

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 697.7

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ Віталій ПЕШКО
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
«_____» _____ 2025 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»
спеціальності 144«Теплоенергетика»

на тему: «Використання відновлюваних джерел енергії для скорочення викидів у житловому секторі»

Виконав: студент II курсу, групи ТЕ-41мп

_____ Олександр ПІСКУРОВСЬКИЙ _____
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Науковий керівник асистент, доктор філософії
(посада, науковий ступінь, вчене звання)
_____ Олена ЯЦЕНКО _____
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант з питань доцент, кандидат техн. наук
охорони праці (Посада, науковий ступінь, вчене звання)
(назва розділу) _____ Віктор ШКЛЯР _____
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Науковий керівник _____

Київ – 2025 року

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма

«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віталій ПЕШКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Олександру Піскуровському

(Ім'я, Прізвище)

1. Тема дисертації: «Використання відновлюваних джерел енергії для скорочення викидів у житловому секторі».

Науковий керівник дисертації Олена Яценко, доктор філософії

(Ім'я, Прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «03» листопада 2025 р. № 4779-с .

2. Термін подання студентом дисертації 16 грудня 2025 року.
3. Об'єкт дослідження Система енергозабезпечення житлової будівлі.
4. Вихідні дані до дисертації: поверхові плани з основними геометричними показниками будівлі, розміри вікон та дверей будівлі; опалювальний об'єм будівлі 15385,3 м³.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) Визначити теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій, базовий рівень енергоспоживання та клас енергетичної ефективності будівлі за методиками діючих Державних стандартів України; 2) Розробити розрахункову модель та дослідити потенціал впровадження класичних енергоефективних заходів; 3) провести оцінку ефективності використання альтернативних джерел енергії для енергозабезпечення будівлі у програмних продуктах Valentin Software; 4) розробити систему енергетичного менеджменту; 5) розробити стартап проєкт; 6) розробити заходи з охорони праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Схема теплопостачання об'єкту – 1 арк. ф. А1.
2. План трубопроводів по підвалу та техповерху будинку – 1 арк. ф. А1.
3. Обв'язка приладів опалення – 1 арк. ф. А1.
4. Типові вузли утеплення фасадів – 1 арк. ф. А1.
5. Схема теплопостачання з інтеграцією ВДЕ (спецпитання) – 1 арк. ф. А1.
6. План розташування сонячних панелей на крівлі – 1 арк. ф. А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій: відсутні.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Віктор ШКЛЯР, доцент, к.т.н.		

Дата видачі завдання «24» жовтня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та енергоефективності інженерних систем	31.10.2025р	
2	Розрахунок показників енергоефективності житлової будівлі за методикою ДСТУ 9190:2022	08.11.2025р.	
3	Визначення техніко-економічних показників заходів з енергозбереження	13.11.2025р.	
4	Розробка моделей з використанням альтернативних джерел енергії в програмних продуктах Valentin Software	18.11.2025р.	
5	Енергетичний менеджмент та моніторинг	22.11.2025р.	
6	Розробка стартап проєкту	25.11.2025р.	
7	Заходи з охорони праці	01.12.2025р.	
8	Графічна частина	08.12.2025р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	12.12.2025р.	

Студент

(підпис)

Олександр ПІСКУРОВСЬКИЙ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

(підпис)

Олена ЯЦЕНКО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота виконана з метою здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» і присвячена темі «Застосування відновлюваних джерел енергії для зменшення викидів у житловому секторі». Пояснювальна записка містить 96 сторінок, включає 27 рисунків, 45 таблиць, 10 джерел літератури та 6 креслень формату А1.

Об'єктом дослідження є система енергопостачання житлової будівлі.

Метою магістерської роботи є підвищення рівня енергоефективності дев'ятиповерхового житлового будинку, розташованого в місті Житомир, шляхом розроблення та впровадження комплексу інженерних і організаційних заходів, спрямованих на використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії з урахуванням кліматичних умов регіону та економічної ефективності запропонованих рішень.

У межах дослідження виконано розрахунок основних показників енергоефективності будівлі, зокрема визначено клас її енергоефективності відповідно до методики, наведеної у ДСТУ 9190:2022. На основі отриманих результатів сформовано перелік енергоефективних заходів, реалізація яких дозволить підвищити комфортність проживання, покращити енергетичний клас будівлі та скоротити фінансові витрати на споживання енергоресурсів.

Моделювання роботи систем альтернативного енергозабезпечення виконано з використанням спеціалізованого програмного забезпечення PVSOL та GeoTSOL. Для забезпечення системи гарячого водопостачання підібрано повітряні теплові насоси. З метою забезпечення їх функціонування, а також покриття потреб в електроенергії циркуляційних насосів і освітлення місць загального користування, запропоновано встановлення сонячної електростанції на покрівлі будівлі. У процесі проєктування розроблено креслення схеми підключення теплового насоса до системи ГВП та схему розміщення сонячних панелей на даху житлового будинку.

Ключові слова: енергоефективність, житловий будинок, тепловий насос, сонячна електростанція, PVSOL, GeoTSOL.

SUMMARY

The master's thesis is prepared for obtaining the Master's degree within the educational and professional program "Energy Management and Engineering of Thermal Power Systems" and is devoted to the topic "Application of Renewable Energy Sources to Reduce Emissions in the Residential Sector." The explanatory note consists of 96 pages and includes 27 figures, 45 tables, 10 bibliographic references, and 6 A1-format drawings.

The object of the research is the energy supply system of a residential building.

The aim of the thesis is to improve the energy efficiency of a nine-storey residential building located in the city of Zhytomyr through the development and implementation of a set of energy-efficient measures and engineering solutions focused on the use of renewable and alternative energy sources, taking into account regional climatic conditions and economic feasibility.

Within the framework of the study, calculations of the main energy efficiency indicators were performed, including the determination of the building's energy efficiency class in accordance with the methodology of DSTU 9190:2022. Based on the obtained results, a set of energy-efficient measures was identified, the implementation of which will improve indoor comfort conditions, increase the building's energy efficiency class, and reduce financial expenditures on energy resources.

The modeling of alternative energy supply systems was carried out using specialized software PV*SOL and GeoT*SOL. Air-source heat pumps were selected for the domestic hot water supply system. To support their operation and to cover the electricity demand of circulation pumps and lighting of common areas, the installation of a photovoltaic system on the roof of the building is proposed. During the development of this solution, schematic drawings of the heat pump connection to the domestic hot water system, as well as the layout of the photovoltaic power plant on the building roof, were prepared.

Keywords: energy efficiency, residential building, heat pump, photovoltaic power plant, PVSOL, GeoTSOL.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: Використання відновлюваних джерел енергії для скорочення викидів у
житловому секторі

Київ – 2025 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	13
1 ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	14
1.1 Загальна характеристика об'єкту	14
1.2 Характеристика огорожувальних конструкцій об'єкту	15
1.3 Характеристика інженерних систем об'єкту	19
1.4 Розрахункові та кліматичні умови	21
Висновки до розділу 1	21
2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ	22
2.1 Аналіз існуючого стану системи теплопостачання	22
2.2 Визначення тепловтрат та теплонадходжень об'єкту	23
Сумарна теплопередача вентиляцією для режиму опалення	25
2.3 Аналіз енергетичних показників об'єкту	40
Висновки до розділу 2	41
3 УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТА ІНЖИНІРИНГ	
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	43
3.1 Рішення з реконструкції системи теплопостачання	43
3.2 Розробка теплової схеми.....	45
3.3 Підбір основного обладнання.....	46
Висновки до розділу 3	51
4 МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ	
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ.....	52
4.1 Аналіз потенціалу скорочення викидів на основі методики ДСТУ	
9190:2022	52
4.3 Моделювання сонячної електростанції у програмному середовищі PV*Sol	
.....	55

					МД 25 144 24 06 ПЗ		
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Піскуровський				Енергоефективність житлового будинку. Пояснювальна записка	Стадія	Аркуш
Перевірив	Яценко						6
Т.контр.	Шевченко						96
Н.контр.	Білоус					КПІ ім. Ігоря Сікорського Кафедра ТАЕ, Гр. ТЕ-41мп	
Зав.каф.	Пешко						

4.4 Моделювання теплового насосу для гарячого водопостачання у програмному середовищі GeoT*Sol.....	62
Висновки до розділу 4	67
5 СТАРТАП ПРОЄКТ	69
5.1 Опис ідеї стартапу	69
5.2 Пропоноване рішення	71
5.3 Цільова аудиторія.....	75
5.4 Монетизація стартап-проєкту.....	76
5.4 Фінансова оцінка впровадження стартап-проєктуонетизація стартап-проєкту.....	79
Висновки до розділу	81
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ З ОБЛАШТУВАННЯ СЕС	83
6.1 Загальна характеристика умов праці при монтажі СЕС	83
6.2 Основні види робіт при монтажі СЕС	85
6.3 Оцінка умов праці на робочих місцях.....	88
6.4 Технічні та організаційні заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час монтажу СЕС	90
Висновки до розділу 6	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	96
Додаток А Технічні характеристики обладнання.....	97
Додаток Б Перевірка магістерської дисертації на академічну доброчесність	99
ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.....	100

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

U_i – коефіцієнт теплопровідності;

$\alpha_{вн.}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_{зов.}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої сторони будівлі;

δ – товщина шару матеріалу;

λ – теплопровідність матеріалу;

Δt – різниця температури в приміщенні та середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період;

F_i – площа огорожувальної конструкції

n – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур

$\Sigma\beta$ – параметр що враховує орієнтацію ОК відносно сторін світу

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

$\theta_{int,set,H}$ – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища

t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок

H_D – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища

H_G – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує некондиціоновані площі

A_i – площа і-го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі виміряна за внутрішніми розмірами, включно з площею внутрішніх дверних та віконних укосів

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H_{iu} – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об’ємом/зоною та некондиціонованим об’ємом/ приміщенням оранжерейного типу

b_u – поправочний коефіцієнт

$H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для опалення

$\rho_a \cdot c_a$ – теплоємність одиниці об’єму повітря

$q_{ve,mn,H}$ – усереднена за часом витрата повітря для вентиляції для опалення та для охолодження відповідно

$b_{ve,H}$ – температурний поправковий коефіцієнт, що коригує коефіцієнт теплопередачі вентиляцією замість різниці температур у випадках, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища

$q_{inf,mn,H}$ – усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для опалення

n_{inf} – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації

V – об’єм зони (чи вентиляційної підзони)

$\Phi_{int,mn,k}$ – усереднена за часом щільність теплового потоку від k -го внутрішнього джерела залежно від призначення будівлі

$A_{f,k}$ – кондиціонована площа k -ї зони будівлі

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

$F_{sh,ob,k}$ - знижувальний 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

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення середньомісячної дози сонячної радіації, осередненої для однієї години для сприймальної площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності

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

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

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини

A_c – площа проекції елемента

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери

$Q_{H,gn}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення

$Q_{H,ht}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення

α_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі

$\alpha_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа

τ – часова константа зони будівлі

C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи

$Q_{H,em,out}$ – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні

η_{str} – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень

k – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж і-го місяця

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_{H,em,out,i}$ – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за i -й місяць

$W_{H,em,aux,i}$ – додаткова енергія впродовж i -го місяця

$Q_{H,em,ls,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж i -го місяця

$Q_{H,em,ls,nrvd,i}$ – неутілізовані тепловтрати для підсистеми тепловіддачі впродовж i -го місяця

$\psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го трубопроводу

$\theta_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні впродовж i -го місяця

θ_i – температура навколишнього середовища

L_j – довжина трубопроводу

$t_{op,an,i}$ – години опалення впродовж i -го місяця

$Q_{H,dis,out,i}$ – енергія виходу з підсистеми розподілення впродовж i -го місяця

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$ – неутілізована тепловтрата для підсистеми розподілення впродовж i -го місяця

$\eta_{H,gen}$ – ефективність підсистеми генерування теплоти

$Q_{C,dis,out}$ – енергія виходу підсистеми розподілення впродовж певного місяця

$\eta_{C,gen}$ – ефективність підсистеми генерування

η_{pg} – ефективність генерації електроенергії

EP_{use} – загальне питоме енергетичне споживання при опаленні, охолодженні

СКОРОЧЕННЯ

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;

ОК – огорожувальні конструкції;

СК – світлопрозорі конструкції;

ГВП – гаряче водопостачання;

СО – система опалення;

ДБН – державні будівельні норми;

ІТП – Індивідуальний тепловий пункт;

ДСТУ – державний стандарт України;

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТМ – теплова мережа;

ТН – тепловий насос;

ВОТЕ – вузол обліку теплової енергії;

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

SFP – сезонний коефіцієнт ефективності;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЖКГ – житлово комунальне господарство;

MVP – мінімальний робочий продукт;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

АКБ – акумуляторна батарея;

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метою цього дослідження є проведення аналізу рівня енергоефективності багатоквартирного житлового будинку об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) «Проїзд академіка Тутковського, 15» із подальшим розробленням практичних рекомендацій, спрямованих на його підвищення. Проект ґрунтується на комплексному підході до оцінювання теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, ефективності систем теплопостачання, а також обсягів споживання енергетичних ресурсів.

Актуальність виконання дослідження обумовлена потребою у забезпеченні належних умов проживання мешканців у будівлях із недостатніми теплоізоляційними характеристиками, зменшенні теплових втрат та оптимізації витрат на енергоносії. Реалізація таких заходів є доцільною як з економічної точки зору, так і з позиції зниження негативного впливу на довкілля.

Об'єктом дослідження є багатоквартирний житловий будинок, розташований у місті Житомир, який відзначається застарілими конструктивними елементами та інженерними системами. У процесі виконання роботи передбачено проведення оцінки енергетичної ефективності будівлі, визначення її енергетичного класу, розроблення та обґрунтування заходів з модернізації, а також повторне визначення класу енергоефективності з урахуванням запропонованих рішень і опрацювання варіантів впровадження відновлюваних джерел енергії.

Реалізація даного проєкту спрямована на вирішення актуальних завдань у сфері енергозбереження та відповідає сучасним вимогам енергоефективності й принципам екологічної сталості.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика об'єкту

Об'єктом дослідження дипломного проєктування є багатоквартирна житлова будівля ОСББ «ПРОЇЗД АКАДЕМІКА ТУТКОВСЬКОГО 15» розташована за адресою: м. Житомир, проїзд академіка Тутковського, буд. 15. Загальна кількість квартир – 64. На рисунку 1.1 зображено місцезнаходження будівлі.



Рисунок 1.1 – Місцезнаходження будівлі

Рік вводу в експлуатацію житлового будинку – 1985. З 2017 р. у будинку було організовано ОСББ “ПРОЇЗД АКАДЕМІКА ТУТКОВСЬКОГО 15”. На рисунку 1.2 зображено фото будівлі.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.2 – Об’єкт дослідження ОСББ “ПРОЇЗД АКАДЕМІКА
ТУТКОВСЬКОГО 15”

1.2 Характеристика огорожувальних конструкцій об’єкту

Житловий будинок складається з двох типових 9-поверхових секцій, розташованих лінійно. В будівлі наявний неопалювальний підвал та неопалювальне горище. Дах плоский. Присутні неопалювальні площі у вигляді застелених балконів. Інформація щодо розмірних характеристик будівлі наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розмірні характеристики будівлі

Площа забудови, м ²	728,9	Кількість поверхів	9
Опалювальна площа, м ²	5313,4	Середня висота поверху, м	2,7
Опалювальний об’єм, м ³	15385,3	Висота будівлі, м	28,5

Характеристики зовнішніх стін

Зовнішні стіни виконані з силікатної цегли, товщиною 510 мм. По периметру фасаду наявне клаптикове утеплення окремих квартир. В таблиці 1.2 наведено загальні характеристики зовнішніх стін будівлі. На рисунку 1.3 зображено стан фасадів будівлі.

Таблиця 1.2 – Характеристики зовнішніх стін будівлі.

Найменування	Одиниця	Величина			
Загальна площа зовнішніх стін	м ²	2912,2			
Площа зовнішніх стін, що межує з зовнішнім повітрям	м ²	2044,6			
Площа зовнішніх стін, що межує з неопалювальними приміщеннями	м ²	776,4			
Площа зовнішніх стін, що межує з опалювальними приміщеннями	м ²	91,2			
Матеріал	-	– розчин цементно-піщаний 20 мм; – цегла силікатна на ц/п розчині 510 мм;			
Орієнтація зовнішніх стін за сторонами світу	-	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх
Площа зовнішніх стін, що межує з зовнішнім повітрям за орієнтацією	м ²	881,7	368,8	475,3	318,8
Площа зовнішніх стін, що межує з неопалювальними приміщеннями за орієнтацією	м ²	74,4	104,5	460,3	137,3
Площа зовнішніх стін, що межує з опалювальними приміщеннями за орієнтацією	м ²	91,2	-	-	-



Рисунок 1.3 – Фасади житлового будинку

Характеристики світлопрозорих конструкцій (СК)

Значна кількість дерев'яних віконних блоків були замінені мешканцями самостійно у ході експлуатації будівлі. Замінені віконні блоки складаються з ПВХ профілю та одно- або двокамерного склопакету. Не замінені вікна складаються з дерев'яного профілю та однокамерного склопакету. В таблиці 1.3 наведено загальні характеристики світлопрозорих конструкцій будівлі.

Таблиця 1.3 – Характеристика світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівлі

Найменування	Одиниці виміру	Величина
1	2	3
Загальна площа світлопрозорих огорожувальних конструкцій	м ²	604,1
Площа світлопрозорих конструкцій, що межують з зовнішнім повітрям	м ²	293,26
Площа світлопрозорих конструкцій, що межують з некондиціонованим об'ємом	м ²	310,85
Коефіцієнт скління	-	0,21
Матеріал профілю	-	ПВХ / Дерево

Продовження таблиці 1.3

1	2	3			
Орієнтація світлопрозорих конструкцій за сторонами світу	-	Пн-Сх	Пд-Сх	Пд-Зх	Пн-Зх
Площа світлопрозорих конструкцій, що межують з зовнішнім повітрям за орієнтацією	м ²	80,78	30,33	139,12	43,02
Площа світлопрозорих конструкцій, що межують з неопалювальними приміщеннями за орієнтацією	м ²	85,63	32,16	147,47	45,60

Характеристика зовнішніх дверей

Будівля має 2 вхідні групи обладнані металевими дверми. В таблиці 1.4 наведено загальні характеристики зовнішніх дверей будівлі.

Таблиця 1.4 – Характеристика зовнішніх дверей будівлі

Найменування	Одиниці виміру	Величина
Загальна площа вхідних дверей	м ²	17,43
Матеріал дверних конструкцій	-	Метал
Орієнтація дверей за сторонами світу	-	Пн-Зх; Пд-Сх

Характеристика покрівлі (даху, горищного перекриття)

Дах житлового будинку виконаний у вигляді плоскої крівлі вкритого рубероїдом. Перекриття між неопалювальним горищем та опалювальними приміщеннями виконано із залізобетонної плити товщиною 220 мм, яка додатково утеплена шаром керамзитового гравію товщиною 150 мм. Стан гідроізоляції покриття незадовільний. Загальні характеристики перекриття над неопалювальним горищем представлені в таблиці 1.5.

Характеристика перекриття над неопалювальним підвалом

Під всією площею будівлі присутній неопалювальний підвал зі світловими прорізами в стінах. Перекриття виконане із залізобетонних панелей товщиною 400 мм. Загальна характеристика перекриття представлена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.5 – Характеристика перекриття над неопалювальним горищем

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Найменування	Одиниці виміру	Величина
Тип даху	-	Плоский
Загальна площа горищного перекриття	м ²	590,4
Конструкція горищного перекриття	-	– цементно-піщана стяжка 10 мм; – залізобетонна плита 220 мм; – гравій керамзитовий 150 мм.
Висота горищного поверху	м	1,5

Таблиця 1.6 – Характеристика перекриття над неопалювальним підвалом

Найменування	Одиниці виміру	Величина
Загальна площа перекриття над неопалювальним підвалом	м ²	590,4
Конструкція перекриття над неопалювальним підвалом	-	– покриття підлоги 10 мм; – розчин ц/п 60 мм; – засипка керамзитом 100 мм; – залізобетон 220 мм.
Середня висота підвалу, м	м	1,5

1.3 Характеристика інженерних систем об'єкту

Система теплопостачання – централізована. Загальна кількість стояків системи опалення становить 36 одиниць. Загальна кількість встановлених опалювальних приладів становить 279 одиниць. Опалювальні прилади (радіатори) розміщено біля зовнішніх стін під вікнами без радіаційного захисту. За проектом будівництва приєднання приладів опалення, в межах стояку, здійснено послідовно, без застосування обвідного трубопроводу (байпасу), запірної арматури та термостатичних клапанів. На момент проведення обстеження об'єкту, в частині квартир (близько 35%) мешканцями самостійно замінені конвектори на різного типу чавунні, алюмінієві та біметалічні секційні радіатори. Автоматичні (балансувальні) клапани не встановлені.

