аналіз конкурентного середовища

Наразі провести аналіз конкуренції на ринку є неможливим, так як ринок товару ще не є цілком сформованим.

Тепер проведемо характеристику можливостей та загроз для проєкту. В певному сенсі проведемо частину SWOT-аналізу даної ідеї. Характеристику загроз занесено в таблицю (5.2). Характеристику можливостей – в таблицю (5.3).

Таблиця 5.2 - Фактори загроз

№	Фактори	Зміст загрози	Реакція компанії
1.	Поява конкуренції на ринку	Зниження попиту на товар внаслідок появи кращих аналогів	Модернізація існуючого обладнання проекту
2.	Висока ціна за монтаж	Зниження попиту на товар внаслідок недоступності і, відповідно, меншої зацікавленості	Суб'єктивні рішення що до ціни, реклама, акційні пропозиції, збільшення масштабності виробництва
3.	Низький дохід покупця		
4.	Тарифікація		

Таблиця 5.3 – Фактори можливостей

№	Фактори	Зміст можливостей	Реакція компанії
1.	Висока ціна за електроенергію	Економія обсягів спожитої енергії	Збільшення попиту
2.	Розвиток нетрадиційних джерел енергії		Масштабність виробництва

Заключним етапом аналізу ринку можливостей реалізації проекту є створення SWOT-аналізу, який базується на обраних ринкових загрозах і можливостях [4]. Перелік потенційних ринкових небезпек і потенційних можливостей виходить з аналізу потенційних загроз і можливостей у

маркетинговому середовищі. Ринкові загрози та ринкові можливості є прямими наслідками факторів, на відміну від них вони ще не реалізовані на ринку та мають високу ймовірність реалізації. SWOT-аналіз зображено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз стартап-проєкту[3]

S (Сильні сторони)	**W (Слабкі сторони)**
- Висока ефективність роботи - Наявність ресурсної бази - Простота в обслуговуванні - Наявна клієнтська база	- Поява конкурентних товарів на ринку - Висока ціна
O (Можливості)	**T (Загрози)**
- Зростання попиту на продукцію - Можливість дистанційного керування роботою приладу	- Підвищення тарифів за електроенергію - Низький дохід більшості споживачів

5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Загалом вартість проекту включає та об’єднує в собі такі складові, як планування, складання бюджету фінансування, власне фінансування проекту та найголовніше це управління та контроль, які в свою чергу забезпечать виконання проекту в межах запланованого бюджету.

Отже обґрунтуємо та узагальнимо необхідні капіталовкладення на реалізацію даного проекту в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі матеріальні затрати	60000
- витрати купівельних комплектуючих виробів	3000
- витрати на запасні частини	1000
Прямі затрати на оплату праці працівників	15940,0
-заробітна плата за ставками і тарифами працівників	6532,8
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі працівників	2874,4

Продовження таблиці 5.5

Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
- початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	2000
Інші прямі витрати:	
- витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	6000
- витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	8000
Загальновиробничі витрати	
- витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів разом із ЄСВ до Пенсійного фонду, відряджень тощо)	30000
- витрати на основні засоби та нематеріальні активи загальновиробничого призначення	8000
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	132814,4

5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Ключові види діяльності представимо в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Виробництво	На основі вже існуючої моделі програматора будуть створюватися додаткові його функції	Створення програматора з новими можливостями
Реалізація	Досліджуватимуться нові споживачі та їх потреби	Дана продукція буде краще продаватися, чкщо подлаштовуватись під потреби споживачів
Реклама	Буде здійснюватися розповсюдження інформації для споживачів даного продукту	Більша обізнаність потенційного споживача про даний продукт
Збут	Будуть досліджуватися нові шляхи збуту продукції	Більший відсоток продаж даного продукту на нових ринках

5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проєкту

Для фінансового обґрунтування стартап-проєкту необхідно чітко знати, які необхідні витрати та на основі них формувати собівартість реалізації даної ідеї стартап-проєкту.

5.6.1. Прямі матеріальні витрати

Розрахуємо прямі матеріальні витрати на одиницю продукції, а саме витрати на купівельні вироби та витрати на запасні частини та результати занесемо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Витрати купівельних комплектуючих виробів	грн.	3500	1	3500	42000
2	Витрати на запасні частини	грн.	1500	1	1500	18000
Всього:					5000	60000

5.6.2. Витрати на оплату праці

Для визначення витрат на оплату праці необхідно проаналізувати структуру персоналу. Також до фонду оплати праці (ФОП) крім заробітної плати входить нарахування підприємства по заробітній платі до Пенсійного фонду [4].

ФОП розраховується за формулою 5.1:

ФОП = ЗП + Нарахування до Пенсійного фонду, грн, (5.1)

ЗП – величина сукупної заробітної плати працівників підприємства, грн

Нарахування до Пенсійного фонду становлять 22%.

Заробітна плата здійснюється за прямою погодинною системою оплати праці та обчислюється за формулою 5.2:

$ЗП_{погод}^{пряма} = ТС \times t$, грн, (5.2)

t – кількість відпрацьованих працівником годин, год,

ТС – тарифна ставка оплати праці, грн/год

Тарифна ставка оплати праці становитиме:

ТС= 7000 / (30/7)*40 = 40,83 грн, (5.3)

де 7000 – заробітна плата для персоналу, грн.;

30/7 – кількість робочих днів місяця;

40 – нормативна тривалість робочого тижня, годин.