Централізоване гаряче водопостачання (ГВП) будівлі на час обстеження – відсутнє. Трубопроводи системи – демонтовані, теплова ізоляція застаріла та частково відсутня. В якості резервного джерела гарячого водопостачання використовуються електричні накопичувальні водопідігрівачі (бойлери).

Будинок підключено до міської електромережі через понижуючий трансформатор 0,4/10 кВ. На вводі в будинок встановлено загальнобудинковий лічильник. Також встановлено квартирні лічильники для забезпечення індивідуального обліку споживання електроенергії.

Для освітлення місць загального користування використовуються системи зі світильниками з лампами розжарення та з світлодіодними лампами. Лампи розжарення - 20шт (75 Вт) та лампи світлодіодні – 20 шт (15 Вт). Керування системою освітлення здійснюється в ручному режимі. Тривалість роботи системи освітлення становить 10-20 годин на добу у залежності від пори року.

У 2021 будинок спожив на потреби опалення 864 тис. кВт·год теплової енергії. В таблиці 1.7 наведено тарифи на енергоресурси.

Таблиця 1.7 – Тарифи на енергоресурси в Житомирі

Енергоресурси	Газ	Електроенергія	Водо-постачання	Тепло-постачання
Одиниці виміру	грн/м ³	Грн/кВт·год	грн/м ³	грн/Гкал
Вартість	7,96	4,32	37,54	2279,95

1.4 Розрахункові та кліматичні умови

В таблиці 1.8 наведено кліматичні умови для міста Житомир відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [1].

Таблиця 1.8 – Кліматичні дані об'єкту дослідження

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Кліматичний район	-	I
Розрахункова температура зовнішнього повітря	°C	-22
Тривалість опалювального періоду	днів	184
Середня температура повітря за опалювальний період	°C	-0,2
Кількість градусо-днів опалювального періоду:		3717

Висновки до розділу 1

Будівля ОСББ «ПРОЇЗД АКАДЕМІКА ТУТКОВСЬКОГО 15» характеризується низькими теплоізоляційними властивостями, зумовленими конструктивними особливостями, старими матеріалами стін та частково заміненими вікнами. Наявність неопалюваного підвалу та горища також сприяє значним тепловтратам. Для підвищення енергоефективності рекомендовано утеплення фасадів, заміну дерев'яних вікон та модернізацію систем енергозабезпечення. Реалізація цих заходів дозволить скоротити тепловтрати та підвищити комфорт мешканців.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ

2.1 Аналіз існуючого стану системи теплопостачання

Система опалення (СО) будівлі приєднана до централізованого теплопостачання. Приєднання здійснюється по залежній схемі, через елеваторний вузол. На вводі в будинок встановлено тепловий лічильник для споживання тепла спожитого на потреби системи опалення. Існуюча система опалення не відповідає сучасним вимогам. Використання гідроелеватора забороняється згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [2]. Також відсутнє погодозалежне керування в індивідуальному тепловому пункті (ІТП), що є обов'язковим на сьогоднішній день.

У зв'язку з втручаннями в систему опалення в квартирах та відсутністю балансувальних клапанів система опалення розбалансована. Також відсутня можливість регулювання на опалювальних приладах, що також погіршує ефективність роботи системи опалення.

Теплова ізоляція трубопроводів системи опалення не відповідає сучасним вимогам та знаходиться в незадовільному стані. На певних ділянках ізоляція трубопроводу відсутня.

Централізоване гаряче водопостачання запроектоване у будинку, проте на даний момент система відключена, а трубопроводи системи демонтовані.

Загалом система теплопостачання не відповідає сучасним вимогам, знаходиться в незадовільному стані та потребує суттєвої модернізації. На рисунку 2.1 зображено принципову теплову схему системи теплопостачання.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

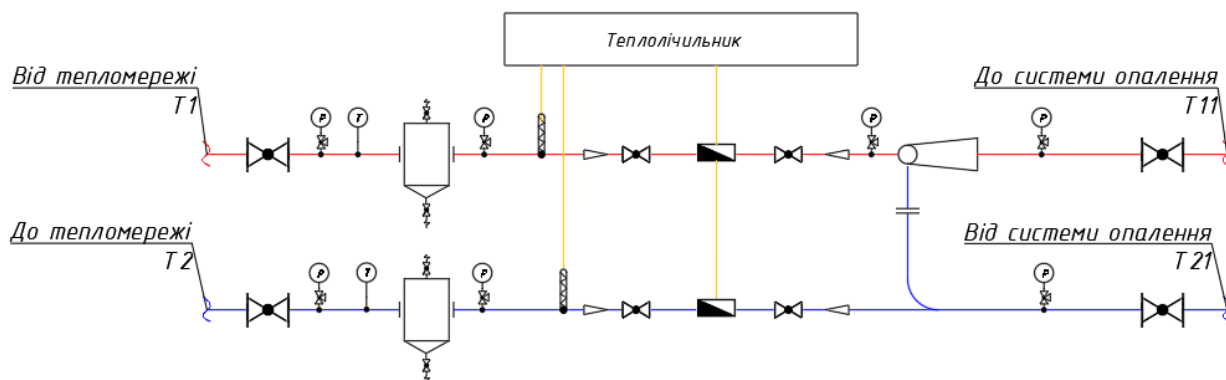


Рисунок 2.1 – Наявна схема теплопостачання житлового будинку

2.2 Визначення тепловтрат та теплонадходжень об'єкту

Для визначення балансу теплових втрат та теплових надходжень проведемо розрахунок згідно ДСТУ 9190:2022 [3].

Для проведення розрахунку попередньо необхідно розрахувати коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій за формулою 2.1. Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.1.

$$U_i = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{d_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} = \frac{1}{R_i} \quad (2.1)$$

Таблиця 2.1 – Характеристики ОК для розрахунку

Межує з	Конструкція	Площа	Bu Н	Bu С	R _{факт}
Навколишнє середовище	Стіни	2044,59	1	1	0,77
	Суміщене покриття, м²	0,0	1	1	1,09
	Перекриття над проїздом, м²	0,0	1	1	0,81
	Світлопрозорі конструкції (СК)	604,11	1	1	0,52
	Двері	17,43	1	1	0,36
Неопалювальний об'єм	Стіни	776,40	0,80	1	0,77
	Горищне перекриття, м²	728,9	0,70	1	1,09
	Перекриття над підвалом, м²	728,9	0,3	1	0,81
	Світлопрозорі конструкції (СК)		0,8	1	0,52
	Двері		0,8	1	0,36

Сумарна теплопередача трансмісією

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , Вт·год, визначається для кожного місяця за формулою.

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.2)$$

де $\theta_{int,set,H}$ – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період, °С, приймати за табл.16 ДСТУ 9190:2022;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С; приймати за табл. А2 ДСТУ 9190:2022;

$t - Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t$ тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 (додаток А).

$H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-зовні розраховуємо за формулою.

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_u + H_A, \quad (2.3)$$

де H_u – коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К, визначаємо за формулою.

$$H_u = \sum_{i=1}^n \frac{A_i B_i}{R_i}, \quad (2.4)$$

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

H_D – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К, за формулою.

$$H_D = b_{tr,x} \sum_{i=1}^n A_i U_i = b_{tr,x} \sum_{i=1}^n A_i \frac{1}{R_{\Sigma np}}, \quad (2.5)$$

При розрахунках H_D приймаємо поправочний коефіцієнт $b_{tr,x} = 1$, $H_G = 0$ – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К.

Проведемо розрахунки теплопередачі шляхом трансмісії помісячно. Результати зведені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Теплопередача шляхом трансмісії в опалювальний період

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місяць	$\theta_e, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t, \text{ год}$	$H_{tr,adj}, \text{ Вт/К}$	$Q_{tr}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
I	-5.1	744	5309,35	99149,0
II	-4,0	672		85629,2
III	0,4	744		77423,1
IV	7,9	456		29294,9
X	7,4	336		22477,7
XI	1,7	720		69956,0
XII	-2,8	744		90063,6
Разом				473993,5

Сумарна теплопередача вентиляцією для режиму опалення

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, визначається для кожного місяця за формулою.

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.6)$$

де t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 ДСТУ 9190:2022;

$H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К, що розраховується за формулою (2.7).

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \left(\sum (q_{ve,k,mn} \cdot b_{ve,k}) \right) \quad (2.7)$$

де $\rho_a \cdot c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, за ДСТУ 9190:2022 дорівнює 0,336 Вт·год/(м³·К);

$b_{ve,H}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища, приймаємо $b_{ve,k} = 1$;

$q_{ve,mn,H}$ – усереднена за часом витрата повітря для вентиляції, м³/год, розраховується за формулою.

$$q_{ve,mn,H} = q_{ve,H} \cdot t_{ve,H}/168, \quad (2.8)$$

де $q_{ve,H}$ – нормативна витрата повітря, приймаємо 0,6 м³/год;

Результати розрахунку показані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Теплопередача шляхом вентиляції для опалення

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{ год}$	$H_{ve,adj}, \text{ Вт/К}$	$Q_{ve}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
I	-5,1	744	2437,03	45510,10
II	-4,0	672		39304,44
III	0,4	744		35537,77
IV	7,9	456		13446,57
X	7,4	336		10317,42
XI	1,7	720		32110,33
XII	-2,8	744		41339,85
Разом				388694,3

Сумарна теплопередача для режиму опалення

Сумарна теплопередача для періоду опалення визначається за формулою.

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.9)$$

Результати показані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Сумарна теплопередача шляхом опалення

Місяць	$Q_{tr}, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$Q_{ve}, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$Q_{ht}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
I	99149,0	45510,1	144659,1
II	85629,2	39304,4	124933,7
III	77423,1	35537,8	112960,9
IV	29294,9	13446,6	42741,4
X	22477,7	10317,4	32795,1
XI	69956,0	32110,3	102066,4
XII	90063,6	41339,9	131403,5
Разом	473993,5	217566,5	691559,9

Внутрішні теплонадходження для режиму опалення

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядають, Q_{int} , кВт·год, розрахуємо за формулою.

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (2.10)$$

де $\sum_k \Phi_{int,mn,k}$ - усереднена за часом щільність теплового потоку від k-го внутрішнього джерела, що може бути прийнята згідно з таблицею 6 ДСТУ 9190:2022, Вт/м²;

A_f – опалювальна площа будівлі, м²;

t – тривалість застосування, год/місяць.

Приймаємо:

- метаболічна теплота від людей $\Phi_{int,Oc}=1.8 \text{ Вт/м}^2$,
- освітлення $\Phi_{int,L}=2 \text{ Вт/м}^2$,
- обладнання $\Phi_{int,A}=2 \text{ Вт/м}^2$,

Результати показано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Внутрішні теплонадходження в опалювальний період

Місяць	t , год	$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$, Вт/м ²	Q_{int} , кВт·год
I	744	3,87	15285,6
II	672		13806,4
III	744		15285,6
IV	360		7396,3
X	456		9368,6
XI	720		14792,6
XII	744		15285,6
Разом			91220,8

Теплонадходження від сонця для режиму опалення

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядають, для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховуємо за формулою.

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

де t – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год;

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

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі, Вт визначимо за формулою.

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \quad (2.12)$$

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, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

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

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

За відсутності фактичних даних знижувальний коефіцієнт затінення F_{sh} , розраховуємо за формулою.

$$F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}, \quad (2.13)$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту;

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів;

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер.

Дані параметри визначаються за таблицями 12, 13, 14-1 та 14-2 ДСТУ 9190:2022. Результати запишемо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнти затінення

	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Fhor (10)	0,98	0,95	0,86	0,8	0,77	0,81	0,86	0,95
Fov (10)	0,94	0,94	0,96	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
Ffin (10)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,95	0,95
Fsh	0,91	0,88	0,82	0,78	0,75	0,77	0,78	0,86

Еквівалентна площа інсоляції застеленого елемента для світлопрозорих конструкцій визначається за формулою.

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.14)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

F_F – частка площі обрамлення, за відсутності точних даних $F_F=0,3$ – для віконних та дверних блоків;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції застеленого елемента, м²;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, розраховуємо за формулою;

$$g_{gl} = F_w g_n, \quad (2.15)$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають $F_w = 0,9$;

g_n – коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння, приймаємо за таблицею 8 ДСТУ 9190:2022;

Результати розрахунку показано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Еквівалентна площа інсоляції світлопрозорих конструкцій

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
A sol, м ²	Вікна	0,0	69,5	0,0	22,9	0,0	104,3	0,0	35,9
	Двері	0,0	3,6	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	фасади скл	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих ОК, розраховуємо за формулою.

$$A_{sol} = a_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.16)$$

де $a_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною;

- для стін $a_{S,c} = 0,45$ (штукатурка вапняна темно-сіра або теракотова);

- для даху $a_{S,c} = 0,9$ (ребероїд);

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м²·К/Вт, приймають $R_{se}=0,043$ м²·К/Вт згідно ДСТУ 9190:2022;

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

A_c – площа проекції непрозорої частини, м²

Результати показано в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Еквівалентна площа інсоляції для несвітлопрозорих ОК

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
A sol, м ²	Стіни	0,0	37,4	0,0	18,5	0,0	36,6	0,0	17,8
	Дах	0							

Сонячна радіація, значення середньомісячної дози сонячної радіації, осередненої для однієї години для сприймальної площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності, Вт/м², для

горизонтальних та вертикальних поверхонь різної орієнтації визначають згідно з А.4 ДСТУ 9190:2022;

Результати показано в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Значення середньомісячної дози сонячної радіації (м. Житомир)

Місяць	I sol, Вт/м ² (м. Житомир)								горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
I	13	13	19	32	41	34	20	13	30
II	22	24	34	53	66	56	36	24	57
III	34	40	56	74	84	78	59	40	98
IV	38	51	73	87	87	83	70	50	142
V	53	75	97	102	93	100	92	72	197
VI	63	84	105	102	91	100	99	82	215
VII	59	78	100	101	90	97	96	77	208
VIII	42	63	89	102	100	102	85	64	177
IX	29	41	67	87	96	86	64	41	126
X	18	21	38	62	75	60	37	21	70
XI	10	11	17	29	37	29	17	11	31
XII	9	9	13	24	30	24	13	9	21

Визначення додаткового потоку внаслідок теплового випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі $\Phi_{r,k}$, Вт, визначається за формулою.

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.17)$$

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

A_c – площа проекції елемента, м²;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м²·К);

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11$ К згідно з ДСТУ 9190:2022.

Розрахуємо додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу та зображуємо в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Додатковий тепловий потік при випромінюванні

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Φ_r	Вікна	0,0	328,0	0,0	123,2	0,0	564,8	0,0	174,7
	Двері	0,0	28,0	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Фасади скл	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Стіни	0,0	2055,5	0,0	1017,5	0,0	2011,6	0,00	980,5
	Дах	2214,1							

Результати розрахунку сонячних теплонадходжень під час опалення зображуємо в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Теплонадходження від сонця до будівлі

Місяць	t	$\Phi_{(sol, \text{вік, дв,})}$	$\Phi_{sol, \text{ст,}}$	$\Phi_{sol, \text{дах}}$	$\sum k\Phi_{sol, mn, k}$	Q_{sol}
	744	3239,3	-2096,9	0,0	1142,4	849,9
Січень	672	6481,5	-644,3	0,0	5837,2	3922,6
Лютий	744	10200,6	1050,0	0,0	11250,6	8370,5
Березень	360	11884,6	1893,8	0,0	13778,4	6283,0
Квітень	456	6699,3	-547,4	0,0	6152,0	2067,1
Жовтень	720	2586,1	-2377,5	0,0	208,7	150,2
Листопад	744	1892,4	-2686,7	0,0	-794,4	-591,0
Грудень	744	3239,3	-2096,9	0,0	1142,4	21052,3
Разом	4440					21052,3

Сумарні теплонадходження для режиму опалення

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

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (2.18)$$

Зведемо результати розрахунку заносимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок загальних теплонадходжень під час опалювального періоду

Місяць	t , год	Q_{int} , кВт·год	Q_{sol} , кВт·год	Q_{gn} , кВт·год
I	744	15285,6	849,9	16135,6

II	672	13806,4	3922,6	17729,0
III	744	15285,6	8370,5	23656,1
IV	360	9368,6	6283,0	15651,6
X	456	6903,2	2067,1	8970,3
XI	720	14792,6	150,2	14942,8
XII	744	15285,6	-591,0	14694,6
Разом	4440	90727,7	21052,3	111780,0

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. Визначимо за формулою.

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}, \quad (2.19)$$

Так як $\gamma_H^I > 0$ та $\gamma_H^I \neq 1$ скористаємося формулою.

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H + 1}}, \quad (2.20)$$

де α_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі τ_H , визначаємо за формулою.

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (2.21)$$

де $\alpha_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, приймаємо рівною 15 год ДСТУ 9190:2022;

τ – часова константа зони будівлі, год.

$$\tau = \frac{c_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (2.22)$$

де c_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год/К, визначимо за формулою.

$$c_m = C \cdot A_f, \quad (2.23)$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі, обирається за табл.15 ДСТУ 9190:2022, обираємо $C = 80$ Вт·год/(м²·К);

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Результати розрахунку при опаленні безрозмірного коефіцієнту наведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Розрахунок безрозмірного коефіцієнту для кожного місяця

Місяць	γ_H	$c_m, \text{Вт} \cdot \text{год} / \text{К}$	$\tau, \text{год}$	α_H	$\eta_{H,gn}$
I	0,112	425074	54,9	4,66	1,000
II	0,142				1,000
III	0,209				0,999
IV	0,366				0,994
X	0,274				0,998
XI	0,146				1,000
XII	0,112				1,000

Енергопотреба для опалення

Сумарну енергопотребу на потреби системи опалення визначимо за формулою.

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}. \quad (2.24)$$

Результати розрахунків енергопотреби на опалення зведені у таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Енергопотреба на опалення

Місяць	$Q_{H,ht}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,gn}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$Q_{H,nd}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
I	144659,1	1,000	16135,6	128524,0
II	124933,7	1,000	17729,0	107206,4
III	112960,9	0,999	23656,1	89317,6
IV	42741,4	0,994	15651,6	27182,2
X	32795,1	0,998	8970,3	23840,4
XI	102066,4	1,000	14942,8	87125,2
XII	131403,5	1,000	14694,6	116709,3
Разом				579905,1

Енергоспоживання на опалення

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі визначаються помісячно за формулою, кВт·год.

$$Q_{H,em,ls,i} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out}, \quad (2.25)$$

де $Q_{H,em,out,i}$ – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт год;

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку;

η_{em} – загальний рівень ефективності тепловіддавальної складової системи, визначаємо за формулою;

$$\eta_{em} = \frac{1}{[4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})]}, \quad (2.26)$$

де η_{ctr} – складова, яка враховує регулювання температури в приміщенні;

η_{emb} – складова, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень;

η_{str} – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні, визначаємо за формулою.

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2}, \quad (2.27)$$

де η_{str1}, η_{str2} – обирають за табл. 17 ДСТУ 9190:2022.

Енергія входу для підсистеми тепловіддачі розраховуємо за формулою.

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} - k \cdot W_{H,em,aux,i} - Q_{H,em,ls,rvd,i} + Q_{H,em,ls,nrvd,i}, \quad (2.28)$$

де k – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж i -го місяця;

$W_{H,em,aux,i}$ – додаткова енергія впродовж i -го місяця, Вт·год;

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

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

Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми тепловіддачі при опаленні зведено в таблицю 2.16.