Отже структуру персоналу та фонду оплати праці зведемо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Структура персоналу та ФОП

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Менеджер з продажу та закупівлі	ставка	1	6532,8	26131,2	78393,6
2.	Енергоменеджер	ставка	1	6532,8	26131,2	78393,6
Всього				13065,6	52262,4	156787,2
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				2874,4	11497,7	34493,2
ФОП				15940,0	63760,1	191280,4

5.6.3 Інші прямі витрати

До цих прямих витрати також належать витрати на дослідження, розробку та послуги інших компаній. Тож результати зведемо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Прямі інші витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
Реклама	Угода	4000	48000
Всього**:**		4000	48000

5.6.4 Умовно-змінні витрати

До умово-змінних витрат належать витрати, які ми здійснюємо на виробництво певного виду продукції. Тому дані результати представимо в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Умовно-змінні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	табл. 5.7	2500	25000	75000	900000
2. ФОП виробничого персоналу	табл. 5.8		11387,8	34163,9	136655,6
Всього:		2500	36387,8	109163,9	1036655,6

5.6.5 Умовно-постійні витрати

Умовно-постійні витрати включають в себе обслуговування та управління виробництвом, тобто ті які залишаються не змінними або майже не змінними. До них відносять ФОП адміністративно-технічного персоналу, рекламу, оренду, охорону, тощо [3]. Тому дані результати представимо в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл.5.8	-	15940	52262,4	156787,2
2.Реклама	табл. 5.9	-	4000	12000	48000
Всього:		-	19940	64262,4	204787,2

5.6.6 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проєкту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних витрат. Тому дані результати представимо в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн.		
		на місяць	на квартал	на рік
1.Умовно-змінні витрати	табл. 5.10	36387,8	109163,9	1036655,6
2 Умовно-постійні витрати	табл.5.11	19940	64262,4	204787,2
3. Собівартість	стр.1+стр.2	56327,8	173426,3	1241442,8

5.7 Цільові групи потенційних споживачів

Виявлення цільової групи доцільно для обґрунтування потенційних споживачів і на основі цього буде пропонуватися дане обладнання, а також допоможе визначити стратегію охоплення ринку, що представлено в таблицях 5.13 та 5.14.

Таблиця 5.13 –Цільові групи потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Інжиніринг	Високий	Висока	Низька складність
2	Проектування	Високий	Середня	Низька складність
3	Постачальники	Високий	Висока	Середня складність
4	Енергоменеджмент	Середня	Середня	Середня складність
5	Фінансові установи	Слабкий	Відсутній	Малоймовірно

Отже, обираємо для цільові групи споживачів потенційних клієнтів, що мають значний попит та досить сприятливі умови для входу на ринок, а саме: інжиніринг, проектування, постачальники та енергоменеджери.

Таблиця 5.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Підвищення ефективності управління, мінімізація витрат, постійне вдосконалення	Диференційований маркетинг	Мобільність, адаптивність, гнучкість та ін.	Стратегія диференціації

Обрана стратегія диференціації передбачає подальше впровадження у проєкт конкурентних особливостей, що робить товар помітно привабливим на ринку.

Висновки до розділу

В даному розділі проведено аналіз бізнес ідеї «Плівка на вікна, що генерує енергію від сонця», оцінено всі можливості та ризик, виконано SWOT аналіз. Також було зроблено аналіз фінансових можливостей проєкту.

Загалом ідея є цікавою, корисною і актуальною на сьогоднішній день, оскільки не завжди є можливість встановити панелі на дах. А запропонований стартап-проєкт передбачає, що плівка доступна кожному. Враховуючи зростаючий попит на ВДЕ, даний проєкт варто прийняти до уваги і реалізувати.

ВИСНОВКИ

Об’єктом дослідження був навчальний корпус №7 «КПІ ім. Ігоря Сікорського». В ході виконання енергетичного обстеження було розглянуто та проаналізовано усі діючі енергетичні системи будівлі, їх поточний стан та параметри, а також стан огороджувальних конструкцій. Визначено клас енергоефективності будівлі відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015. За результатами проведеного дослідження були запропоновані заходи з енергозбереження. Для доведення доцільності впровадження запропонованих заходів з точки зору не лише технологічної, а й економічної, було проведені відповідні розрахунки.

Заходи з енергозбереження для підвищення рівня теплового захисту будівлі :

- утеплення зовнішніх стін;
- утеплення даху;
- заміна світлопрозорих конструкцій;
- балансування системи опалення;
- встановлення терморегуляторів;
- встановлення припливно-витяжних установок.

Дані заходи, при комплексному впровадженні, дозволять нам отримати клас енергоефективності – В та економію 10100805 грн щороку. Для досягнення рівня ефективності А запропоновано також встановлення сонячної електростанції на даху корпусу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII від 22.06.2017. Голос України. 22.07.2017. №134.

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

3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України)

4. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ-Н Б А.2.2-ХХХ:201Х [Проект, остаточна редакція] // Мінрегіон України. – К.

5. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008 - [Чинний від 2008-12-09] – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 56 с. – (Державні будівельні норми України).

6. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.

7. Соловей О.І. та ін. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернянський, Г.В. Курбака; За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 490 с.

8. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії . Підручник. Національний технічний університет України «КПІ». Київ, − 2012. − 495 с.

9. Кудря, С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [Електронний ресурс] : курс лекцій / С. О. Кудря ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 6,91 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – Назва з екрана.

10. Сайт розробника програмного забезпечення для завантаження програм та корисні ресурси: https://valentin-software.com/en/

11. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель: ДСТУ Б В.2.2-39:2016 наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 р. № 159, чинний з 2017-01-01.

12. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 55 с.

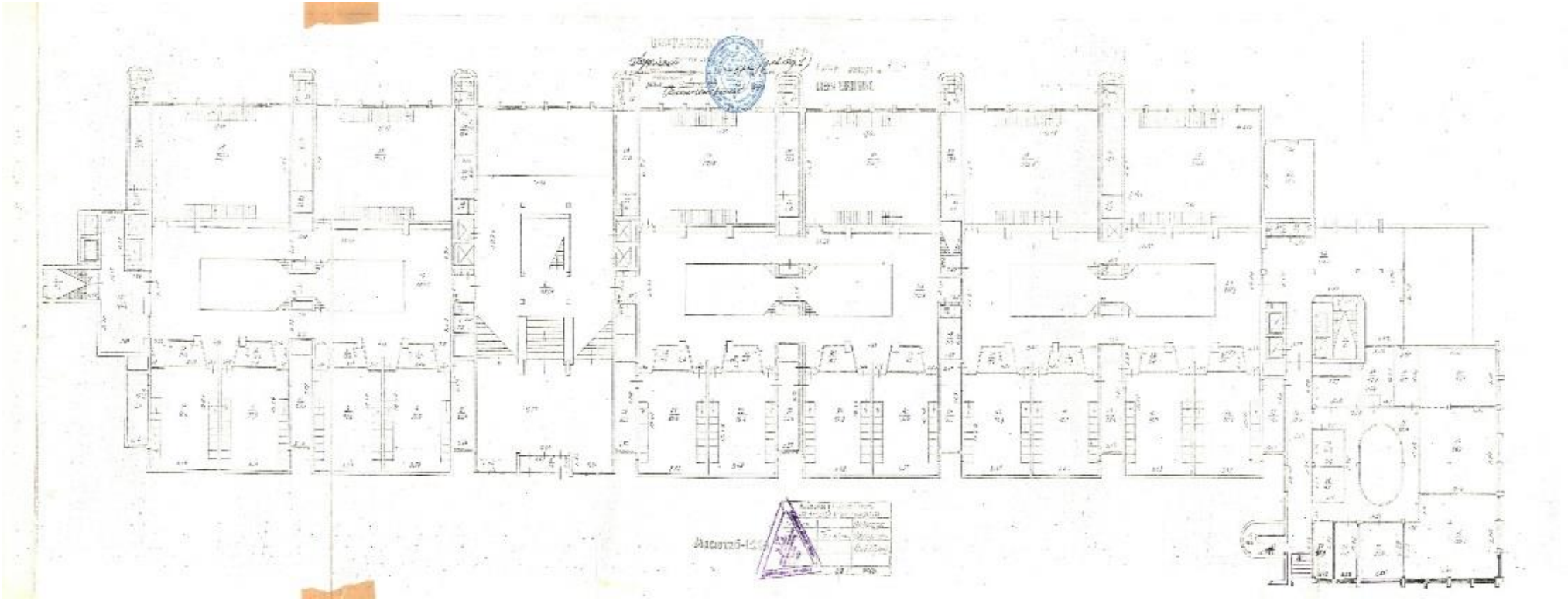
13. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914

14. Шевчук Н.А. Розробка та впровадження стартап проекту на прикладі геосинтетичного модуля-опалубки / Шевчук Н.А., Вапнічна В.В. // Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 23. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2019 С.32-40. file:///C:/Users/user/Downloads/165788-384771-1-PB%20(6).pdf