Енергоспоживання підсистеми розподілення при опаленні

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні тепловтрати підсистеми розподілення визначаються помісячно за формулою, кВт·год.

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_i) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}, \quad (2.29)$$

де $\psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го трубопроводу, Вт/(м·К);

$\theta_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні упродовж i -го місяця, °С;

θ_i – температура навколишнього середовища, °С;

L_j – довжина трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$ – час опалення впродовж i -го місяця, год.

Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми розподілення при опаленні зведено в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Енергоспоживання підсистеми розподілення

Місяць	t	$\psi_{(L,j)}$	$\theta_{(m,i)}$	θ_i	L_j	$Q_{H,dis,ls,i}$
	год		С	С	м.п.	кВт·год
Січень	744	0,3	61,5	10	600	9195,8
Лютий	672		60,0			8064,0
Березень	744		53,0			7678,1
Квітень	360		41,5			3447,4
Жовтень	456		43,0			2661,1
Листопад	720		51,5			7171,2
Грудень	744		50,0			7142,4
Разом	4440					45360,0

Енергоспоживання підсистеми генерування при опаленні

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

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}, \quad (2.30)$$

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

$\eta_{H,gen}$ – ефективність підсистеми генерування теплоти;

Енергоспоживання при опаленні визначаємо за формулою.

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}. \quad (2.31)$$

Результати розрахунку енергоспоживання підсистемами зведені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Енергоспоживання для опалення

Місяць	$Q_{H,em,out}$, кВт·год	$Q_{H,em,ls}$, кВт·год	$Q_{H,em,in} =$ $Q_{H,dis,out}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in} =$ $Q_{H,gen,out}$, кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{H,use}$, кВт·год
I	128524,0	51493,2	180017,2	197449,4	84621,2	282070,5
II	107206,4	42952,2	150158,6	165363,9	70870,2	236234,1
III	89317,6	35785,1	125102,7	139147,0	59634,4	198781,4
IV	27182,2	10890,6	38072,8	43562,8	18669,8	62232,5
X	23840,4	9551,6	33392,0	39129,9	16770,0	55899,8
XI	87125,2	34906,7	122031,9	135366,6	58014,3	193380,9
XII	116709,3	46759,6	163468,9	178188,7	76366,6	254555,3
Разом						1283154,5

Сумарна теплопередача трансмісією для режиму охолодження

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} , Вт·год, для охолодження розраховується для кожного місяця за формулою.

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.32)$$

де $\theta_{int,set,C}$ – задана внутрішня температура в будівлі в період охолодження, °С;

t – тривалість періоду охолодження, год/місяць, при температурі зовн. повітря вище 21°С,

Розрахунки теплопередачі трансмісією при охолодженні показані в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Розрахунок теплопередачі трансмісією для режиму охолодження

Місяць	θ_e , °C	t , год	$H_{tr,adj}$, Вт/К	Q_{tr} , кВт·год
VI	21,9	180	4675,5	1753,3
VII	22,8	248		1376,9
VIII	22,4	217		1594,4
Разом				5310,5

Сумарна теплопередача вентиляцією при охолодженні

Сумарна теплопередача вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, розраховується для кожного місяця за формулою.

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.33)$$

Результати розрахунку зобразимо в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Розрахунок теплопередачі вентиляцією для кожного місяця

Місяць	θ_e , °C	t , год	$H_{ve,adj}$, Вт/К	Q_{ve} , кВт·год
VI	21,9	180	4336,9	913,89
VII	22,8	248		717,71
VIII	22,4	217		831,03
Разом				2462,62

Сумарна теплопередача для режиму охолодження

Сумарна теплопередача при охолодженні визначається ідентично до режиму опалення. Результати в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Сумарна теплопередача при охолодженні

Місяць	Q_{tr} , кВт·год	Q_{ve} , кВт·год	Q_{ht} , кВт·год
VI	1753,3	913,9	2667,2
VII	1376,9	717,7	2094,7
VIII	1594,4	831,0	2425,4
Разом	4724,6	2462,6	7187,3

Внутрішні теплонадходження в період охолодження

Теплонадходження від теплових джерел в будівлі при охолодженні визначаються ідентично до опалення опалення. Результати в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Розрахунок внутрішніх теплонадходжень при охолодженні

Місяць	t , год	$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$, Вт/м ²	Q_{int} , кВт·год
VI	180	3,87	3698,1
VII	248		5095,2
VIII	217		4458,3
Разом			13251,7

Теплонадходження від сонця в період охолодження

Теплонадходження в від сонця під час охолодження розраховуються аналогічно до періоду опалення. Результати в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Теплонадходження під час охолодження

Місяць	t , год	$\Phi_{sol, \text{вік.дв.}}, \text{Вт}$	$\Phi_{sol, \text{ст.}}, \text{Вт}$	$\Phi_{sol, \text{дах.}}, \text{Вт}$	$\sum_k \Phi_{sol, mn, k}, \text{Вт}$	$Q_{sol}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
VI	180	25486,6	738,9	6336,1	0,0	32561,6
VII	248	24891,2	715,1	6050,0	0,0	31656,2
VIII	217	22793,3	635,8	5048,8	0,0	28477,9
Разом						19891,5

Сумарні теплонадходження для режиму охолодження

Розрахуємо сумарні теплонадходження під час охолодження, результати показано в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Розрахунок сумарних теплонадходжень за період охолодження

Місяць	t , год	$Q_{int}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$Q_{sol}, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$Q_{gn}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
VI	180	3698,1	5861,1	9559,2
VII	248	5095,2	7850,7	12946,0
VIII	217	4458,3	6179,7	10638,0
Разом	645	13251,7	19891,5	33143,2

Коефіцієнт використання надходжень для охолодження

Розрахунок безрозмірного коефіцієнту використання теплонадходжень розраховується аналогічно до періоду опалення. За умови $\gamma_C^{VI} > 0$, $\gamma_C^{VI} \neq 1$ та $Q_{C,ht} > 0$ розрахунок проводимо за формулою .

$$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-\alpha_C}}{1 - \gamma_C^{-(\alpha_C + 1)}}, \quad (2.34)$$

Розрахунок безрозмірного коефіцієнту при охолодженні показаний у таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Розрахунок безрозмірного коефіцієнту для кожного місяця періоду охолодження

Місяць	γ_C	c_m	τ , год	α_C	$\eta_{C,ls}$
--------	------------	-------	--------------	------------	---------------

		кВт·год/К			
VI	3,584	425074	59,8	4,98	0,279
VII	6,180				0,162
VIII	4,386				0,228

Енергопотреба для охолодження

Сумарна енергопотреба при охолодження визначається аналогічно до періоду опалення. Результати розрахунків енергопотреби для охолодження зведені у таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Енергопотреба для охолодження

Місяць	$Q_{C,ht}$, кВт·год	$\eta_{C,ls}$, кВт·год	$Q_{C,gn}$, кВт·год	$Q_{C,nd}$, кВт·год
VI	2667,2	0,279	9559,2	8815,9
VII	2094,7	0,162	12946,0	12607,1
VIII	2425,4	0,228	10638,0	10085,3
Разом				31508,3

Енергоспоживання для охолодження

Втрати теплоти підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначається за формулою.

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,nd} \cdot \left((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d}) \right), \quad (2.35)$$

де $\eta_{C,ce}$ – ступінь утилізації теплообміну в системі охолодження;

$\eta_{C,ce,sens}$ – ступінь явної утилізації теплообміну в системі охолодження;

$\eta_{C,d}$ – ступінь утилізації підсистеми розподілення;

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

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,ls}, \quad (2.36)$$

де $Q_{C,dis,out}$ – енергія виходу підсистеми розподілення упродовж i -го місяця, Вт·год.

Енергоспоживання підсистеми генерування при опаленні

Енергія виходу для підсистеми генерування (виробництва) визначається за формулою (2.38), кВт·год.

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}, \quad (2.37)$$

де $Q_{C,dis,in}$ – енергія входу для підсистеми розподілення, визначена у п. 4.9.1;

$\eta_{C,ac}$ – ефективність автоматичного управління/регулювання.

Загальні тепловтрати підсистеми генерування (виробництва), кВт·год, визначимо за формулою.

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen}, \quad (2.38)$$

де $\eta_{C,gen}$ – ефективність підсистеми генерування (виробництва),

Енергоспоживання при охолодженні визначаємо за формулою.

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls}. \quad (2.39)$$

Розрахунок енергоспоживання для періоду охолодження наведено у табл. 2.25.

Таблиця 2.25 – Енергоспоживання при охолодженні

Місяць	$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out}$, кВт·год	$Q_{C,dis,ls}$, 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	8815,9	2027,7	10843,6	11659,8	-6477,66	5182,1
VII	12607,1	2899,6	15506,7	16673,9	-9263,27	7410,6
VIII	10085,3	2319,6	12404,9	13338,6	-7410,36	5928,3
Разом						18521,0

2.3 Аналіз енергетичних показників об'єкту

Проведемо розрахунок класу енергетичної ефективності об'єкту дослідження відповідно до Наказу №261 [4]. Він визначається у вигляді відсоткового показника, Δ_{EP} відхилення від нормативних показників для даного типу будівель.

Показник Δ_{EP} визначається за формулою, %:

$$\Delta_{EP} = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \cdot 100, \quad (2.40)$$

де EP_{use} – загальне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м².

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use}, \quad (2.41)$$

де $EP_{H,use}$, $EP_{C,use}$ – питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні відповідно, кВт·год/м².

Для даної будівлі:

$$- EP_{H,use} = 1283154,5/5313,4 = 241,5 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$- EP_{C,use} = 18521/5313,4 = 3,49 \text{ кВт·год/м}^2.$$

Підставимо значення у формулу (46):

$$EP_{use} = 241,5 + 3,49 = 245,0 \text{ кВт·год/м}^2.$$

EP_p – граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні;

Згідно з додатком до Наказу №260 [5] для дев'яти поверхової громадської будівлі, розміщеної у I температурній зоні України становить 85 кВт·год/м², тоді за формулою (2.41).

$$\Delta_{EP} = [(245,0 - 85)/85] \cdot 100 = 188,2\%.$$

За таблицею 1 Наказу №261 визначимо клас енергоефективності об'єкту дослідження. Відповідно до таблиці клас енергоефективності будівлі – G.

Даний показник свідчить про те що дана будівля не відповідає сучасним вимогам до енергоефективності житлових будівель даної поверховості. Значні відхилення від нормативного показнику показують значні проблеми з енергоефективністю.

Для покращення даних показників необхідно підвищувати тепломеханічні характеристики огорожувальних конструкцій та підвищувати ефективність інженерних систем.

Висновки до розділу 2

Аналіз існуючої системи теплопостачання будівлі показав, що дана система є застарілою та не відповідає чинним нормативним. Система теплопостачання приєднана за залежною схемою з використанням елеваторного вузла, застосування якого нині заборонене, відсутність погодозалежного регулювання

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та балансування стояків провокує проблему нерівномірного розподілу тепла між квартирами та, відповідно, перевитрат енергії. Результати розрахунку енергетичних показників свідчать про низькі теплоізоляційні показники ОК.

Дана будівля потребує комплексної модернізації для підвищення ефективності та покращення санітарних умов проживання мешканців.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТА ІНЖИНІРИНГ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

3.1 Рішення з реконструкції системи тепlopостачання

Оскільки схема тепlopостачання житлового будинку не відповідає нормативним документам, ІТП потребує модернізації. Відповідно до ДБН В.2.5-67:2025 “Опалення, вентиляція та кондиціонування” [2] для будівель до 10-ти поверхів рекомендується застосовувати залежну схему приєднання до теплової мережі. Також необхідно впровадити погодозалежне керування.

Для забезпечення погодозалежного керування в ІТП будинку необхідно встановити регулюючу арматуру, датчик температури зовнішнього повітря та контроллер, що буде здійснювати керування.

Для забезпечення циркуляції в системі опалення необхідно встановити циркуляційні насоси. Для продовження терміну експлуатації насосів пропонується встановити два насоси з паралельним підключенням в режимі роботи основний-резервний. Дана схема дозволить переключення насосів між собою, що забезпечить рівномірне зношування та продовження терміну експлуатації. Також, при аварії одного з насосів, буде можливість перемкнути на роботу іншого насоса без зупинки системи опалення.

Для захисту насосів рекомендується встановити реле перепаду тиску, що буде показувати, що насоси працюють. Також пропонується встановити реле тиску, як датчик сухого ходу насосів, що також забезпечить моніторинг тиску в системі. Для контролю температури та забезпечення точності роботи системи необхідно встановити занурювальні датчики температури.

Оскільки система опалення буде приєднана до теплової мережі (ТМ) по залежній схемі, рекомендується встановити на зворотному трубопроводі регулятор тиску “до себе”, що дозволить регулювати тиск в системі опалення незалежно від тиску в тепломережі та запобігти “витіканню”. Також для

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання перепаду тиску на регуляторі витрати рекомендується встановити автоматичний регулятор перепаду тиску.

Залежна схема опалення має певні недоліки та переваги. Головним недоліком є залежний гідравлічний режим. Тобто всі зміни та аварії в ТМ будуть пряму впливати на гідравлічний режим в будинку.

Перевагами є економія на матеріалах. Для забезпечення роботи СО по залежній схемі не потрібно встановлювати теплообмінний апарат, розширювальні баки та лінію підживлення. Також відсутні теплові втрати в теплообмінному апараті.

На сьогоднішній день у будинку відсутнє централізоване гаряче водопостачання. Підготовка води здійснюється за допомогою електричних бойлерів, що розташовані безпосередньо в квартирах мешканців. Оскільки ефективність централізованого теплопостачання буде нижча у порівнянні з електричними бойлерами, пропонується відновити розподільчі трубопроводи системи ГВП, а у якості джерела тепла використовувати тепловий насос (ТН). Дана схема дозволить суттєво підвищити ефективність системи ГВП та покращить санітарно технічні умови експлуатації будівлі.

Пропонується використовувати повітряний тепловий насос, що суттєво спростить процес юридичного погодження його встановлення та здешевить монтажні роботи у порівнянні з ТН типу вода-вода.

Для оптимізації режиму роботи теплового насосу пропонується встановити буферну ємність для акумулювання запасу гарячої води у період простою та її розбір у період водорозбору.

Для підвищення ефективності роботи рекомендується застосовувати пропілен гліколь у якості теплоносія гріючого контуру, а теплообмінник встановити у вигляді змійовика в бочці. Також дане рішення вирішить проблему можливого замерзання теплоносія в зимку в період простою.

Також необхідно встановити циркуляційні насоси на ділянці від ТН до буферної ємності, та на ділянці від буферної ємності до споживача. Насосні лінії

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

облаштовуємо аналогічно до системи опалення. Для захисту ТН від перегріву необхідно встановити реле потоку на ділянці від ТН до буферу.

Розподільчі трубопроводу системи ГВП рекомендується виконувати з поліпропіленового трубопроводу.

3.2 Розробка теплової схеми

При розробці теплової схеми за основу візьмемо схему існуючого теплопостачання будівлі. Відповідно до сучасних вимог демонтуємо елеваторний вузол та замінюємо його на перемичку із зворотним клапаном. Вузол обліку теплової енергії (ВОТЕ) рекомендується залишити існуючим.

Пропонується замінити всі існуючі механічні манометри та термометри на нові. Термометри необхідно встановити на кожній ділянці до температура буде суттєво відрізнятися, а саме на зворотному та подавальному трубопроводах контуру ТМ та контуру СО. Також необхідно встановити дублюючі датчики температури. Манометри рекомендується встановлювати на кожній ділянці між трубопровідною арматурою, що надасть інформацію про справність даної арматури для обслуговуючого персоналу.

Усі елементи електроніки, що забезпечує керування ІТП постачаються в зборі в окремо встановленій шафі управління.

Для зменшення рівня шуму від насосів необхідно встановити вібровставки до та після насосної групи. Діаметри трубопроводів рекомендується залишити існуючими.

З урахуванням всіх наведених вище рекомендацій розробляємо теплову схему після модернізації. Нову схему зображено на рисунку 3.1.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

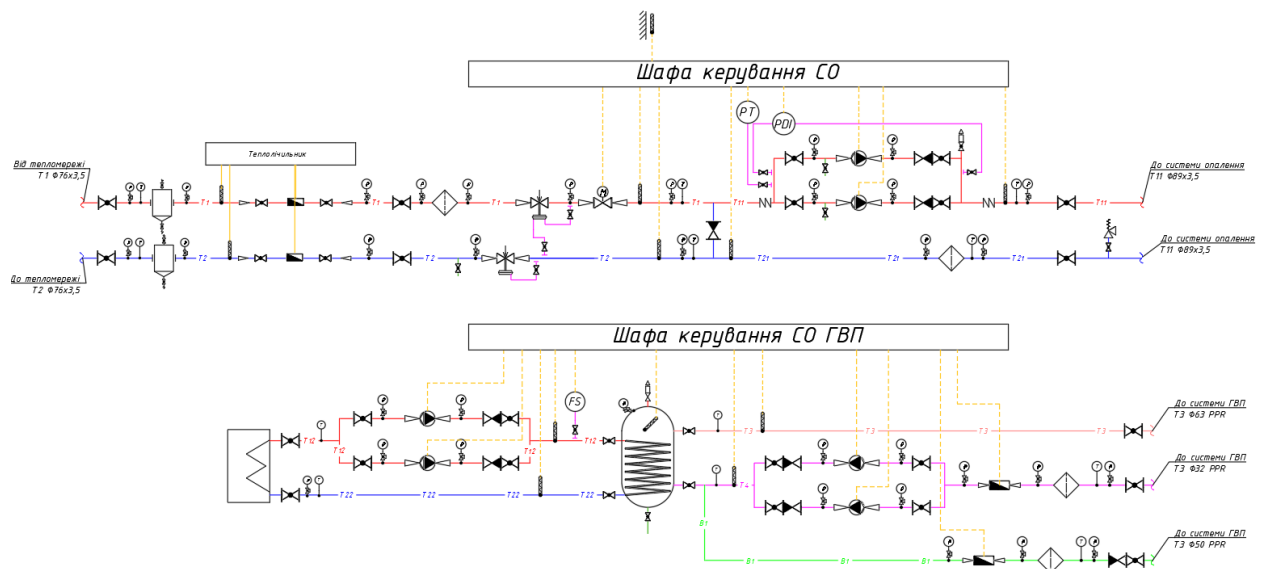


Рисунок 3.1 – Принципова теплова схема після модернізації ІТП

3.3 Підбір основного обладнання

Щит управління системою опалення

Керування системою опалення здійснюється окремо від системи ГВП на базі контролера виробництва Danfos ECL 310 в парі з ключем Danfoss A231. Схема роботи контролера зображена на рисунку 3.2

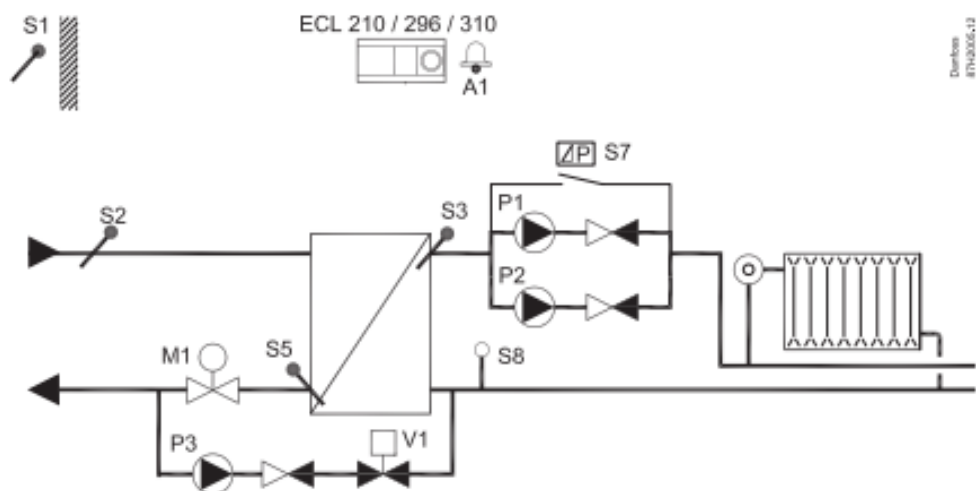


Рисунок 3.2 – Схема роботи контролера

Додатково шафу керування необхідно обладнати магнітними пускатками для насосів та системами захисту електроніки.

Підбір регулюючої арматури СО

У якості регулюючої арматури пропонуємо застосовувати регулятори виробництва Danfoss. Відповідно до рекомендацій виробника підбір регуляторів необхідно здійснювати за формулами (3.1) – (3.5).

$$V_{\text{кл}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{max}}}{c \cdot \Delta T \cdot \rho} \quad (3.1)$$

$$\Delta P = \left(\frac{V_{\text{кл.}}}{k_{vS}} \right)^2 \quad (3.2)$$

$$v = \frac{4 \cdot V_{\text{кл.}} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6} \quad (3.3)$$

$$k_v = \frac{V_{\text{кл.}}}{\sqrt{\Delta P}} \quad (3.4)$$

$$X_P = \left(\frac{k_v}{k_{vS}} \right) \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

де Q_{max} – теплове навантаження, Вт;

c – питома теплоємність середовища, $=4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

ΔT – перепад температур, $^\circ\text{C}$;

ΔP – розрахунковий перепад тиску на клапані, бар;

$V_{\text{кл.}}$ – розрахункова витрата на клапані, $\text{м}^3/\text{год}$;

k_{vS} – пропускна здатність регулятора при $\Delta P = 1$ бар, $\text{м}^3/\text{год}$;

k_v – розрахункова пропускна здатність клапану, $\text{м}^3/\text{год}$;

X_P – відсоткове відношення відкриття клапану, %, $X_P < 30\%$;

v – швидкість теплоносія в клапані, $\text{м}/\text{с}$, $v < 3$;

d – діаметр умовного проходу регулятора, мм ;

Вихідні дані для розрахунку регуляторів показано в таблиці 3.1.

Для забезпечення регулювання витрати теплоносія пропонується застосовувати сідельний 2-ходовий регулятор VB2. Для забезпечення можливості регулювати перепад тиску встановлюємо регулятор перепаду тиску AVP на подавальному трубопроводі. Додатково встановлюємо регулятор тиску “до себе” AVA на зворотному трубопроводі.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Вихідні дані при розрахунку

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Тиск подавального трубопроводу, P1	Бар	6,2
Тиск подавального трубопроводу, P2	Бар	3,4
Витрата подавального трубопроводу, V1	м³/год	8,58
Витрата подавального трубопроводу, V2	м³/год	8,32
Додаткові втрати тиску, P3	Бар	0,7
Теплове навантаження	кВт	425,7
Температура подавального трубопроводу, T1	°C	115
Температура подавального трубопроводу, T2	°C	70

Проведемо підбір обладнання відповідно до формул (3.1) – (3.5). результати розрахунку зображено в таблиці 3.2. Для регуляторів тиску перепад тиску розраховується за формулою.

$$\Delta P = \frac{P1 - P2 - P3}{2} \quad (3.6)$$

Таблиця 3.2 – Результати підбору регуляторів.

Параметр	VB2	AVP	AVA
Dn, мм	32	32	32
V _{кл.} , м³/ГОД	8,58	8,58	8,32
k _{vs} , м³/ГОД	16	12,5	12,5
ΔP, бар	0,28	1,05	1,05
v, м/с	2,96	2,96	2,88
k _v	-	8,37	8,12
X _p	100%	66,7	65,0

Усі підібрані клапани відповідають вимогам виробника.

Підбір циркуляційних насосів СО

Для забезпечення циркуляції системи опалення пропоную використати насоси компанії Wilo (Німеччина). Напір насосу в робочій точці для 9-ти поверхової будівлі визначаємо за допомогою онлайн калькулятору wilo та приймаємо на рівні 8 м.вод.ст.. Розрахунок напору насосу зображено на рисунку 3.3.

Введіть робочу точку

Flow: 18.96 m³/h Head / Pump pressure: 7.33 m

[Закрити розрахунок](#)

Введіть параметри будівлі

Ширина: 15 m Довжина: 52 m Поверхи: 9 Площа, що підлягає обігріву: 5313 m²

Лічильник кількості тепла в наявності: ☒ Без лічильника кількості тепла ☐ З лічильником кількості тепла

Тепловіддача: ☒ Радіатор ☐ Підлогове опалення

Опір труби: 150 Pa/m (50 Pa/m - 200 Pa/m)

Рік виготовлення: 1976 (≤ 1970 - ≥ 2022)

Перепад температур: 20 K (5 K - 20 K)

Рисунок 3.3 – Результати розрахунку напору циркуляційного насосу

Витрату теплоносія розраховуємо за формулою (3.1) при температурному графіку будинкової системи 90/70 °C.

$$V_{\text{кл}} = \frac{3,6 \cdot 425700}{4,187 \cdot (90 - 70) \cdot 965,2} = 18,96 \text{ м}^3/\text{год}$$

За розрахованими вище параметрами підбираємо циркуляційний насос wilo Yonos Махо 50/0,5-16. Характеристики насосу зображено в додатку А на рисунку А.1.

Підбір обладнання для системи ГВП

Підбір теплового насосу на потреби системи ГВП показано у розділі 4.

Для управління системою ГВП використовується окремий щит управління на базі контролера Vissman. Аналогічно до системи опалення, щит обладнаний системою захисту електроніки, елементами ручного керування насосами.

За допомогою того ж калькулятору wilo визначимо витрату та напір циркуляційних насосів системи ГВП. Розрахунок зображено на рисунку 3.4.

Опалення

Гаряче водопостачання

Введіть робочу точку

Flow

1,08

m³/h

Head / Pump pressure

2,73

m

X Закрити розрахунок

Введіть параметри будівлі

Довжина найнесприятливішого циркуляційного трубопроводу

30

m

Сумарна довжина всіх трубопроводів питної води та циркуляційних трубопроводів

600

m

Опір труби

350 Pa/m

Перепад температур

5 K

50 Pa/m

500 Pa/m

2 K

5 K

> Знайти підходящий насос

Рисунок 3.4 – Розрахунок параметрів циркуляційних насосів ГВП

Відповідно до даних параметрів обираємо циркуляційні насоси Yonos MAXO-Z 25/0,5-7 PN10. Технічні характеристики обраних насосів зображені на рисунку 3.6. Приймаємо дані насоси для обох ділянок системи ГВП.

У якості буферної ємності приймаємо бак акумулятор з вбудованим теплообмінником у вигляді змієвикови виробництва компанії Теплобак. Схема роботи буферної ємності показна на рисунку 3.5. Об'єм буферної ємності, м³, розраховуємо за формулою.

$$V = N \cdot q^h \cdot 0,5 \quad (3.7)$$

де N – кількість мешканців, приймаємо 180 людей;

q^h - середня добова витрата гарячої води на одного мешканця, приймаємо 40 л/добу згідно рекомендацій програмного забезпечення GeoTSol.

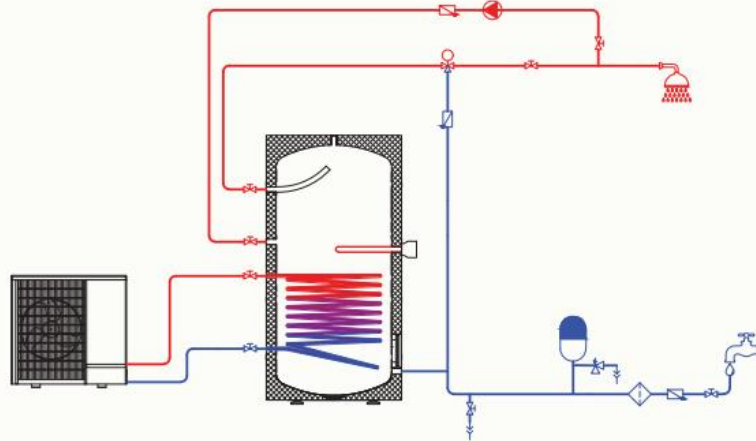
Коефіцієнт 0,5 відображає кількість періодів активного водорозбору протягом дня.

$$V = 180 \cdot 40 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРИКЛАД ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Схема принципова і не замінює кваліфікований монтаж:
при проектуванні слід дотримуватись відповідних стандартів і норм.



ПОЗНАЧЕННЯ

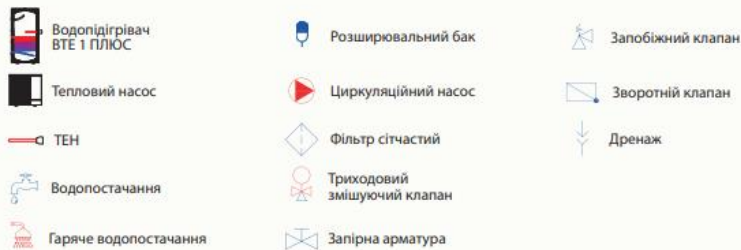


Рисунок 3.5 – Пропонована схема підключення бака акумулятора

Висновки до розділу 3

У третьому розділі були розроблені інженерні рішення з реконструкції системи теплопостачання житлового будинку з урахуванням технічного стану існуючого обладнання. Запропоновані заходи спрямовані на підвищення ефективності роботи систем опалення та гарячого водопостачання, а також на зменшення тепловтрат у процесі експлуатації. Проведено підбір основного й допоміжного обладнання відповідно до розрахункових теплових навантажень та умов роботи системи. Реалізація запропонованих рішень дозволить покращити надійність теплопостачання, знизити витрати на енергоресурси та створити передумови для подальшого впровадження відновлюваних джерел енергії.

4 МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ

4.1 Аналіз потенціалу скорочення викидів на основі методики ДСТУ 9190:2022

Також повторно проведемо розрахунок енергоспоживання за методикою ДСТУ 9190:2022 [3] з урахуванням показників після проведення модернізації.

Після утеплення ОК маємо наступні показники опору, які показані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники опору теплопередачі до/після утеплення

Межує з	Конструкція	Площа	В _и Н	В _и С	R до	R після
Навколишнє середовище	Стіни	2044,6	1	1	0,77	4,1
	Суміщене покриття, м ²	0,0	1	1	1,09	8,1
	Перекриття над проїздом, м ²	0,0	1	1	0,81	5,3
	Світлопрозорі конструкції (СК)	604,1	1	1	0,60	0,93
	Двері	17,4	1	1	0,36	0,72
Неопалювальний об'єм	Стіни	776,4	0,8	1	0,77	4,1
	Горищне перекриття, м ²	728,9	0,7	1	1,09	8,1
	Перекриття над підвалом, м ²	728,9	0,3	1	0,81	5,3
	Світлопрозорі конструкції (СК)	0,0	0,8	1	0,56	0,93
	Двері	0,0	0,8	1	0,42	0,72

Після утеплення будівлі проводимо перерахунок параметрів, аналогічно до розділу 2. Отримані показники енергоспоживання під час опалення та охолодження зображені в таблицях 4.2 та 4.3.

Таблиця 4.2 – Енергоспоживання для опаленні

Місяць	$Q_{H,em,out}$	$Q_{H,em,is}$	$Q_{H,em,in}=Q_{H,dis,out}$	$Q_{H,dis,in}=Q_{H,gen,out}$	$Q_{H,gen,i}$ s	$Q_{H,use}$
	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$
Січень	53969,6	14882,1	68851,8	81686,3	6148,4	87834,7
Лютий	43541,9	12006,7	55548,6	66722,3	5022,1	71744,5
Березень	32620,9	8995,2	41616,1	51822,2	3900,6	55722,8
Квітень	6273,4	1729,9	8003,3	11743,9	883,9	12627,8
Жовтень	6996,3	1929,2	8925,5	13325,7	1003,0	14328,7
Листопад	33906,4	9349,7	43256,0	53005,4	3989,7	56995,1
Грудень	48472,4	13366,3	61838,7	72987,5	5493,7	78481,2
Разом						377734,7

Таблиця 4.3 – Енергоспоживання при охолодженні

Місяць	$Q_{c,dis,out}=Q_{c,nd}$	$Q_{c,dis,Is}$	$Q_{c,dis,in}$	$Q_{C,gen,out}$	$Q_{C,gen,is}$	$Q_{C,use}$
	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$	$\kappa Bm \cdot год$
Червень	8092,7	1861,3	9954,1	10703,3	-5946,28	4757,0
липень	11583,7	2664,3	14248,0	15320,4	-8511,34	6809,1
Серпень	9405,0	2163,1	11568,1	12438,8	-6910,45	5528,4
Разом	9082,8					17094,5

Визначаємо клас енергетичної ефективності будівлі після утеплення згідно формул (2.41) та (2.42):

$$- EP_{H,use} = 377734,7/5313,4 = 71,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2;$$

$$- EP_{C,use} = 17094,5/5313,4 = 3,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

$$EP_{use} = 71,1 + 3,2 = 74,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

$$\Delta_{EP} = [(74,3 - 85)/85] \cdot 100 = -12,6\%.$$

Згідно таблиці 1 Наказу №261 [4] визначаємо клас енергоефективності будівлі. Отримане значення відповідає класу енергоефективності **C**, що є нормативним показником.

Згідно з пунктом 3 наказу 261 [5] проводимо розрахунок скорочення викидів.

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \cdot K_{del,i})/1000 - \sum (E_{exp,i} \cdot K_{exp,i})/1000 \quad (4.1)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія i -го енергоносія, кВт·год;

$K_{del,i}$ - коефіцієнт викидів парникових газів для поставленого i -го енергоносія CO_2 ($K_{del,i}$), г/кВт·год, що наведено в додатку 10 до Методики, приймаємо 260 г/кВт·год;

$E_{exp,i}$ – експортована енергія для i -го енергоносія, кВт х год;

$K_{exp,i}$ - коефіцієнт викидів CO_2 для експортованого i -го енергоносія, кг/кВт·год. Коефіцієнти $K_{del,i}$ та $K_{exp,i}$ можуть приймати однакове значення.

Питомий показник викидів парникових газів, кг/м², розраховується за формулою.

$$M_{CO_2} = m_{CO_2} / A_f \quad (4.2)$$

Тоді загальне річне скорочення викидів CO_2 становлять:

$$m_{CO_2} = (1\,328\,890,9) \cdot 260 \cdot 10^{-6} = 345,5 \text{ т/рік}$$

Питому скорочення становить:

$$M_{CO_2} = \frac{345,5}{5313,4} \cdot 1000^{-3} = 65,02 \text{ кг/м}^2$$

Загалом це чудовий показник скорочення викидів вуглекислого газу.

В таблиці 4.4 зображено розрахункову економію від впровадження кожного з заходів, орієнтовні інвестиції та терміни окупності заходів.

Таблиця 4.4 – Терміни окупності заходів

Захід	Економія	Економія	Питомі інвестиції	Обсяги	Інвестиції	Термін окупності	Скорочення викидів CO_2
	кВт·год/рік	Грн/рік	Грн/м ²	м ²	Грн	Років	т/рік
Утеплення фасадів	521126,7	1 021 408	5 750	2820	16 220 698	15,88	135,5
Заміна вікон	118043,3	231 364	7 500	604	4 530 787	19,58	30,7
Замін дверей	28590,1	56 036	16 000	17,43	278 880	4,98	7,4
Утеплення горищного перекриття	95130,7	186 456	3 750	728,9	2 733 375	14,66	24,7
Утеплення перекриття над підвалом	64304,0	126 035	4 000	728,9	2 915 600	23,13	16,7
Модернізація ІТП	335766,3	658 101	1 500 000	1	1 500 000	2,28	87,3
Утеплення труб СО	32400,0	63 504	750	600	450 000	7,09	8,4
Балансування СО	45909,3	89 982	10 000	36	360 000	4,00	11,9
Встановлення терморегуляторів	87620,6	171 736	4 000	324	1 296 000	7,55	22,8
Загалом	1328890,9	2 604 626			30 285 340	11,63	345,5

Загальний термін окупності складає 11,63 роки, що є чудовим показником.

4.3 Моделювання сонячної електростанції у програмному середовищі PV*Sol

Головним завданням встановлення сонячної електростанції (СЕС) є підключення загальнобудинкових споживачів електричної енергії, що знаходяться на балансі ОСББ. В даному випадку такими споживачами є повітряний тепловий насос та циркуляційні насоси, що працюю на потреби опалення та ГВП.

Оскільки генерація сонячної відбувається лише в протягом сонячного періоду доби, а споживачі працюю протягом всієї доби, пропонується використовувати акумулятори для оптимізації режиму роботи системи.

В програмному середовищі PV*Sol обираємо принципову схему роботи СЕС, що зображена на рисунку 4.1.

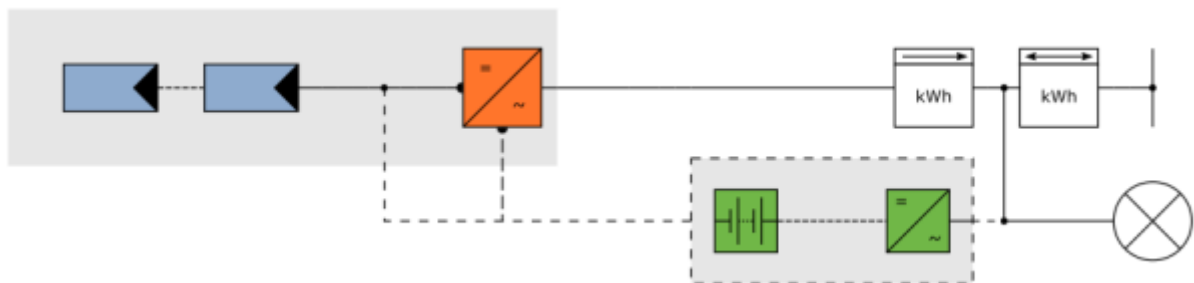


Рисунок 4.1 – Принципова схема СЕС

Далі, для продовження роботи з програмою, необхідно вказати споживачів, що будуть приєднані до СЕС, їх навантаження та режим роботи. Гарантованих споживачів, що будуть приєднані до СЕС, було перераховано вище. З розрахунку ТН в програмному забезпеченні GeoTSOL знаємо, орієнтовне навантаження теплового насоса та загальне споживання протягом року. Обираємо один з запропонованих програмним забезпеченням PV*SOL графік роботи теплового

насосу. Аналогічним методом вносимо дані про інших споживачів. Сумарний річний графік споживання електроенергії системою зображено на рисунку 4.2.

Наступним кроком є створення 3D моделі житлової будівлі за допомогою програмного середовища PV*SOL. Створюємо геометрію будівлі та вказуємо її орієнтацію в просторі відносно сторін світу. Для коректності симуляції значну увагу приділяємо деталізації кривлі, де будуть розташовані фотоелектричні елементи, щоб врахувати затінення від них. В даному випадку такими елементами є вентиляційні шахти та ліфтові шахти.