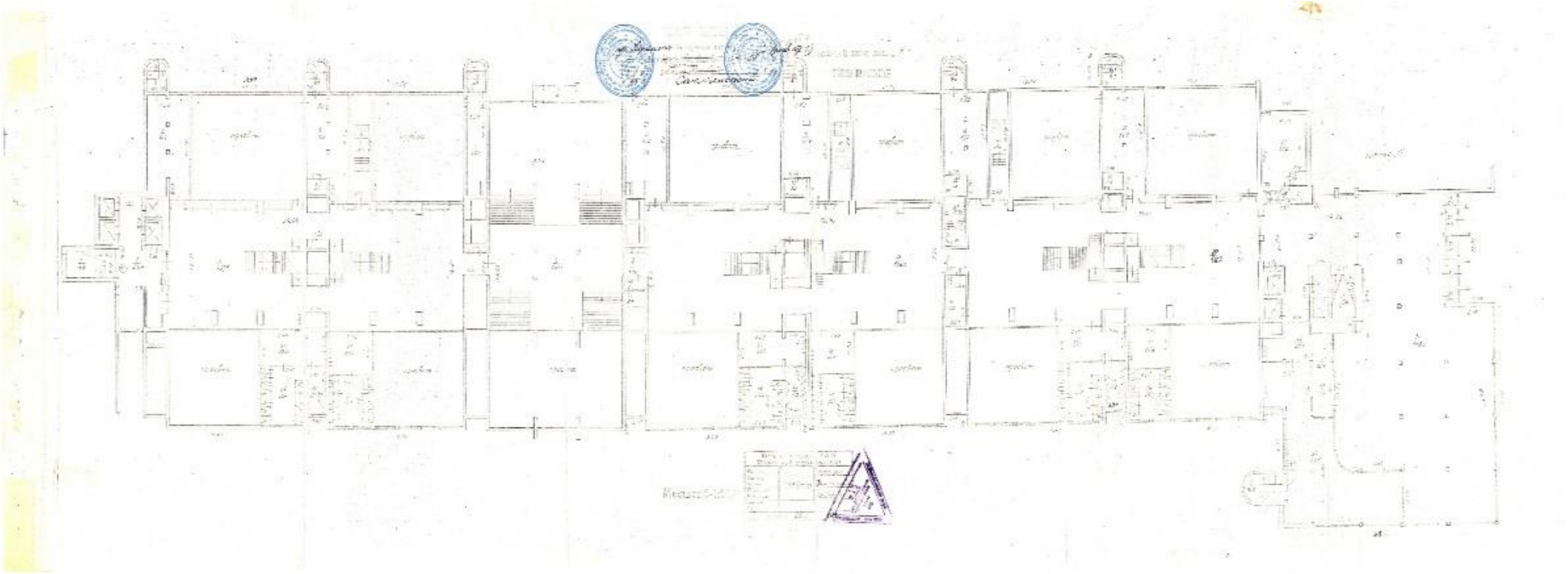
15. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексуСучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С. 94-101. http://sb-keip.kpi.ua/article/viewFile/130546/132655

16. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 – річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. – С. 89-90.

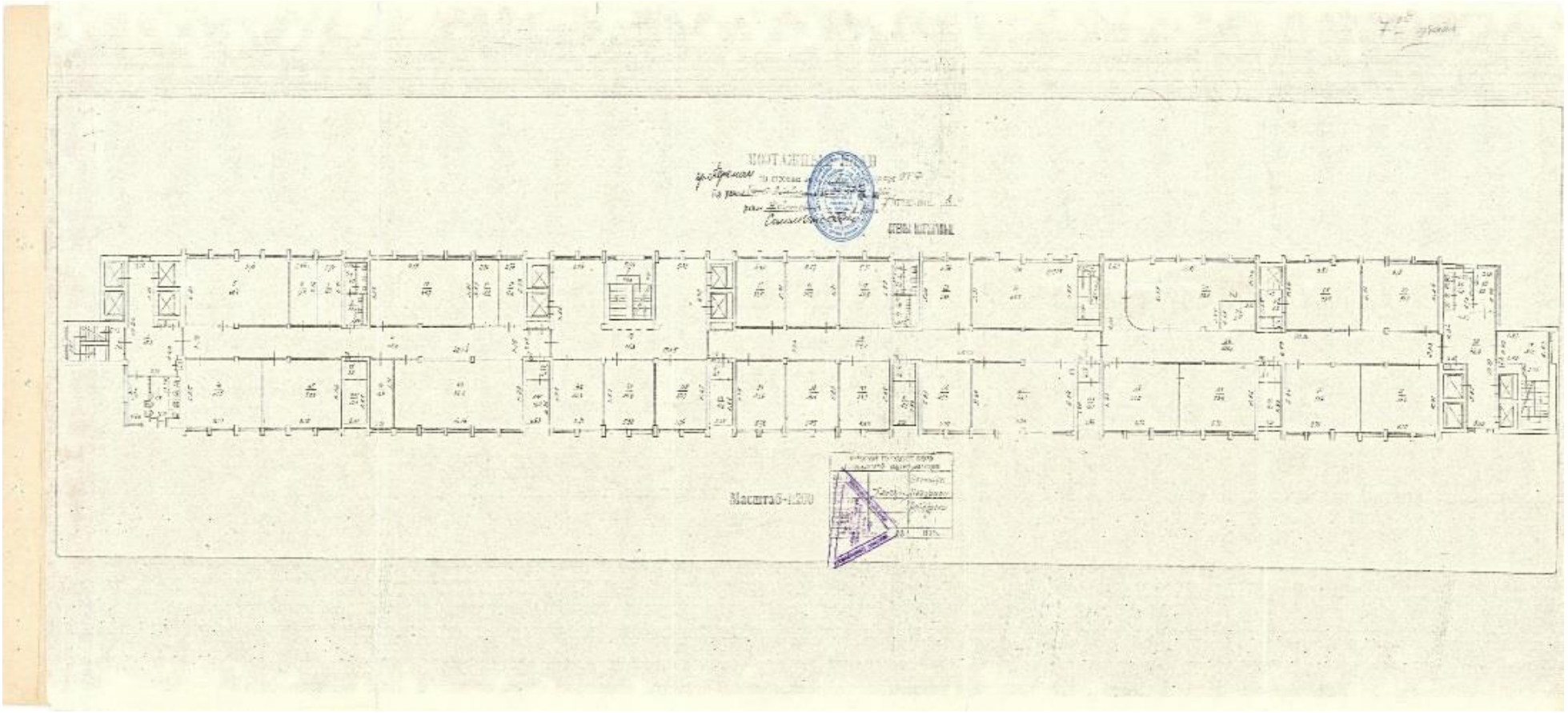
Додаток А (Поверхові плани)