Consumption

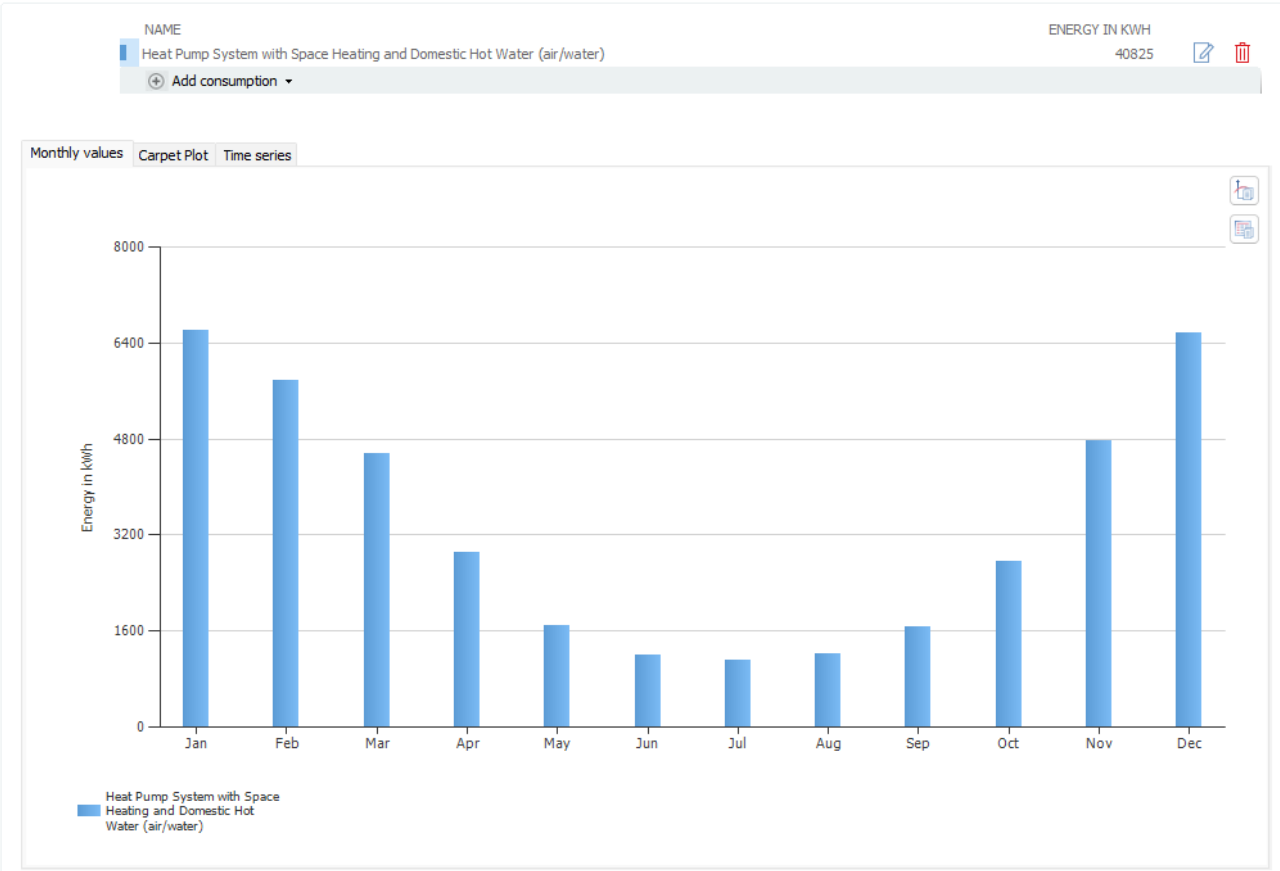


Рисунок 4.2 – Річний графік споживання електричної енергії

Після створення геометрії будівлі обираємо марку та модель фотоелектричних модулів (ФЕМ), та запускаємо автоматичне моделювання розташування модулів на кривлі будівлі. В даному випадку у якості фотоелектричних модулів було запропоновано використовувати наступні модулі: Trina Solar TSM-450-NEG9RC.27 VERTEX S+ 2024 китайського виробництва.

Після автоматично запропонованого розташування панелей запускаємо розрахунок затінення модулів від елементів крівлі та прибираємо модулі зі значним відсотком затінення, адже вони будуть негативно впливати на загальну ефективність роботи системи. На рисунках 4.3 – 4.5 зображено результати моделювання СЕС на крівлі будівлі.

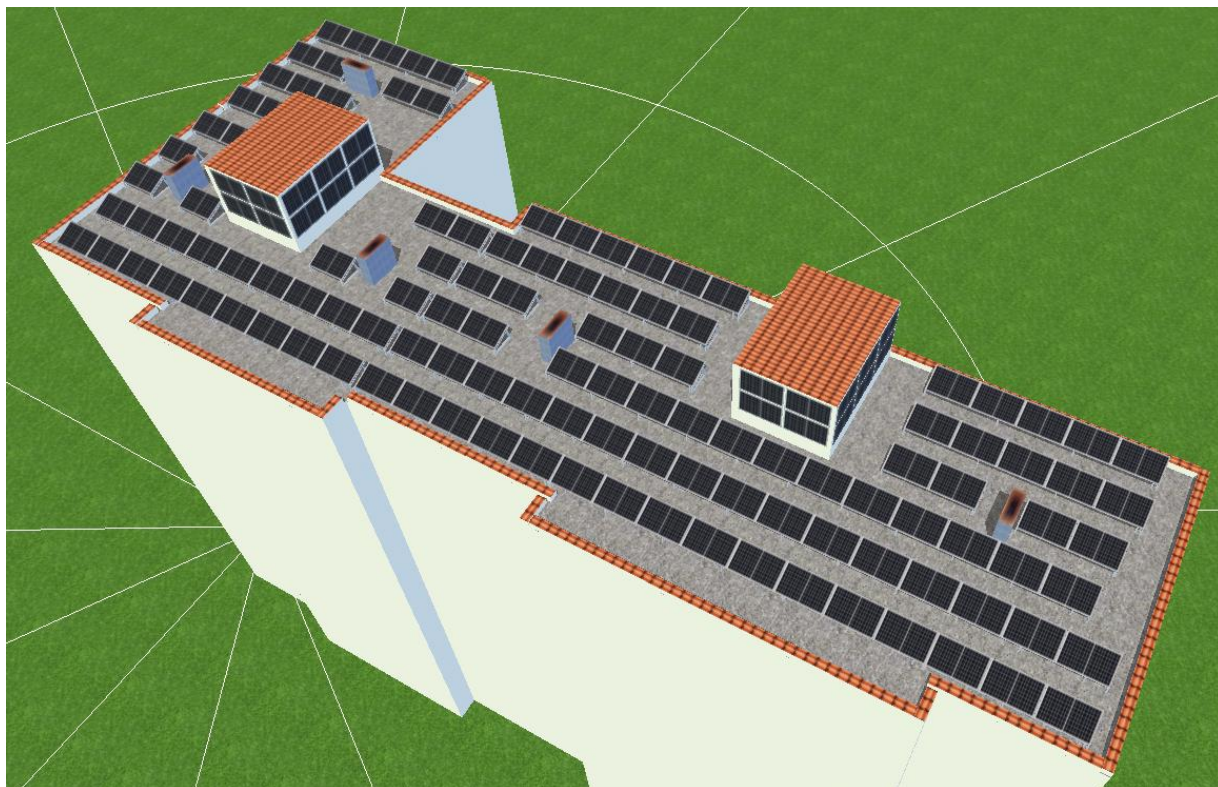


Рисунок 4.3 – 3D модель будівлі з встановленою СЕС



Рисунок 4.4 – Розрахунок затінення фотоелектричних модулів

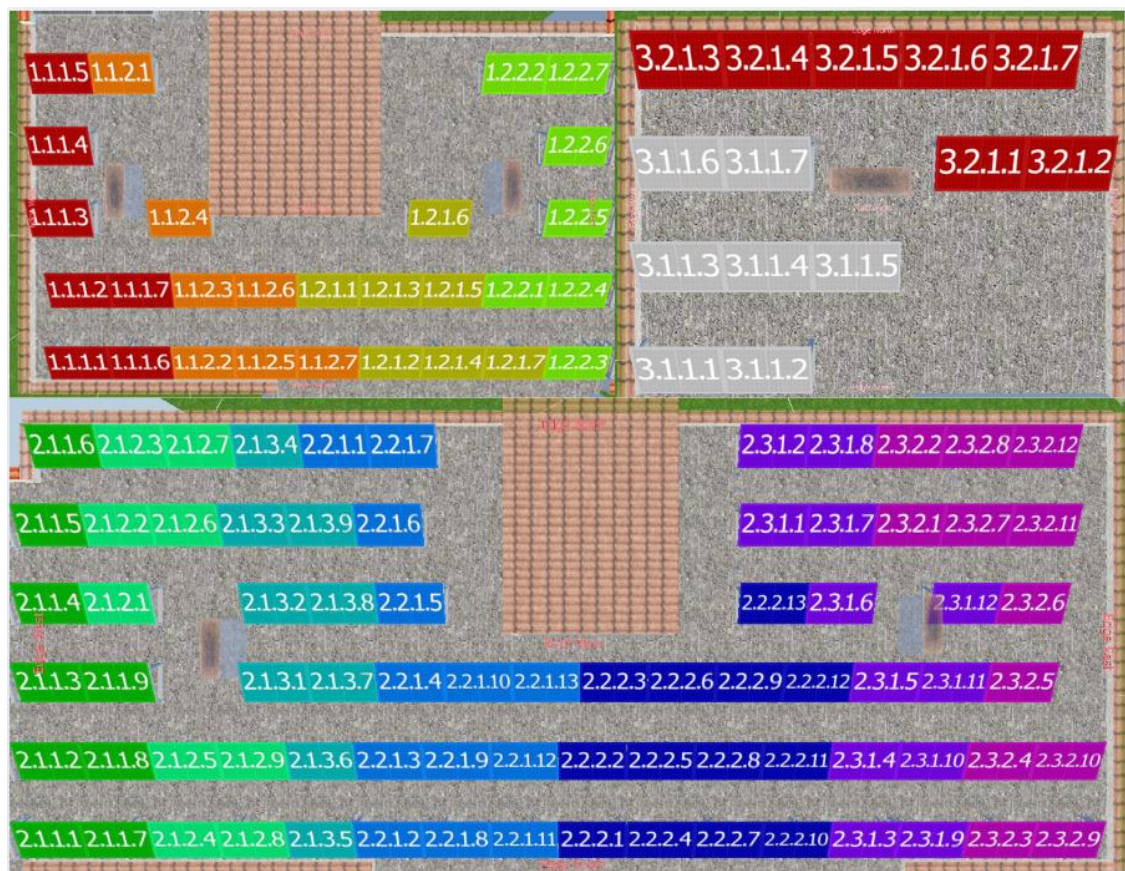


Рисунок 4.5 – Візуалізація пропонованої схеми розбиття модулів по стрінгах

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 24 06 ПЗ

Арк.

58

Загальна кількість фотоелектричних модулів в результаті моделювання становить 151 шт. загальною номінальною потужністю 67,95 кВт.

Після остаточного визначення з кількістю та потужністю панелей програма пропонує перелік інверторів, що підходять під задані параметри системи. Серед запропонованих обираємо два інвертори виробництва Deue номінальною потужністю 35 кВт у кількості 2 шт..

Приймаємо значення втрат в кабельних лініях – 1,5%.

Після внесення всіх необхідних параметрів CEC проводимо моделювання за допомогою програмного середовища PV*SOL. PV*SOL має власну температурну базу даних, відповідно до якої обирає температурні значення для попередньо зазначеного регіону. Результати симуляції зображені на рисунках 4.6 – 4.8.



Рисунок 4.6 – Графік кумулятивного виробництва енергії

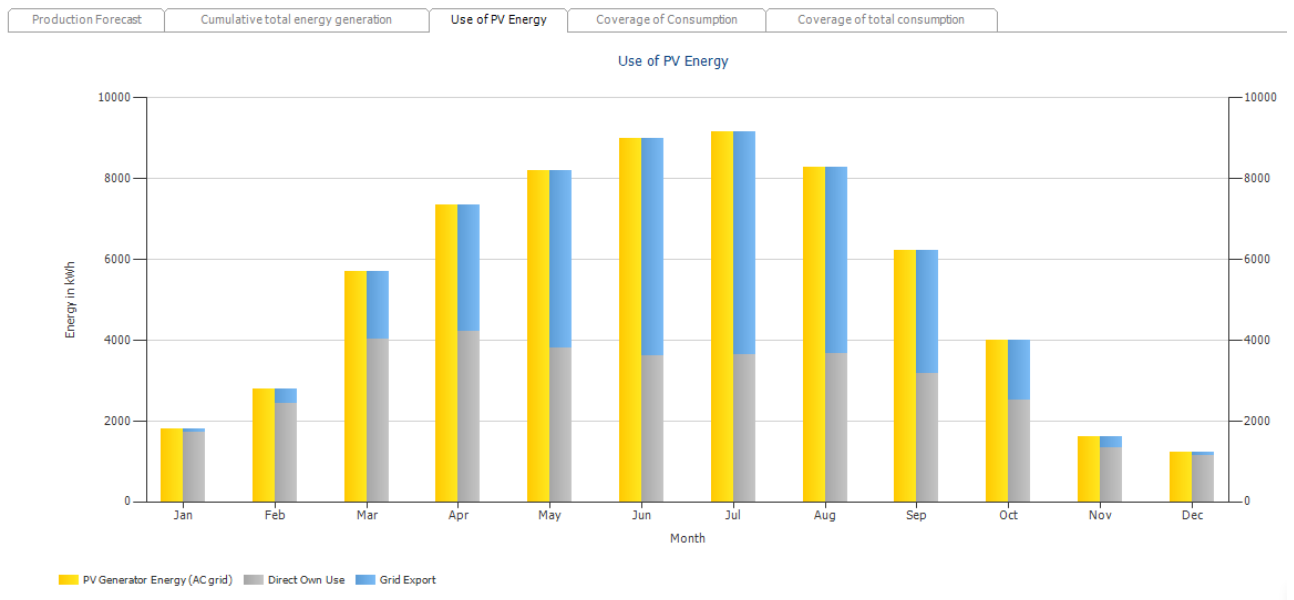


Рисунок 4.7 – Діаграма використанні згенерованої енергії

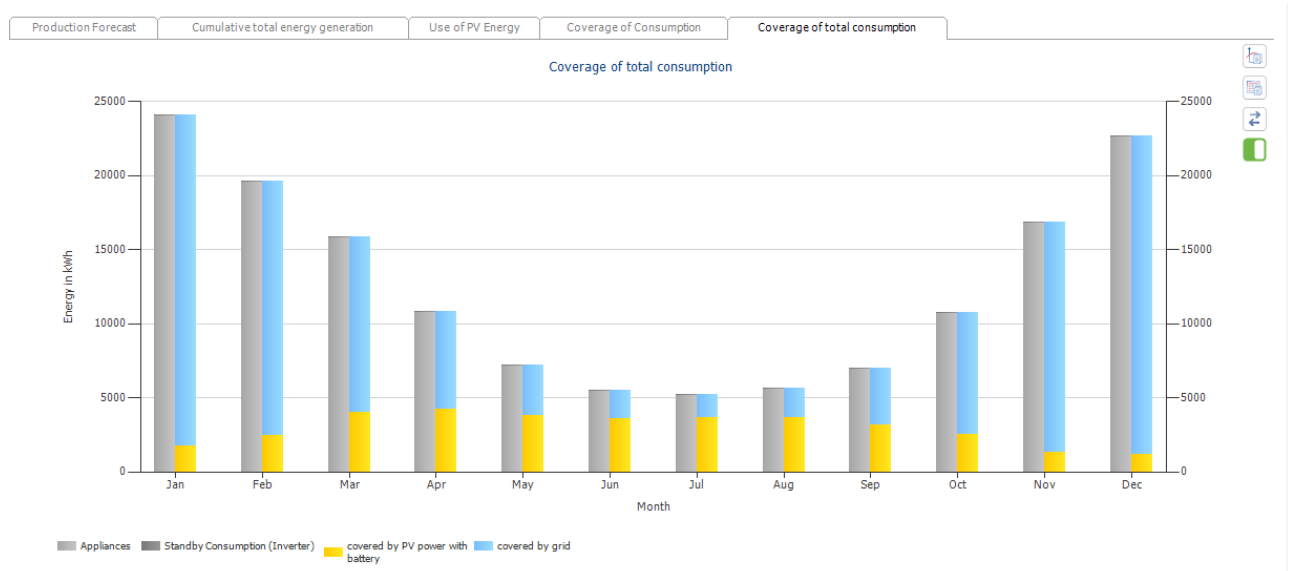


Рисунок 4.8 – Діаграма покриття загального споживання

На рисунку 4.9 зображено загальний баланс розподілення енергії.

Energy Flow Graph

Project: ОСББ «ПРОЇЗД АКАДЕМІКА ТУТКОВСЬКОГО 15»

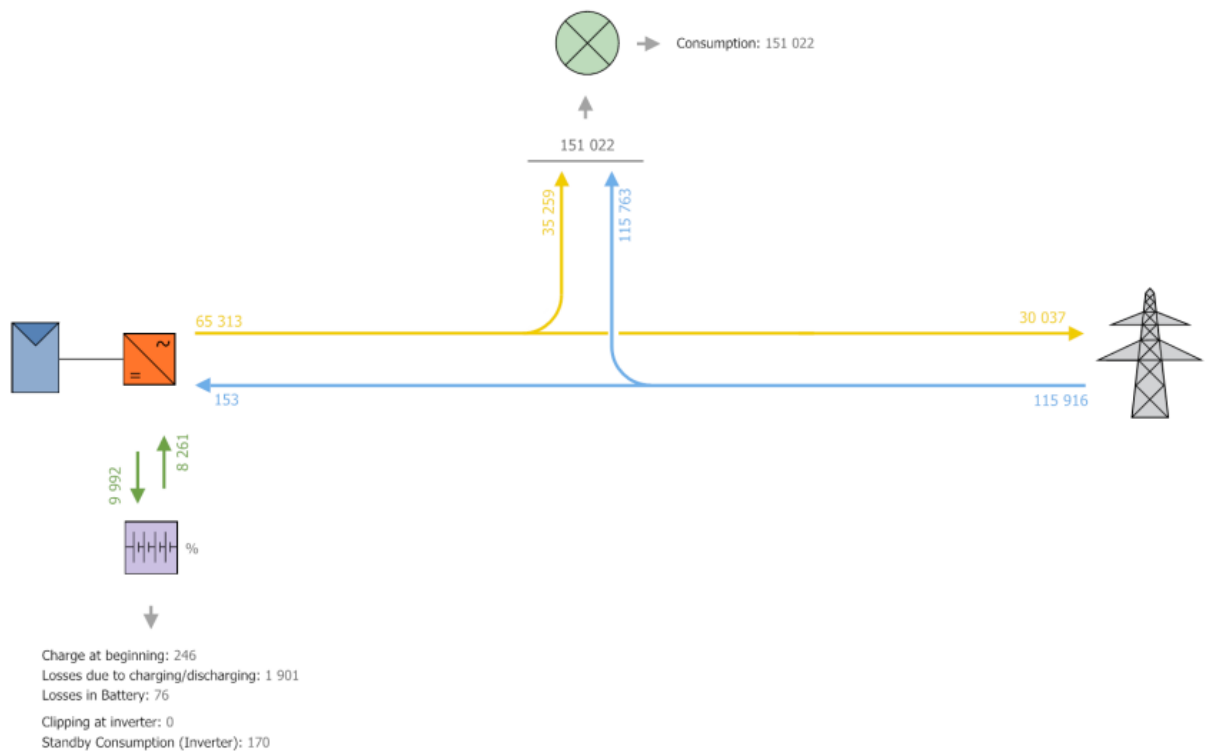


Рисунок 4.9 – Енергетичний баланс системи

На основі отриманих даних економічні показники впровадження фотоелектричної системи, яка підтримає роботу теплового насосу та забезпечить освітлення місць загального використання.

Згідно результатів симуляції річна генерація від СЕС становить 65 313 кВт·год. Станом на 2025 рік тариф на електроенергію по всій території України – 4,32 грн/кВт·год. Основні статті витрат на впровадження СЕС зображені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Вартість встановлення СЕС

Найменування	Фінансові витрати
Сонячні панелі	630 000 грн
Акумуляторні батареї (АКБ)	520 000 грн
Івертори	260 000 грн
Додаткові матеріали	500 000 грн
Монтажні роботи	300 000 грн
Загалом	2 210 000 грн

Отримавши усі необхідні дані розраховує терміни окупності впровадження даного заходу.

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{2210000}{65113 \cdot 4,32} = 7,9 \text{ років}$$

4.4 Моделювання теплового насосу для гарячого водопостачання у програмному середовищі GeoT*Sol

В даному заході буде розглянуто застосування теплового насосу на потреби систем ГВП за допомогою програмного забезпечення GeoT SOL. Відповідно до схеми теплопостачання будинку розробленої раніше обираємо подібну схему програмному середовищі GeoTSol. Обрана схема зображена на рисунку 4.10

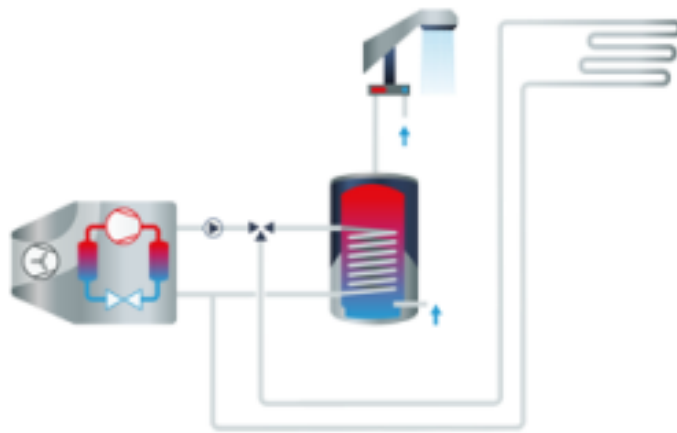


Рисунок 4.10 – Обрана схема теплопостачання

З рисунку бачимо, що в схемі також приєднана система опалення. Оскільки в нашому випадку відсутнє теплове навантаження на систему опалення вносимо відповідні дані до програми.

Далі заповнюємо інформацію щодо системи ГВП. Приймаємо рекомендовану середню витрату води на 1 мешканця 40 л/добу, кількість мешканців – 180. Заповнені дані зображені на рисунку 4.11.

Domestic Hot Water

Consumption

☐ DHW consumption known

Average daily usage: 7 200 l

No. Persons: 180

Consumption per person and day: 40 l

Annual energy consumption: 124 159 kWh

Spec. annual energy consumpt 23 368,9 Wh/m²

Temperatures

DHW target temperature: 50 °C

☒ Calculate cold water temperature based on climate data

Cold water temperature in February: 5,5 °C

Cold water temperature in August: 12,5 °C

DHW Recirculation Loop

☒ DHW recirculation loop used

Single length of pipes: 85 m

Temperature spread feed/return: 5,0 K

Spec. losses: 0,30 W/(m*K)

Operating times: 0 - 23

Volume flow: 241,6 l/h

Resulting losses (approx.): 12 000 kWh/a

Рисунок 4.11 – Параметри системи ГВП

Для покриття даного навантаження пропонується використати повітряний тепловий насос Viessmann Vitocal 300-A з номінальною тепловою потужністю 28,1 кВт з теном аналогічної потужності. На рисунку 4.12 зображено пропонуванний тепловий насос.



Рисунок 4.12 – ТН Viessmann Vitocal 300-A

Далі необхідно налаштувати оптимальний режим роботи теплового насосу. В даній схемі ТН працює в моновалентному режимі роботи. Пропонується використовувати його в паралельній схемі з теном, що забезпечить оптимальну

ефективність роботи ТН. Температура запуску тєну - 5°C. Обрані налаштування зображені на рисунку 4.13.

Mode of Operation

Monovalent/monoenergetic operation			
☐ Monovalent	☒ Monoenergetic, parallel	Power of heating element:	28,0 kW
☒	☐ Monoenergetic, alternative	Heating element out of service above:	5,0 °C
	☐ Monoenergetic, partially parallel	Heat pump out of service below:	--- °C
Bivalent operation			
Bivalent operation in systems with boilers only.			
Bivalence point of air/water heat pumps.			
Standard outside temperature:	-19,0 °C		
Supply temperature:	35 °C		
Heating load:	0,0 kW	☒ Bivalent point not determinable.	

Рисунок 4.13 – Параметри роботи системи теплового насосу

В попередньому розділі було розраховано оптимальну ємність буферної ємності, що становить 3 600 л.

Після внесення всіх необхідних параметрів запускаємо симуляцію. Результати зображені на рисунку 4.14 та 4.15.

Simulation Results

Seasonal Heat Performance Factor (SPF)		Energies	Photovoltaics
SPF (from simulation)		VDI 4650	
SPF of heat pump:	3,22	Min. source temperature:	---
SPF of heat pump system:	3,22	Performance share at std. outdoor air temp.:	70 %
SPF generator system (HP + solar thermal):	---	Coverage:	99 %
		Outdoor temperatur at switch off:	--- °C
		SPF of heat pump:	3,02
		SPF of heat pump with solar system:	---

Рисунок 4.14 – Результати симуляції SFP теплового насосу

З рисунку бачимо, що середній сезонний коефіцієнт ефективності (SPF) теплового насосу становить 3,22, що є відносно непоганим показником з урахуванням того, що тепловий насос повністю покриває споживання тепла на потреби системи ГВП протягом року.

Simulation Results

Seasonal Heat Performance Factor (SPF)		Energies	Photovoltaics
Energy generated / Year		Losses / Year	
Supplied by heat pump:	130 515 kWh (100 %)	Tank losses:	320 kWh
Supplied by boiler:	--- kWh	...fraction of solar tank losses:	--- kWh
Supplied by solar system:	--- kWh	DHW recirculation loop:	12 789 kWh
Supplied by elec. heating rod:	0 kWh (0 %)	Solar loop piping indoors:	--- kWh
		Solar loop piping outdoors:	--- kWh
Utilized energy / Year		Solar loop	
Space Heating:	0 kWh (0 %)	Solar fraction:	--- %
Domestic hot water:	119 050 kWh (91 %)	Solar fraction DHW:	--- %
Power consumption / Year		Efficiency of solar system:	--- %
Heat pump:	40 534 kWh (100 %)	Irradiation onto active solar surface:	--- kWh
Heating element:	0 kWh (0 %)	Energy delivered by collectors:	--- kWh
Auxiliary energy:	--- kWh		
Solar loop pump:	--- kWh		
Boiler (fuel):	--- kWh		

Рисунок 4.15– Результати симулювання енергетичного балансу роботи системи теплового насосу

З рисунку 4.16 бачимо, що річна генерація тепла тепловим насосом становить 130 515 кВт·год, що повністю покриває потреби системи ГВП. При цьому річне споживання електроенергії складає 40 534 кВт·год, що повністю покривається сонячної електростанцією.

На рисунку 4.17 зображено графік споживання та генерації теплової енергії протягом року. Даний графік побудовано за допомогою програмного забезпечення GeoT SOL. На рисунку 4.29 зображено річний температурний графік роботи системи.

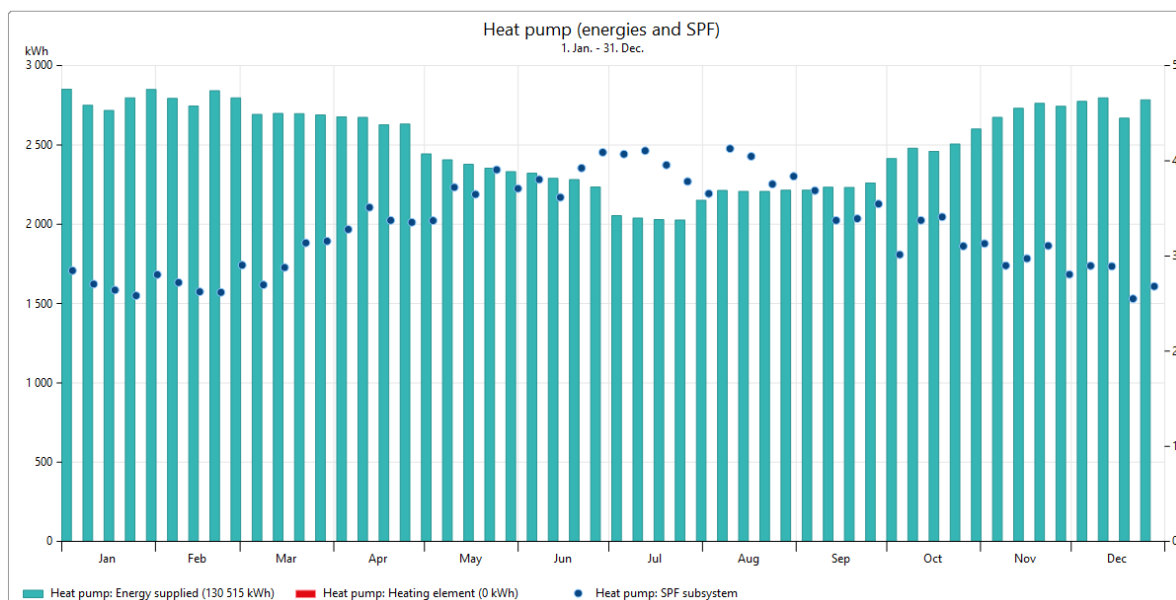


Рисунок 4.16 – Графік річного споживання та генерації теплової енергії

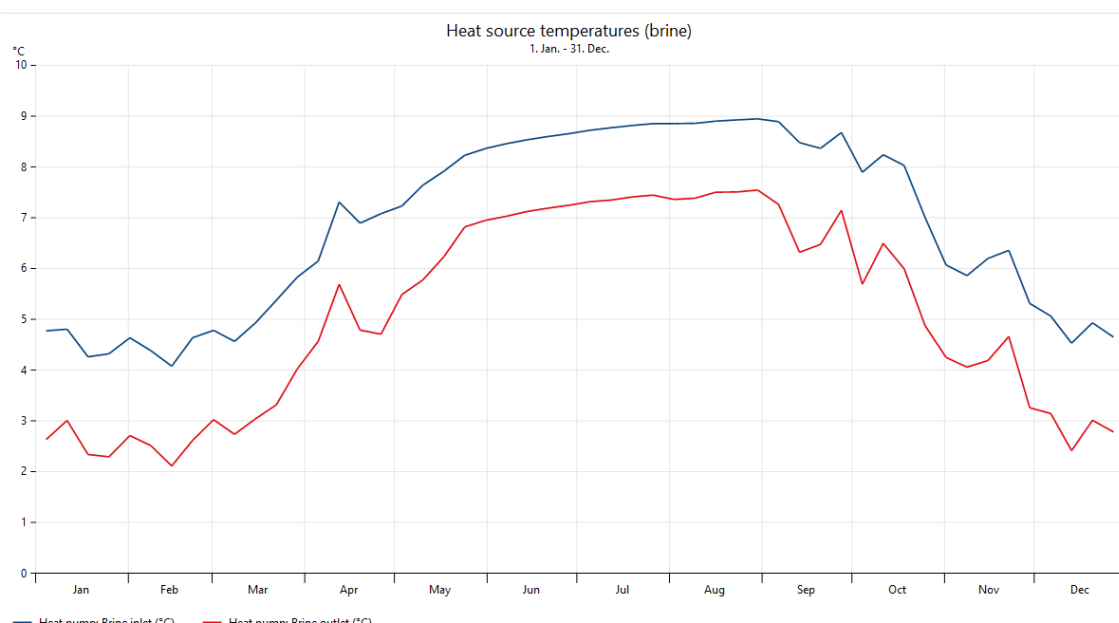


Рисунок 4.17 – Річний температурний графік роботи системи

За результатами симуляції річна генерація теплової енергії на потреби системи ГВП становить 130 515 кВт·год теплової енергії, при річному споживанні 40 534 кВт·год електроенергії. Оскільки на даний момент централізоване постачання гарячої води не працює, підготовка гарячої води в будинку здійснюється за допомогою бойлерів, що встановлені в кожній квартирі. Приймаємо коефіцієнт корисної дії (ККД) бойлерів на рівні 0,97. Тобто розрахункове річне споживання електроенергії на потреби ГВП становить:

$$W_{e,pik} = \frac{130515}{0,97} = 134551 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Приймаємо питомі інвестиції на встановлення ТН – 1500 євро/кВт теплової потужності. Таким чином загальні інвестиції складають:

$$I_{TH} = 28,1 \cdot 1500 \cdot 50 = 2\,107\,500 \text{ грн}$$

Відповідно термін окупності розраховуємо наступним чином:

$$T_{окуп.} = \frac{2\,107\,500}{(134\,551 - 40\,534)} \cdot 4,32 = 5,2 \text{ років}$$

Висновки до розділу 4

В даному розділі дисертації за стандартом ДСТУ 9190:2022 було розраховано енергоспоживання будівлі після впровадження заходів з енергоефективності та прораховано терміни окупності впровадження кожного із заходів. Також за допомогою програмного забезпечення PVSol та GeoTSol було проведено підбір обладнання та розрахунок енергетичних показників від впровадження заходів.

Економічні показники від впровадження усіх заходів зображені в таблиці 4.6.

З таблиці бачимо, що загальний термін окупності заходів становить 10,5 років, що є чудовим показником. Впровадження більшості заходів окремо від інших також мають чудові терміни окупності.

Таблиця 4.6 – Терміни окупності заходів

Захід	Економія	Інвестиції	Термін окупності
	Грн/рік	Грн	Років
Утеплення фасадів	1 021 408,38	16 220 698,25	15,88
Заміна вікон	231 364,78	4 530 787,50	19,58
Замін дверей	56 036,55	678 880,00	12,11
Утеплення горищного перекриття	186 456,08	2 733 375,00	14,66
Утеплення перекриття над підвалом	126 035,93	2 915 600,00	23,13
Модернізація ІТП	658 101,97	1 500 000,00	2,28
Утеплення трубопроводу СО	63 504,00	450 000,00	7,09
Балансування СО	89 982,13	360 000,00	4,00
Встановлення терморегуляторів	171 736,33	1 296 000,00	7,55
Встановлення СЕС	281 288,16	2 210 000,00	7,86
Встановлення ТН	406 153,44	5 507 500,00	13,56
Загалом	3 292 067,75	38 402 840,75	11,67

5 СТАРТАП ПРОЄКТ

5.1 Опис ідеї стартапу

Внаслідок реформування ЖКГ України значна частина багатоквартирних будинків була передана на управління ОСББ, що загалом відповідає європейській практиці та передбачає активну участь мешканців у прийнятті рішень щодо утримання, ремонту й розвитку будинку. Проте разом із повноваженнями ОСББ отримали велику відповідальність і навантаження: потрібно організовувати роботу підрядників, вести фінансовий облік, забезпечувати документообіг, комунікацію зі співвласниками та контроль технічного стану будинку. На практиці головною причиною труднощів є нестача ресурсів, насамперед фінансових і кадрових. Більшість ОСББ не може наймати окремих спеціалістів з бухгалтерії, юриспруденції, технічного нагляду та енергоменеджменту, тому значна частина процесів виконується вручну головою або правлінням. Через це управління часто є повільним і неефективним, сильно залежить від людського фактора, а цифрові інструменти використовуються фрагментарно: фінанси ведуться в таблицях, документи залишаються паперовими, заявки мешканців губляться в месенджерах і дзвінках, а прозорість витрат та рішень знижується, що негативно впливає на довіру співвласників.

Додаткову актуальність проблемі надає енергетична криза та зростання вартості енергоресурсів. Значна частина житлового фонду України має низькі теплоізоляційні характеристики, застарілі інженерні системи та недостатній рівень регулювання, що призводить до завищеного споживання тепла й електроенергії та фінансових втрат. Водночас у житловому секторі поступово поширюються рішення на базі ВДЕ: сонячні електростанції на дахах, теплові насоси для ГВП, модернізація освітлення, автоматизація обліку. Однак ефективність таких проєктів залежить від здатності ОСББ правильно оцінити вихідні дані, обґрунтувати інвестиції, організувати реалізацію та надалі контролювати результат. Саме тому виникає потреба у зрозумілому інструменті,

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який поєднає адміністративні процеси з енергоменеджментом та дозволить керувати будинком на основі даних, а не інтуїтивно.

Запропонований стартап-проект напряму пов'язаний із результатами магістерської роботи, оскільки в дослідженні показано, що обґрунтовані рішення з енергоефективності потребують систематизації даних (показники лічильників, тарифи, параметри будівлі й систем, порівняння періодів, оцінка ефекту заходів). На практиці ОСББ зазвичай має ці дані, але не має інструментів і компетенцій для їх аналізу. Тому стартап можна розглядати як «упакування» напрацювань магістерської роботи у зручну цифрову платформу, яка допоможе ОСББ збирати інформацію, формувати звіти, знаходити аномалії, планувати заходи та відстежувати реальну економію після модернізації. Таким чином, технічна логіка та підхід, застосовані в роботі, можуть бути масштабовані на інші будинки, а результати стануть практично корисними не лише для одного об'єкта дослідження.

Екологічна цінність проекту полягає в тому, що платформа стимулює системний підхід до енергозбереження, що веде до зниження споживання енергії та відповідного скорочення викидів, а також спрощує впровадження ВДЕ у житловому секторі. Соціальна цінність проявляється у підвищенні прозорості та довіри між правлінням і мешканцями, зменшенні кількості конфліктів, покращенні дисципліни оплат і спрощенні колективного прийняття рішень щодо модернізації. Отже, ідея стартапу полягає у створенні єдиної цифрової платформи управління ОСББ, яка поєднує фінансовий та адміністративний блок, комунікацію з мешканцями і функціонал енергоменеджменту, що особливо актуально в умовах енергетичних викликів та потреби підвищення енергоефективності житлового фонду України.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Пропоноване рішення

Як рішення описаної вище проблеми пропонується розробити прикладний програмний продукт у форматі веб- та мобільного застосунку, призначений для організації й спрощення процесу управління багатоквартирним будинком. Такий підхід забезпечує доступ до системи з різних пристроїв (смартфон, планшет, ПК), дозволяє адаптувати інтерфейс під потреби різних груп користувачів — від голови та правління ОСББ до пересічного мешканця — і зменшує залежність від «ручного» управління. Програмне середовище планується реалізувати у вигляді набору модулів, які можна підключати та налаштовувати під конкретний будинок, його структуру, масштаби та актуальні задачі. Завдяки модульній архітектурі система може поступово розширюватися: наприклад, спочатку запускатися для базових операцій (облік, заявки, оголошення), а згодом доповнюватися аналітичними функціями та енергоменеджментом. Важливо, що використання єдиної платформи створює спільний «інформаційний простір», де всі ключові дані зберігаються централізовано та мають зрозумілу структуру, а доступ до них регламентується ролями користувачів.

Адміністративний модуль

Адміністративний модуль є базовим елементом платформи та спрямований на цифровізацію ключових управлінських процесів ОСББ. У межах цього модуля передбачається формування та ведення актуального реєстру співвласників/мешканців із можливістю швидкого оновлення контактів, налаштування прав доступу та фіксації статусу (власник, орендар тощо). Також модуль забезпечує зберігання установчих документів, договорів із підрядними організаціями, протоколів і рішень загальних зборів, наказів, заяв та іншої нормативної і довідкової документації. Важливою складовою є можливість планування та проведення зборів співвласників із формуванням порядку денного, оприлюдненням матеріалів до голосування та фіксацією результатів у електронному вигляді. За потреби можуть бути реалізовані функції формування

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шаблонів документів (повідомлення, довідки, листи) та ведення архіву, щоб швидко знаходити необхідну інформацію за датою або ключовими словами. Застосування такого підходу зменшує обсяг паперового документообігу, спрощує доступ до архівних даних і мінімізує ризики втрати інформації через людський фактор, а також підвищує прозорість управління для мешканців.

Фінансовий модуль

Фінансовий модуль призначений для автоматизації процесів фінансового обліку в ОСББ та підвищення прозорості розрахунків. Він включає функції нарахування обов'язкових внесків і платежів за утримання будинку, контроль заборгованостей та формування нагадувань для мешканців. Окремо передбачається ведення статей доходів і витрат, фіксація платежів підрядникам, облік резервного фонду та планування бюджетів на ремонти чи модернізацію. Для правління ОСББ важливою перевагою є можливість формування фінансових звітів у стандартизованій формі (місячні, квартальні, річні) та швидкий аналіз руху коштів за конкретними напрямками. Для мешканців значущою функцією є доступ до зрозумілої «картини» фінансів будинку: на що саме витрачаються кошти, які роботи виконані, які заплановані. Додатково модуль може містити блок візуалізації фінансових показників у вигляді графіків і діаграм (структура витрат, динаміка платежів, рівень заборгованості), що полегшує сприйняття даних та знижує кількість спірних питань під час обговорень.

Комунікаційний модуль

Комунікаційний модуль забезпечує централізований інформаційний простір для взаємодії між правлінням ОСББ і мешканцями та усуває проблему «розпорошених» каналів зв'язку. За допомогою додатку мешканці можуть отримувати актуальні оголошення, повідомлення про планові роботи, аварійні сповіщення (відключення води, електроенергії, аварії в мережах), а також оперативні новини щодо рішень правління. Окремо передбачається система заявок: мешканець може подати звернення про несправність (наприклад, освітлення, ліфт, протікання), прикріпити фото, обрати категорію проблеми та відстежувати статус виконання (прийнято/в роботі/виконано). Для правління це

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зручно тим, що заявки не губляться, мають пріоритети та історію, а також можуть формувати статистику типових проблем будинку. Такий підхід підвищує оперативність реагування, дисциплінує процес виконання робіт і зменшує кількість конфліктних ситуацій, що виникають через нестачу інформації або «неофіційні домовленості».