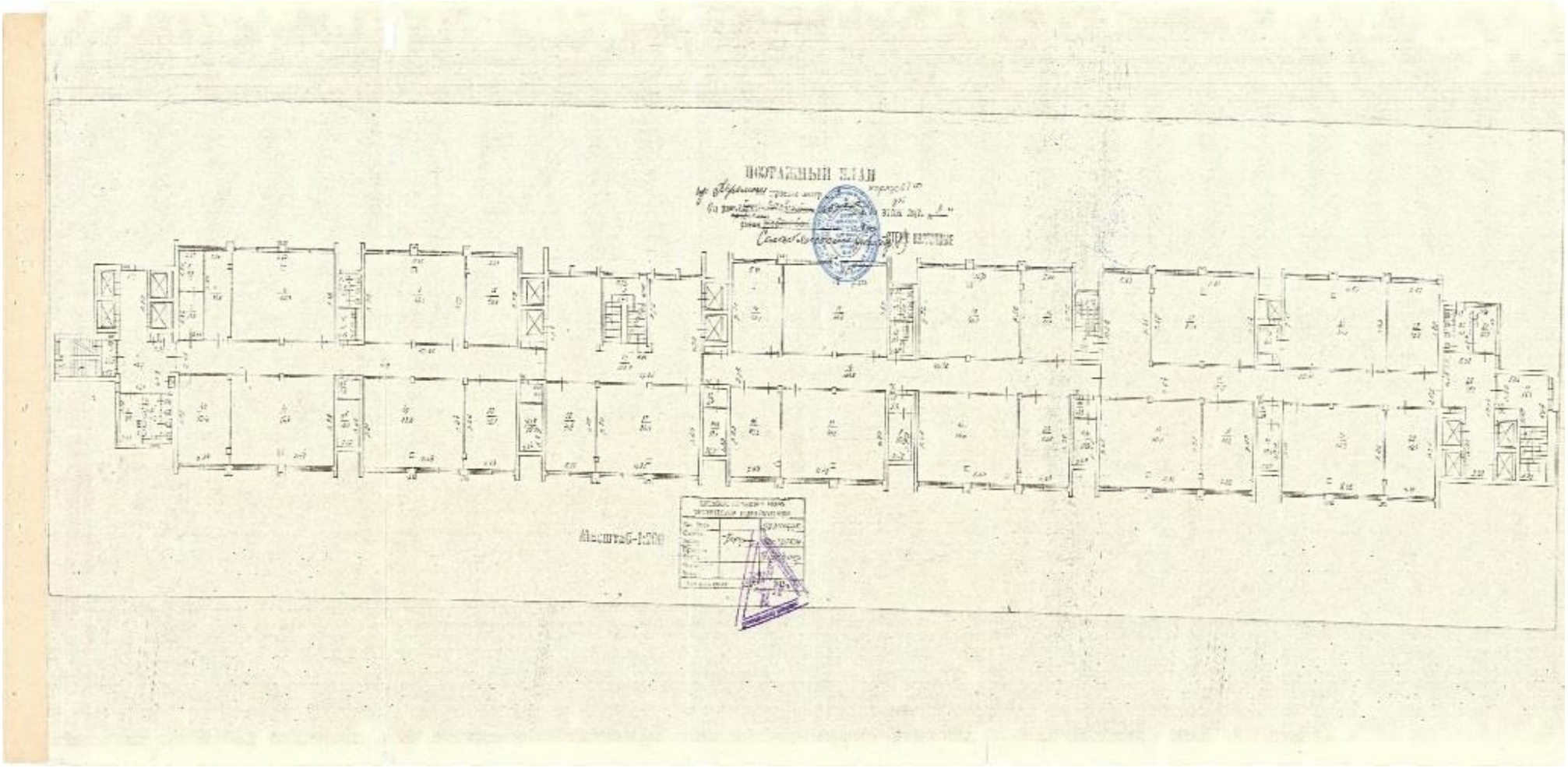
План 1-го поверху



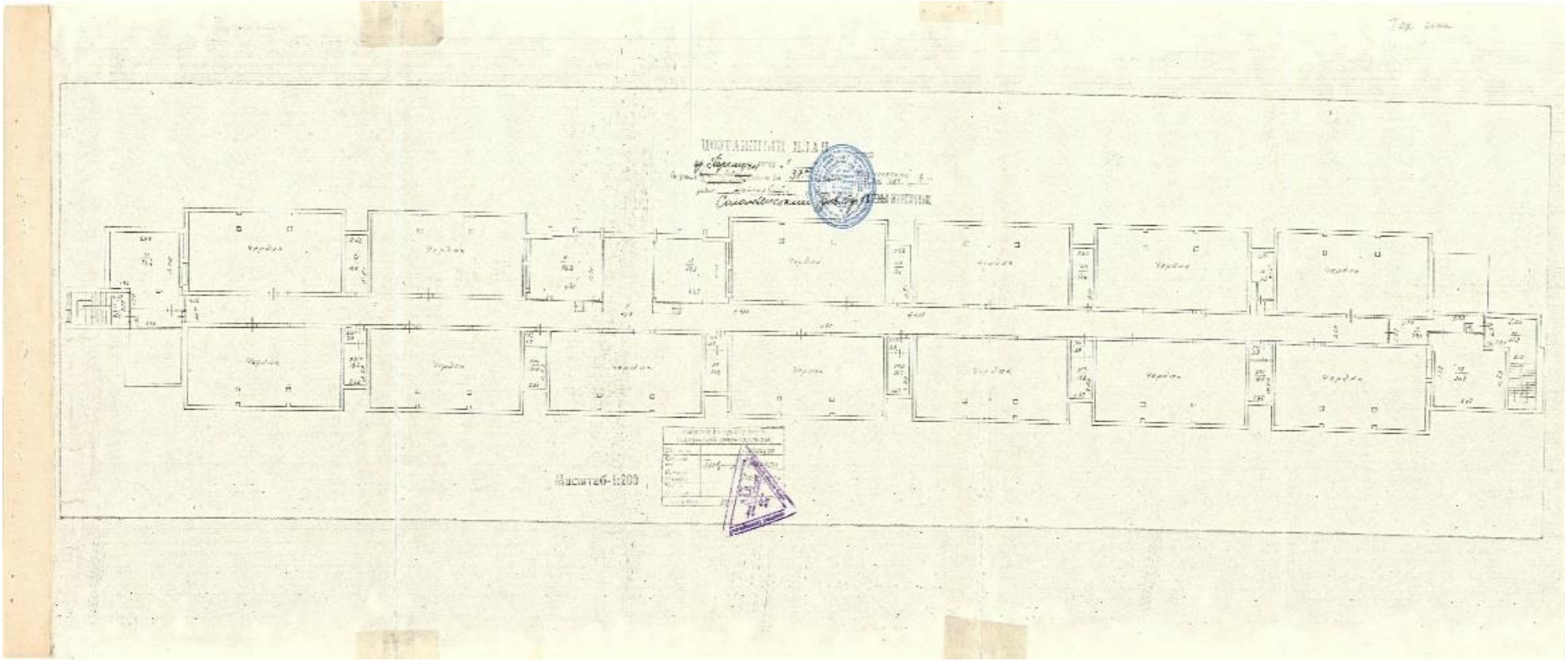
План 2-го поверху



План 7-го поверху

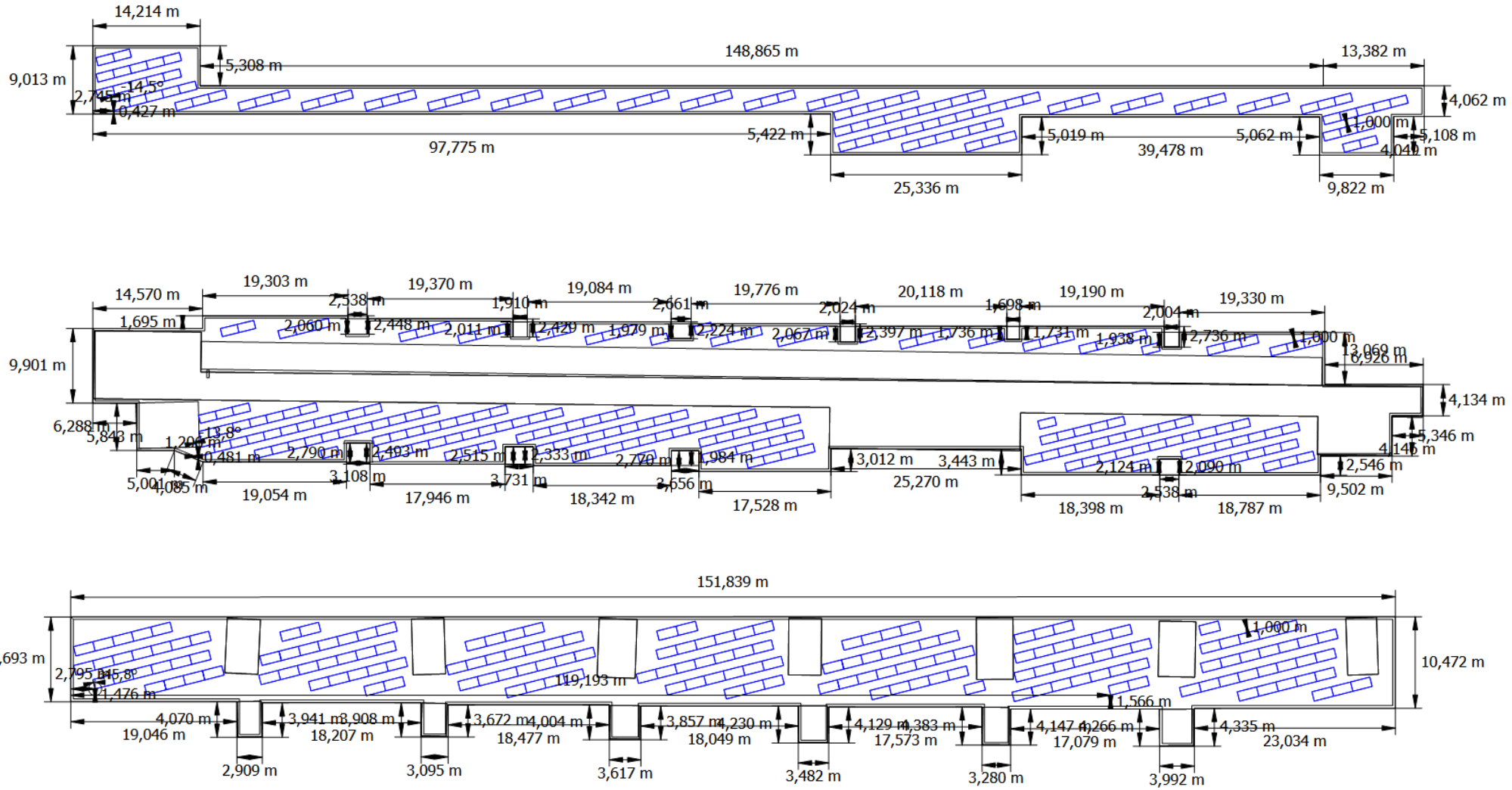


План 8-го поверху

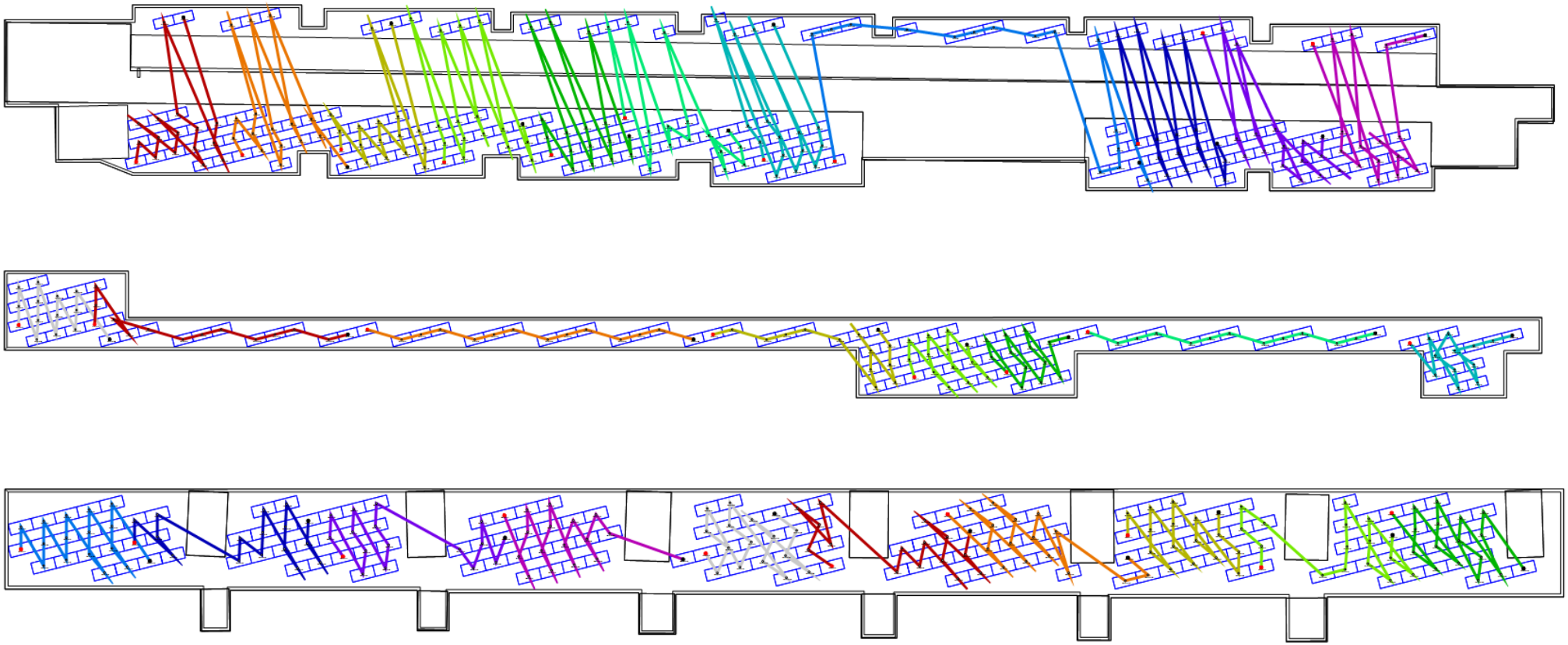


План горища

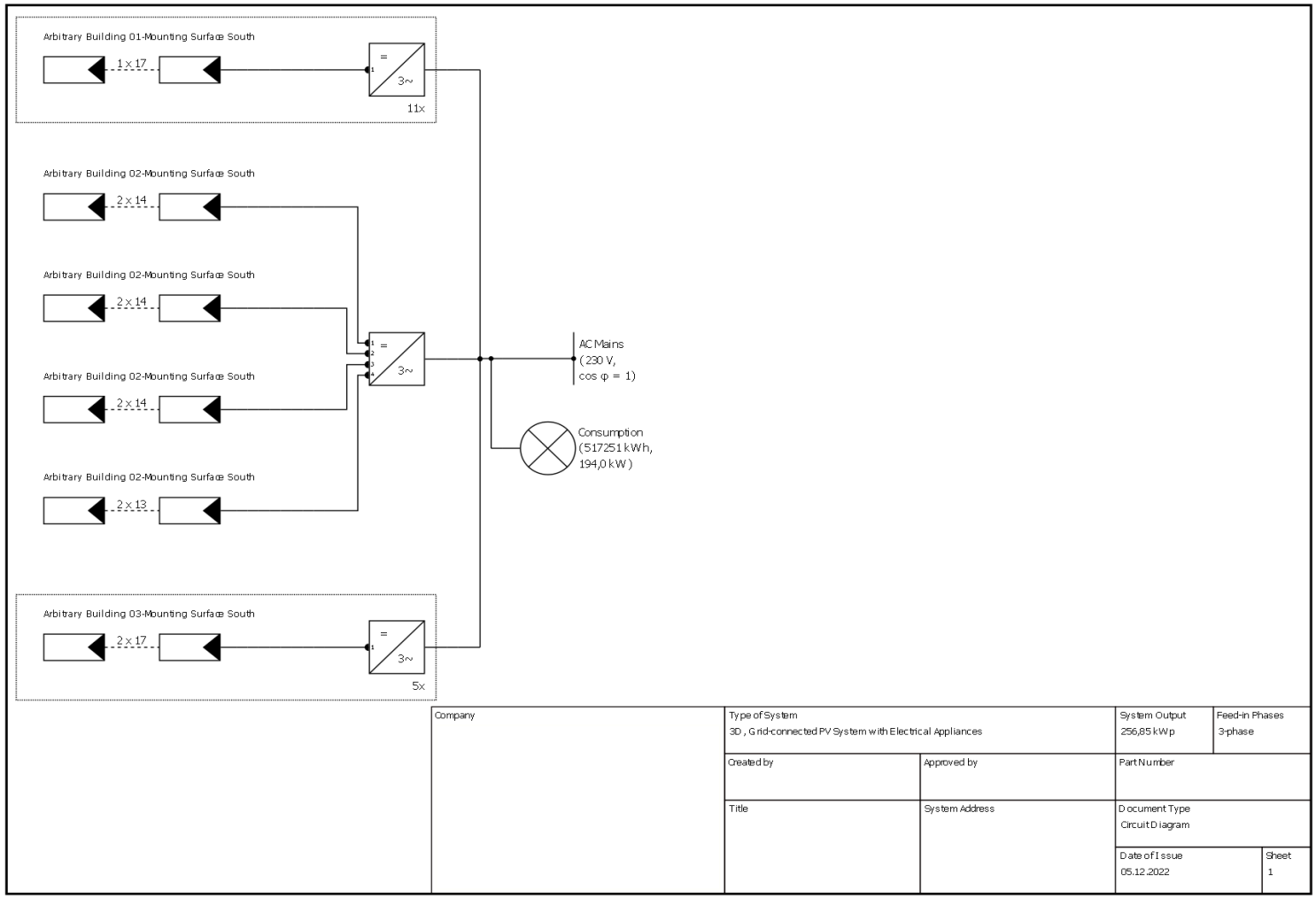
Додаток Б


14,214 m
5,308 m
148,865 m
13,382 m
9,013 m
14,5°
2,745 m
0,427 m
4,062 m
97,775 m
5,422 m
5,019 m
39,478 m
5,062 m
1,000 m
5,108 m
4,042 m
25,336 m
9,822 m
14,570 m