Модуль енергоменеджменту

Модуль енергоменеджменту має аналітичний характер і спрямований на роботу з даними про споживання енергетичних ресурсів будинком. Система дозволяє накопичувати показники лічильників (тепло, електроенергія, вода), зберігати їх у єдиній базі та будувати зрозумілу динаміку споживання за різні періоди. На основі цих даних можна виконувати порівняння сезонних показників, аналізувати відхилення від середніх значень, виявляти аномальні зміни (наприклад, різкий ріст споживання, що може свідчити про витоки або некоректну роботу обладнання), а також оцінювати ефективність проведених заходів (утеплення, модернізація ІТП, заміна освітлення тощо). Для зручності користування результати аналізу можуть відображатися у вигляді графіків, індикаторів та коротких висновків, зрозумілих для нефахівців. Отримана інформація використовується правлінням ОСББ як база для обґрунтованих управлінських рішень: планування енергоефективних заходів, формування бюджету, підготовка до зборів співвласників і підвищення прозорості результатів модернізації. У перспективі модуль може підтримувати інтеграцію з ВДЕ (наприклад, СЕС) та відображати власну генерацію й частку покриття внутрішнього споживання, що робить систему корисною для будинків, які планують або вже впровадили такі рішення.

На рисунку 5.1 – Зображено орієнтовний інтерфейс додатку

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

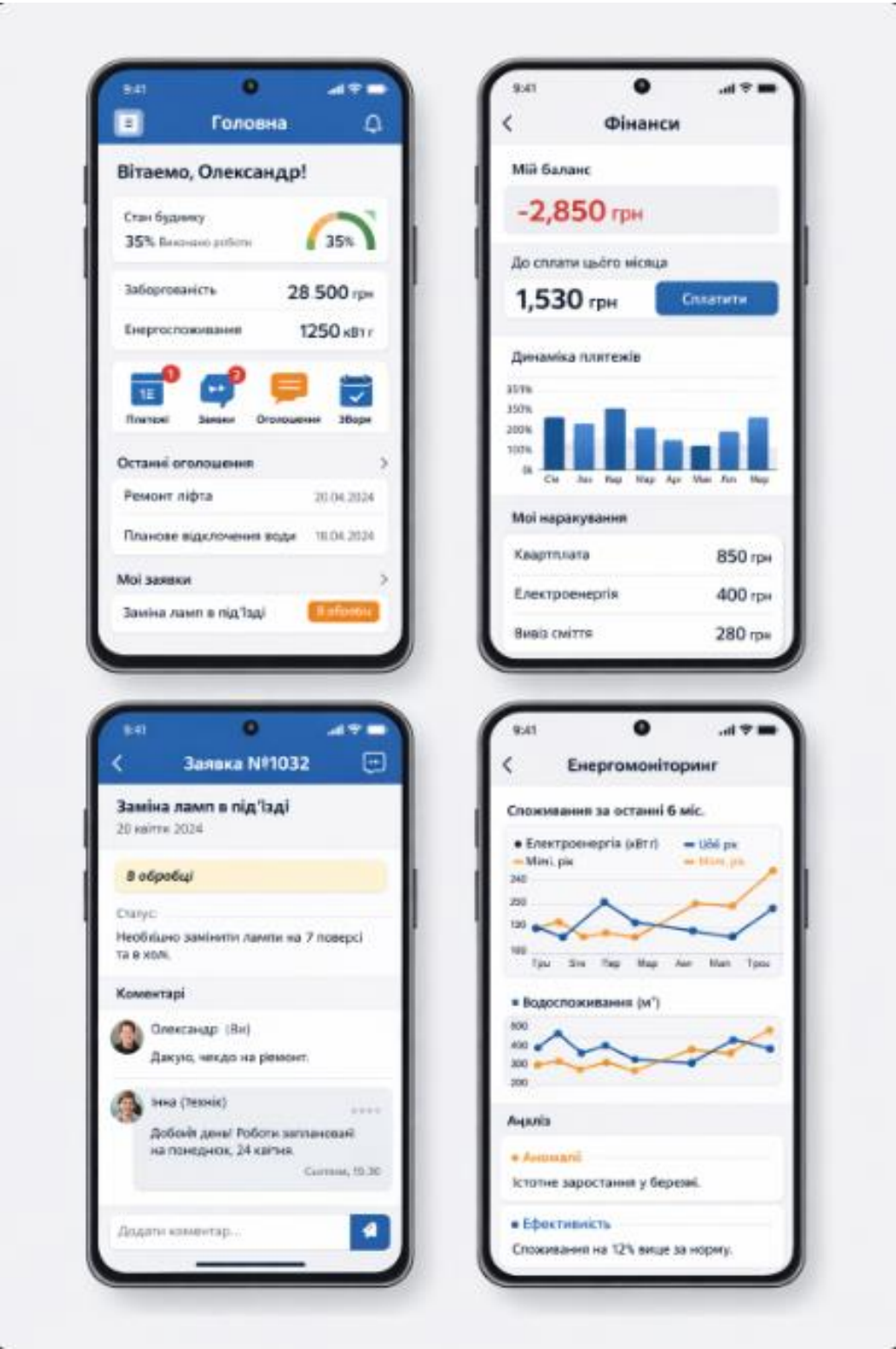


Рисунок 5.1 – Інтерфейс додатку

5.3 Цільова аудиторія

Запропонований стартап орієнтований насамперед на сферу управління багатоквартирними житловими будинками, де основну роль відіграють ОСББ.

Основною цільовою аудиторією проекту є голови ОСББ та члени правління. Саме вони відповідають за організацію роботи будинку, ведення фінансового обліку, взаємодію з мешканцями та контроль за поточними питаннями експлуатації. У своїй діяльності голови ОСББ часто використовують різні, не пов'язані між собою інструменти, що ускладнює управління та потребує значних витрат часу. Запропонована платформа дозволяє об'єднати основні управлінські процеси в одному цифровому середовищі, що спрощує роботу та зменшує адміністративне навантаження.

Другою групою користувачів є мешканці багатоквартирних будинків. Для них платформа є зручним засобом отримання інформації про діяльність ОСББ, фінансовий стан будинку та заплановані роботи. Крім того, мешканці отримують можливість швидко отримувати повідомлення та брати участь у голосуваннях, що підвищує прозорість управління будинком.

У перспективі користувачами платформи можуть стати також керуючі компанії, які обслуговують кілька будинків, а також органи місцевого самоврядування.

Для оцінки конкурентів було проаналізовано рішення, які вже використовуються в діяльності ОСББ. На ринку наявні окремі програмні продукти, які покривають лише частину управлінських завдань.

До першої групи конкурентів належать бухгалтерські програми для ОСББ, які дозволяють вести облік платежів і формувати фінансові звіти. Такі програми є корисними, проте вони не забезпечують зручної комунікації з мешканцями та не підтримують інші управлінські функції.

Другу групу конкурентів становлять месенджери та соціальні мережі, які часто використовуються для спілкування між правлінням ОСББ та мешканцями.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на зручність, такі інструменти не призначені для офіційного управління, не забезпечують збереження структури даних і не дозволяють формувати звітність.

Окремо можна виділити спеціалізовані системи для керуючих компаній, які мають широкий функціонал, але зазвичай є складними у використанні та потребують значних фінансових витрат. Для більшості ОСББ такі рішення є надмірними або економічно недоцільними.

Порівнявши існуючі рішення бачимо, що на ринку відсутній простий і водночас комплексний інструмент, який би поєднував управління ОСББ, фінансовий облік, комунікацію з мешканцями та базову аналітику споживання ресурсів. Запропонований стартап-проект покликаний заповнити цю нішу та запропонувати зручне рішення, адаптоване до реальних потреб ОСББ.

5.4 Монетизація стартап-проекту

Для того щоб запропонований додаток міг не лише стабільно функціонувати, але й постійно оновлюватися та розвиватися у довгостроковій перспективі, необхідно заздалегідь передбачити зрозумілу, прозору та реалістичну модель монетизації. Це особливо важливо для цифрових сервісів у сфері управління житловим фондом, адже користувачі очікують регулярних оновлень, технічної підтримки, виправлення помилок, розширення функціоналу та захисту даних. При цьому слід враховувати специфіку діяльності ОСББ: більшість об'єднань має обмежені фінансові ресурси, планує витрати на рік наперед і потребує прогнозованої схеми оплати без значних разових платежів. З огляду на ці умови, у межах даного стартап-проекту обрано підписну (абонентську) модель оплати як найбільш зрозумілу та зручну для цільової аудиторії.

Суть запропонованої моделі полягає в тому, що ОСББ сплачують фіксовану щомісячну плату за користування платформою та доступ до її функцій. Такий

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підхід є вигідним для клієнтів, оскільки дозволяє уникнути великих одноразових витрат на впровадження, а для розробника забезпечує стабільний і прогнозований дохід, необхідний для підтримки серверної інфраструктури, роботи команди та розвитку продукту. Додатковою перевагою є те, що підписка мотивує сервіс підтримувати якість: якщо продукт не зручний або не приносить користі, клієнти не продовжуватимуть оплату, тому розробник зацікавлений у постійних покращеннях. Розмір абонентської плати пропонується формувати за принципом справедливої диференціації: він залежить від кількості квартир у будинку (як показника масштабу користування) та обсягу доступного функціоналу (набору підключених модулів, наприклад фінансового або енергоменеджменту). Така логіка дозволяє гнучко підлаштовувати сервіс під потреби різних ОСББ і робить модель більш доступною для невеликих будинків.

Орієнтовна вартість користування платформою становить від 300 до 1200 грн на місяць. Для невеликих ОСББ з кількістю квартир до 100 передбачається мінімальний тариф, який покриває базові модулі (адміністративний блок і комунікації) та дозволяє протестувати сервіс без значного фінансового навантаження. Для середніх і великих будинків встановлюється вищий рівень оплати, що пов'язано з більшим обсягом даних, потребою в розширених функціях та зростанням навантаження на систему. За потреби також може бути передбачено декілька пакетів: «Базовий» (адміністрація + комунікація), «Стандарт» (додатково фінанси) та «Розширений» (включно з енергоменеджментом і аналітикою). Така диференціація дозволяє зробити сервіс доступним для більшості ОСББ, а також створює можливість поступового переходу клієнтів на дорожчі пакети при зростанні потреб, не змінюючи платформу повністю.

Основні витрати на реалізацію стартап-проєкту пов'язані насамперед із розробкою програмного забезпечення та його подальшою підтримкою. На початковому етапі найбільшу частку витрат становить створення мінімально життєздатної версії платформи — мінімального робочого продукту (MVP), який включає базовий функціонал для реального управління ОСББ: реєстр мешканців,

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

документообіг, оголошення, заявки, простий фінансовий облік та початкову аналітику. Окрім власне розробки, важливо закласти ресурси на тестування, виправлення помилок, налаштування безпеки та зручності користування, оскільки саме на перших етапах формується довіра користувачів до продукту. Додатково необхідно врахувати витрати на хостинг та серверну інфраструктуру, технічну підтримку (відповіді користувачам, консультації, допомога з налаштуванням), а також маркетинг і продажі, спрямовані на залучення перших ОСББ. Для такого сервісу важливо мати не лише рекламу, але й демонстраційні матеріали, навчальні інструкції та приклади звітів, щоб ОСББ одразу бачило користь.

Загальний обсяг початкових інвестицій у запуск стартап-проєкту оцінюється приблизно у 700 тис. грн. До цієї суми входять витрати на розробку платформи, тестування, запуск серверної інфраструктури, організаційні витрати та підготовка до виходу на ринок. Після запуску платформи основні витрати набувають операційного характеру і пов'язані з підтримкою працездатності системи: оплата серверів і доменів, регулярне резервне копіювання, технічна підтримка користувачів, випуск оновлень, а також поточні витрати на просування. Необхідні інвестиції для реалізації стартапу доцільно відобразити у таблиці 5.1 із розподілом за категоріями витрат (розробка, інфраструктура, підтримка, маркетинг, адміністративні витрати), що зробить обґрунтування більш наочним.

Таблиця 5.1 – Початкові інвестиції стартапу

Стаття витрат	Витрати, тис. грн
Розробка MVP (frontend та backend)	280,0
UI/UX дизайн користувацького інтерфейсу	70,0
Тестування та налагодження системи	50,0
Хостинг та серверна інфраструктура (1 рік)	90,0
Юридичні та організаційні витрати	30,0
Маркетинг та залучення ОСББ	60,0
Технічна підтримка та адміністрування (1 рік)	120,0
Загальна сума інвестицій	700,0

За умови поступового залучення клієнтів і підключення близько 50 ОСББ із середнім тарифом 800 грн на місяць, очікуваний дохід становитиме приблизно 40 тис. грн на місяць. У подальшому, при збільшенні кількості клієнтів або переході частини ОСББ на розширені пакети, дохід може зростати без пропорційного збільшення витрат, що є перевагою цифрових сервісів. З урахуванням поточних витрат, а також початкових інвестицій, термін окупності проєкту оцінюється на рівні 16–18 місяців, що є прийнятним показником для стартапів у сфері цифрових платформ. Таким чином, підписна модель монетизації є оптимальним рішенням: вона одночасно забезпечує доступність сервісу для ОСББ, стабільність надходжень для команди розробки та можливість планомірного розвитку продукту в майбутньому.

5.4 Фінансова оцінка впровадження стартап-проєкту монетизація стартап-проєкту

Для обґрунтування практичної доцільності запропонованої цифрової платформи управління ОСББ виконано спрощену фінансову оцінку, орієнтовану на умови реального ринку України та специфіку цільової аудиторії. Основна мета цієї оцінки — показати, що сервіс може стабільно підтримуватись і розвиватись за рахунок регулярних надходжень від підписки, без необхідності для ОСББ здійснювати великі одноразові платежі.

В основу розрахунків покладено підписну модель монетизації, за якої ОСББ сплачує фіксовану щомісячну абонентську плату за користування платформою. Такий формат є зручним для ОСББ, оскільки витрати легко плануються в межах річного бюджету, а для розробника забезпечується прогнозований дохід, необхідний для технічної підтримки, оновлень і покриття витрат на інфраструктуру. Тариф пропонується диференціювати залежно від масштабу будинку та набору модулів, тому орієнтовна вартість користування становить 300–1200 грн/місяць.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкові інвестиції у запуск стартапу оцінюються на рівні близько 700 тис. грн. До цієї суми входить розробка мінімально життєздатного продукту (MVP), тестування, запуск серверної інфраструктури, організаційні витрати, а також первинні витрати на маркетингові матеріали для залучення перших клієнтів. У подальшому витрати мають переважно операційний характер (підтримка, хостинг, оновлення, робота з користувачами), при цьому важливо, що для цифрового продукту масштабування кількості клієнтів не потребує пропорційного збільшення витрат, тобто зі зростанням бази ОСББ фінансова стійкість платформи підвищується.

Очікувані доходи формуються за рахунок щомісячних платежів. Для спрощеної оцінки прийнято сценарій поступового підключення близько 50 ОСББ із середнім тарифом 800 грн/місяць. Тоді прогнозований дохід становитиме:

$$\text{Дохід/місяць} = 50 \times 800 = 40\,000 \text{ грн/місяць}$$

$$\text{Дохід/рік} = 40\,000 \times 12 = 480\,000 \text{ грн/рік}$$

Для наочності можливий діапазон доходу залежно від кількості підключених ОСББ і середнього тарифу можна подати так:

$$30 \text{ ОСББ} \times 800 \text{ грн} = 24\,000 \text{ грн/місяць}$$

$$50 \text{ ОСББ} \times 800 \text{ грн} = 40\,000 \text{ грн/місяць}$$

$$70 \text{ ОСББ} \times 800 \text{ грн} = 56\,000 \text{ грн/місяць}$$

$$50 \text{ ОСББ} \times 1000 \text{ грн} = 50\,000 \text{ грн/місяць}$$

Термін окупності визначається як співвідношення початкових інвестицій до чистих щомісячних надходжень. У спрощеному вигляді для стартап-оцінки (без деталізації всіх статей витрат за місяцями) використовується підхід, коли окупність оцінюється на основі планового доходу та очікуваних поточних витрат на підтримку. Згідно з прийнятими умовами проекту та розрахунками, за умови досягнення рівня близько 50 ОСББ термін окупності становить 12–18 місяців, що є прийнятним показником для цифрових сервісів на етапі запуску. Така окупність означає, що після повернення початкових вкладень платформа може фінансувати подальший розвиток функціоналу (нові модулі, інтеграції, аналітика, покращення інтерфейсу) вже за рахунок операційних надходжень.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково слід зазначити, що фінансовий результат проєкту найбільше залежить від двох факторів: кількості підключених ОСББ та середнього тарифу. Тому для зменшення ризиків доцільно передбачити кілька тарифних пакетів (базовий/стандарт/розширений), а також стратегію поступового підключення будинків, починаючи з невеликого набору модулів (щоб знизити «бар'єр входу»), і подальшого переходу частини користувачів на розширений функціонал. Це дозволяє збільшувати середній чек без втрати доступності для невеликих ОСББ.

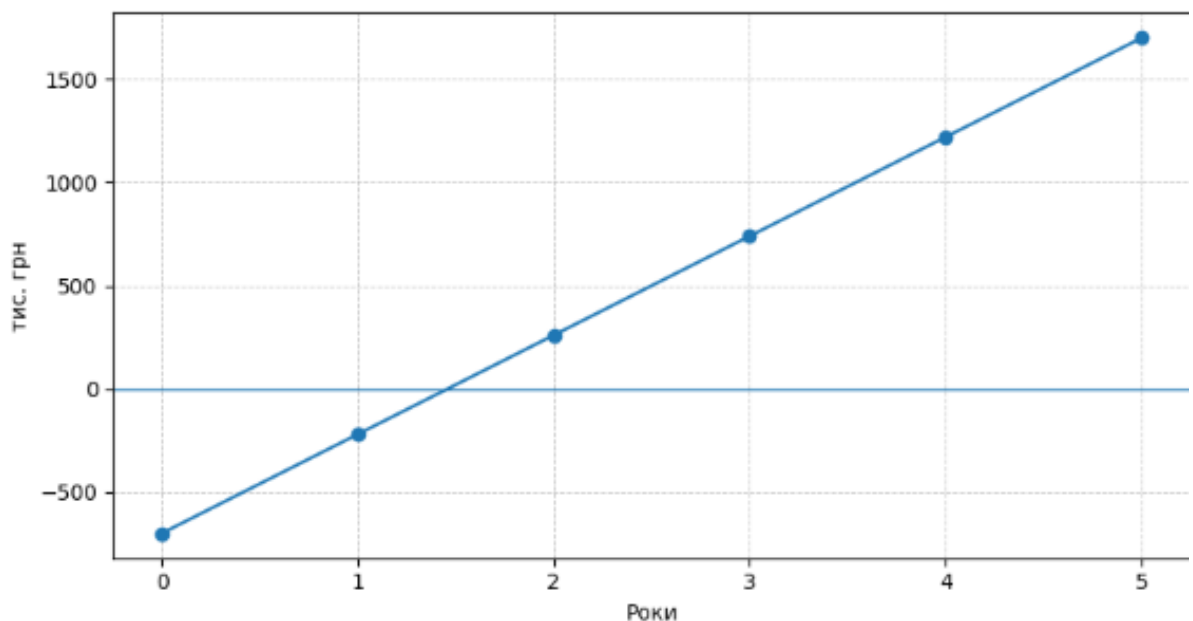


Рисунок 5.2 – Графік приросту капіталу стартапу

Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто стартап-проєкт цифрової платформи управління ОСББ. Проєкт спрямований на вирішення організаційних та інформаційних проблем управління багатоквартирними будинками без впровадження технічних заходів з енергоефективності.

Запропонована фінансова модель передбачає підписну плату в розмірі 300–1200 грн на місяць, а початкові витрати на реалізацію проєкту оцінюються у 700 тис. грн. За розрахунками, при залученні близько 50 ОСББ термін окупності

становить 12–18 місяців, що свідчить про економічну доцільність та практичну перспективність запропонованого стартапу.