19,303 m
19,370 m
19,084 m
19,776 m
20,118 m
19,190 m
19,330 m
1,695 m
2,538 m
1,910 m
2,661 m
2,024 m
1,698 m
2,004 m
2,060 m
2,448 m
2,011 m
2,429 m
1,979 m
2,224 m
2,067 m
2,397 m
1,736 m
1,731 m
1,938 m
2,736 m
1,000 m
3,069 m
6,926 m
9,901 m
4,134 m
6,288 m
5,843 m
13,8°
1,206 m
0,481 m
2,790 m
2,493 m
2,515 m
2,333 m
2,770 m
1,984 m
3,012 m
3,443 m
5,346 m
4,146 m
2,124 m
2,090 m
2,546 m
5,001 m
4,085 m
3,108 m
3,731 m
3,656 m
2,538 m
9,502 m
19,054 m
17,946 m
18,342 m
17,528 m
25,270 m
18,398 m
18,787 m
151,839 m
1,000 m
9,693 m
2,795 m
45,8°
1,476 m
119,193 m
1,566 m
10,472 m
4,070 m
3,941 m
8,908 m
3,672 m
4,004 m
3,857 m
4,230 m
4,129 m
4,383 m
4,147 m
4,266 m
4,335 m
19,046 m
18,207 m
18,477 m
18,049 m
17,573 m
17,079 m
23,034 m
2,909 m
3,095 m
3,617 m
3,482 m
3,280 m
3,992 m

Додаток В



Додаток Г


Arbitary Building 01-Mounting Surface South
1 x 17
11x
Arbitary Building 02-Mounting Surface South
2 x 14
Arbitary Building 02-Mounting Surface South
2 x 14
Arbitary Building 02-Mounting Surface South
2 x 14
Arbitary Building 02-Mounting Surface South
2 x 13
Arbitary Building 03-Mounting Surface South
2 x 17
5x
AC Mains
(230 V,
cos φ = 1)
Consumption
(517251 kWh,
194,0 kW)
Company
Type of System
3D , Grid-connected PV System with Electrical Appliances
System Output
256,85 kWp
Feed-in Phases
3-phase
Created by
Approved by
Part Number
Title
System Address
Document Type
Circuit Diagram
Date of Issue
05.12.2022
Sheet
1