Отже, виконана фінансова оцінка показує, що стартап-проект має економічну доцільність: підписна модель є зрозумілою для ОСББ, стартові інвестиції знаходяться на реалістичному рівні для створення MVP, а прогнозована окупність у межах 12–18 місяців підтверджує практичну перспективність платформи як цифрового сервісу для ринку житлового управління в Україні. На рисунку 5.2 зображено графік накопичення капіталу.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ З ОБЛАШТУВАННЯ СЕС

6.1 Загальна характеристика умов праці при монтажі СЕС

Під час виконання монтажних робіт з облаштування сонячної електростанції необхідно забезпечити належний рівень охорони праці та пожежної безпеки, оскільки даний вид робіт належить до категорії робіт підвищеної небезпеки. Це пов'язано з тим, що монтаж СЕС виконується на покрівлі житлового будинку, де працівники змушені працювати на висоті, використовувати електроінструмент, виконувати підйом і переміщення елементів СЕС (фотоелектричних модулів, кріплень, кабельної продукції), а також виконувати монтажні операції в умовах обмеженого простору. Додатковим фактором ризику є те, що роботи часто проводяться поряд із діючими електричними мережами будівлі, а також передбачають підключення обладнання, що може створювати небезпеку ураження електричним струмом при порушенні технології або застосуванні несправного інструменту.

Наслідком недотримання вимог охорони праці під час виконання таких робіт може стати травмування працівників (падіння з висоти, ушкодження при перенесенні вантажів, порізи, удари, ураження струмом), пошкодження дороговартісного обладнання (сонячних модулів, інверторів, кабельних ліній) та створення небезпеки для мешканців будинку, які пересуваються в межах прибудинкової території. Особливо небезпечними є випадки падіння інструменту або матеріалів з покрівлі, тому організація робочої зони має передбачати огороження, попереджувальні знаки та обмеження доступу сторонніх осіб. Крім того, помилки, допущені на етапі монтажу (некоректне підключення, погані електричні контакти, неправильне заземлення, неякісна фіксація конструкцій), можуть негативно вплинути на подальшу безпечну експлуатацію сонячної

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

електростанції, знизити її надійність, підвищити ризик аварійних ситуацій і скоротити строк служби системи.

Об'єктом монтажних робіт є сонячна електростанція, що встановлюється на покрівлі житлової будівлі. Роботи виконуються в умовах відкритого простору, що зумовлює вплив погодних факторів, таких як температура повітря, сонячне випромінювання, вітер та опади. Наприклад, при сильному вітрі зростає ризик втрати рівноваги та падіння, при опадах або ожеледиці поверхня покрівлі стає слизькою, а при високих температурах і прямому сонячному випромінюванні підвищується ризик перегріву працівників і зниження концентрації уваги. Усі ці чинники необхідно враховувати при організації робочого процесу: плануванні графіку робіт, виборі безпечних маршрутів пересування на покрівлі, застосуванні страхувальних систем, а також підборі засобів індивідуального захисту (каска, страхувальні пояси, рукавиці, спецвзуття з протиковзкою підошвою, захисні окуляри тощо).

Важливе значення має і пожежна безпека. Хоча сонячна електростанція не використовує паливо під час роботи, електричні мережі, з'єднання та кабельні лінії можуть бути джерелом нагрівання або короткого замикання при помилках монтажу. Тому під час виконання робіт необхідно дотримуватися вимог електробезпеки, не допускати пошкодження ізоляції кабелів, правильно виконувати комутацію та забезпечувати наявність первинних засобів пожежогасіння на робочому майданчику. Також важливо організувати порядок зберігання матеріалів на покрівлі, щоб уникнути захаращення проходів і створення додаткових ризиків.

У таблиці 6.1 наведено характеристики об'єкта, де проводяться роботи, а також основні умови їх виконання. З таблиці видно, що при виконанні даного виду робіт наявна значна кількість чинників, які здійснюють негативний вплив на працівників, підвищують рівень небезпеки та можуть знижувати продуктивність праці. Саме тому організація монтажних робіт повинна включати чітке планування, проведення інструктажів, контроль стану обладнання та

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

інструментів, дотримання вимог використання ЗІЗ і постійний нагляд відповідальних осіб за безпечним виконанням робіт.

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика об'єкту

Критерій	Характеристика
Тип об'єкта	Покрівля житлової будівлі
Категорія робіт	Роботи підвищеної небезпеки
Категорія пожежної безпеки	Категорія Д
Освітлення робочої зони	Природне
Основні фактори небезпеки	Робота на висоті, електрообладнання до 1000 В, ручне переміщення вантажів
Умови праці	Робота на відкритому повітрі
Рівень шуму	До 80 дБ

6.2 Основні види робіт при монтажі СЕС

Монтажні роботи з облаштування сонячної електростанції виконуються у кілька послідовних етапів і потребують правильної організації як з технічної точки зору, так і з точки зору охорони праці. Дотримання логічної послідовності робіт є важливим для безпечної роботи працівників, якісного монтажу обладнання та мінімізації помилок, що можуть вплинути на подальшу експлуатацію СЕС. Оскільки встановлення сонячної електростанції пов'язане з роботою на висоті, використанням електроінструменту, підйомом вантажів та виконанням електромонтажних операцій, усі дії необхідно виконувати з урахуванням вимог охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки. Важливо також призначити відповідальних осіб за безпечне виконання робіт, визначити небезпечні зони та організувати контроль за використанням засобів індивідуального захисту.

Роботи з монтажу СЕС рекомендується проводити у сприятливих погодних умовах, оскільки покрівля є зоною підвищеного ризику через можливість ковзання та вплив вітру. Виконання робіт під час дощу, сильного вітру, ожеледиці

або туману не допускається, адже це суттєво підвищує ймовірність падіння та травмування. Перед початком монтажу виконуються підготовчі роботи, які включають перевірку стану покрівлі (міцність, наявність пошкоджень, безпечні проходи), підготовку місць для переміщення працівників, доставку обладнання й матеріалів, а також проведення первинного та цільового інструктажу з охорони праці для бригади. На цьому етапі доцільно також перевірити справність інструменту, наявність страхувальних систем, касок, рукавиць, спецвзуття, а також підготувати аптечку та засоби пожежогасіння (вогнегасники), що є обов'язковими при роботах з електрообладнанням.

Першим етапом практичного виконання є підготовка робочого майданчика. На цьому етапі організовується безпечний доступ на покрівлю (сходи, люки, виходи), визначаються та позначаються маршрути пересування, встановлюються попереджувальні знаки та огороження небезпечних зон. Окремо визначаються місця для складування матеріалів, щоб уникнути захаращення проходів і забезпечити стабільність під час роботи. Якщо роботи виконуються над прибудинковою територією або входами до під'їздів, необхідно обмежити доступ мешканців, адже навіть падіння невеликого інструменту може призвести до травм. Така організація дозволяє зменшити ризик падіння предметів з висоти та зробити робоче місце більш впорядкованим і безпечним.

Далі виконується монтаж несучих металевих конструкцій (опорних рам, профілів, кріплень), на які згодом встановлюються сонячні панелі. Ці роботи виконуються з використанням ручного та електроінструменту, тому працівники повинні обов'язково використовувати захисні каски, страхувальні пояси, рукавиці та спеціальне взуття з протиковзкою підошвою. Монтаж виконується відповідно до проєктних рішень та інструкцій виробників, із контролем якості кріплень (затягування, фіксація, відсутність люфтів). На даному етапі також важливо не пошкодити покрівельне покриття, щоб у подальшому уникнути протікань, тому місця кріплення повинні виконуватись акуратно і з урахуванням гідроізоляції.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Після встановлення конструкцій проводиться монтаж сонячних панелей. Оскільки фотоелектричні модулі мають значну масу та габарити, їх підйом і встановлення здійснюється кількома працівниками одночасно або з використанням вантажопідйомних засобів, якщо це передбачено організацією робіт. Такий підхід зменшує фізичне навантаження, знижує ризик падіння панелі та дозволяє уникнути травм. Роботи виконуються обережно, з дотриманням правил перенесення вантажів, а також із контролем того, щоб панелі не пошкоджувались під час монтажу (удари, перегини, подряпини). Після встановлення модулі фіксуються у проектному положенні, а також перевіряється їх орієнтація та рівність розміщення.

Наступним етапом є прокладання кабельних ліній постійного та змінного струму. Кабелі укладаються згідно з проектною документацією, з дотриманням вимог електробезпеки та пожежної безпеки. Особлива увага приділяється цілісності ізоляції кабелів, правильності прокладання (без надмірного натягу та перегинів), використанню захисних гофр, лотків або кабель-каналів, а також надійності електричних з'єднань. Важливо запобігати потраплянню вологи в з'єднувальні елементи та забезпечити маркування кабелів, щоб спростити подальше обслуговування. Окремо контролюється правильність полярності та якість контактів, оскільки помилки на цьому етапі можуть призвести до аварій або виходу обладнання з ладу.

Завершальним етапом монтажних робіт є встановлення інверторів, розподільчих щитів, захисної автоматики та виконання пусконаладжувальних робіт. Ці роботи виконуються кваліфікованим персоналом, який має відповідні допуски, оскільки вони пов'язані з підключенням електрообладнання та перевіркою параметрів мережі. Після завершення монтажу проводиться контрольна перевірка системи: тестування роботи інвертора, перевірка напруги та струмів, тест захисного відключення, контроль заземлення (за наявності блискавкозахисту — його перевірка), а також пробний запуск. Після цього виконується прибирання робочого майданчика, видалення залишків матеріалів,

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

інструментів і сміття, щоб покрівля залишилася у безпечному стані для подальшої експлуатації.

Таким чином, правильна організація та послідовність виконання монтажних робіт, дотримання вимог охорони праці, використання ЗІЗ та контроль за якістю кріплень і електричних з'єднань дозволяють забезпечити безпечні умови праці, знизити ризик травмування працівників і мешканців, а також гарантувати надійну та довготривалу роботу сонячної електростанції.

6.3 Оцінка умов праці на робочих місцях

Умови праці під час монтажу сонячної електростанції значною мірою залежать від впливу зовнішніх факторів, оскільки основні роботи виконуються на відкритому повітрі, найчастіше — на покрівлі будівлі. У таких умовах працівники постійно зазнають дії високих або низьких температур, прямого сонячного випромінювання, вітру та опадів, що безпосередньо впливає на фізичний стан, працездатність і рівень уваги. Наприклад, у літній період перегрівання організму, зневоднення та сонячні удари можуть призводити до швидкої втоми й зниження концентрації, що підвищує ризик помилок і травмування. У холодну пору року небезпеку створюють переохолодження, оніміння рук, погіршення координації рухів, а також слизькі поверхні покрівлі внаслідок опадів чи ожеледиці. Вітер додатково ускладнює роботи з панелями та інструментом, оскільки створює ризик втрати рівноваги, а також може спричинити падіння або зсув матеріалів.

Окремим чинником є умови освітлення. У ясну погоду працівники можуть відчувати сліпучий ефект від сонця та відблисків від поверхні панелей, що збільшує навантаження на зір і може призводити до помилок під час точних монтажних операцій. У похмуру погоду або ввечері, навпаки, погіршується видимість, тому виникає потреба в додатковому освітленні або обмеженні робіт у темний час доби. Також слід враховувати, що покрівля часто має обмежені

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

проходи, нерівності, перепади висот, вентиляційні шахти та інші елементи, що ускладнюють переміщення працівників і потребують підвищеної уважності та застосування страхувальних систем.

Під час монтажу СЕС роботи виконуються переважно у положенні стоячи, з нахилом або у напівзігнутому положенні, часто з виконанням повторюваних рухів (кріплення конструкцій, затягування болтових з'єднань, прокладання кабелів). Для окремих операцій працівникам доводиться працювати на колінах або в незручних позах біля краю покрівлі, що підвищує навантаження на опорно-руховий апарат. Додатково в процесі роботи здійснюється ручне переміщення елементів конструкцій і обладнання: профілів, кріплень, кабельних бухт, інколи — самих фотоелектричних модулів. Це створює фізичне навантаження на спину, плечовий пояс і руки, а також підвищує ризик перенапруження, розтягнень і травм при неправильному підйомі або перенесенні вантажів.

Оскільки монтаж СЕС часто поєднує механічні та електромонтажні роботи, працівники можуть додатково піддаватися впливу факторів підвищеної небезпеки: використання електроінструменту (вібрація, шум, ризик порізів чи ударів), наявність пилу або дрібних частинок при свердлінні, робота з кабельними з'єднаннями та елементами електричних схем. Усе це потребує застосування засобів індивідуального захисту, а також чіткої організації робочого місця, щоб уникати зайвих переміщень і зменшувати ризик падіння інструменту чи матеріалів.

З огляду на зазначені фактори, важливим елементом безпечної організації робіт є дотримання раціонального режиму праці та відпочинку. Це включає планування перерв, особливо під час спеки або холоду, забезпечення працівників питною водою, можливість відпочинку в затінку або в теплому приміщенні, а також розподіл операцій так, щоб уникати перевтоми. Окремо доцільно враховувати погодні прогнози і коригувати графік робіт, оскільки несприятливі погодні умови значно підвищують ризики та можуть знижувати продуктивність праці.

Таким чином, умови праці при монтажі сонячної електростанції характеризуються значною залежністю від зовнішнього середовища, підвищеним фізичним навантаженням та необхідністю виконання робіт у нестандартних позах. Це вимагає продуманого планування, контролю стану працівників, дотримання режиму праці та відпочинку, а також застосування відповідних організаційних і технічних заходів. Основні характеристики умов праці наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Показники умов праці при монтажі СЕС

Чинник	Характеристика	Значення
Температура повітря	Робота на відкритому повітрі	від –10 до +35 °С
Вологість повітря	Атмосферна	40–90 %
Швидкість вітру	Помірна	до 10 м/с
Важкість праці	Ручне перенесення вантажів	до 25 кг
Робоче положення	Стоячи, з нахилом	-
Категорія робіт	Середньої важкості	II категорія

6.4 Технічні та організаційні заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час монтажу СЕС

Для зниження рівня небезпеки під час монтажу сонячної електростанції необхідно застосовувати комплекс технічних та організаційних заходів, оскільки дані роботи поєднують висотні операції, електромонтаж і переміщення вантажів. Основна мета таких заходів полягає у попередженні травматизму, мінімізації ризику аварійних ситуацій, а також забезпеченні якісного та безпечного виконання монтажу з подальшою надійною експлуатацією СЕС. Важливо, щоб заходи безпеки були передбачені ще на етапі підготовки до робіт, а не застосовувались «за фактом», коли небезпека вже виникла.

До технічних заходів належить, насамперед, використання справного та сертифікованого інструменту, який відповідає умовам виконання робіт на висоті та вимогам електробезпеки. Перед початком робіт необхідно перевіряти

технічний стан електроінструменту, подовжувачів, кабелів живлення, наявність захисних кожухів і справність вимикачів. Окремо важливо застосовувати надійні кріпильні системи та монтажні конструкції, які відповідають проектним рішенням і розраховані на дію вітрових навантажень. Ненадійне кріплення може призвести не лише до травмування під час монтажу, але й до пошкодження панелей або їх зриву в процесі експлуатації. Також до технічних заходів належать засоби захисту від падіння: страхувальні пояси, прив'язі, канати, анкерні лінії, тимчасові огороження та спеціальні точки кріплення. Їх застосування є обов'язковим, оскільки саме падіння з висоти є одним із найнебезпечніших ризиків при монтажі СЕС.

Окреме місце серед технічних заходів займає забезпечення електробезпеки, зокрема правильне виконання заземлення та зрівнювання потенціалів для металевих конструкцій, інверторів, щитового обладнання та кабельних ліній. Якісне заземлення знижує ризик ураження струмом, а також підвищує загальну пожежну безпеку системи. Крім того, необхідно правильно підбирати та встановлювати захисну автоматику (автоматичні вимикачі, пристрої захисного відключення, запобіжники, розрядники), що дозволяє запобігти перевантаженням, коротким замиканням і перегріванню контактів. Також важливим є використання кабельної продукції належної якості з відповідним перерізом, термостійкою ізоляцією, захистом від ультрафіолету та механічних пошкоджень.

Організаційні заходи передбачають правильну підготовку персоналу та контроль за умовами виконання робіт. До них належить проведення обов'язкових інструктажів з охорони праці (вступного, первинного, повторного та цільового), а також перевірка знань працівників щодо безпечних методів роботи. Працівники повинні бути ознайомлені з основними небезпеками, порядком дій у разі аварійної ситуації, правилами використання ЗІЗ та вимогами електробезпеки. Важливим організаційним заходом є контроль за дотриманням технологічної дисципліни: виконання робіт тільки за визначеною послідовністю, недопущення

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						91

самовільних змін у схемах підключення, використання лише передбачених інструментів та матеріалів. Також необхідно призначити відповідальних осіб (керівника робіт, відповідального за електрогосподарство, відповідального за охорону праці), які контролюють процес монтажу та допускають працівників до виконання робіт.

Окремо слід зазначити важливість обмеження доступу сторонніх осіб до робочої зони. Під час монтажу СЕС існує ризик падіння інструментів або матеріалів з висоти, тому небезпечні ділянки повинні бути огорожені та позначені попереджувальними знаками. За потреби організовується тимчасове перекриття проходів під місцем проведення робіт, особливо якщо там можуть пересуватись мешканці або діти. Такі дії суттєво знижують ризик травмування третіх осіб і покращують загальну організованість робіт.

Особливу увагу варто приділити засобам індивідуального захисту (ЗІЗ), оскільки саме вони забезпечують безпосередній захист працівника від небезпечних факторів. Використання касок, страхувальних систем, захисного взуття з протиковзкою підошвою, рукавиць, захисних окулярів, а також діелектричних килимків і діелектричного інструменту суттєво знижує небезпеку при роботі на висоті та з електрообладнанням і є обов'язковим. Додатково можуть застосовуватись сигнальні жилети, засоби захисту органів дихання (при пилових роботах), а також навушники або беруші при роботі з гучним електроінструментом. ЗІЗ повинні бути справними, підібраними за розміром, проходити перевірку та використовуватись відповідно до інструкцій.

Таким чином, комплексне поєднання технічних і організаційних заходів дозволяє суттєво знизити ризик нещасних випадків, підвищити якість монтажу та забезпечити безпечні умови праці під час облаштування сонячної електростанції. Основні засоби індивідуального захисту, які доцільно застосовувати при виконанні робіт, наведені в таблиці 6.3.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк. 92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Засоби індивідуального захисту при монтажі СЕС

Засіб захисту	Призначення
Захисна каска	Захист голови від ударів
Страхувальний пояс	Захист від падіння з висоти
Захисні рукавиці	Захист рук від ушкоджень
Спеціальне взуття	Запобігання ковзанню та травмам
Захисні окуляри	Захист очей від пилу та уламків
Сигнальний жилет	Покращення видимості працівника на робочому майданчику
Діелектричні рукавиці	Захист від ураження електричним струмом
Діелектричний килимок	Захист працівника під час електромонтажних робіт
Захисний одяг (спецодяг)	Захист тіла від забруднення та механічних пошкоджень
Кепка або панاما від сонця	Захист голови від перегріву під час роботи на відкритому повітрі
Сонцезахисні окуляри	Зменшення впливу яскравого сонячного випромінювання
Беруші або протишумні навушники	Захист органів слуху під час роботи з електроінструментом

Висновки до розділу 6

У результаті проведеного аналізу умов праці під час монтажу сонячної електростанції встановлено, що дані роботи супроводжуються впливом небезпечних та шкідливих виробничих чинників, основними з яких є робота на висоті, дія електричного струму та вплив погодних умов. Запропоновані організаційні та технічні заходи, а також використання засобів індивідуального захисту, дозволяють суттєво знизити рівень виробничого ризику та забезпечити безпечне і ефективне виконання монтажних робіт.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації виконано комплексне дослідження енергетичної ефективності багатоквартирного житлового будинку та обґрунтовано доцільність впровадження енергоефективних і відновлюваних джерел енергії з метою скорочення енергоспоживання та викидів парникових газів. На основі методики ДСТУ 9190:2022 визначено, що до впровадження заходів будівля характеризувалася вкрай низьким рівнем енергоефективності та належала до класу G, що свідчить про значні тепловтрати через огорожувальні конструкції та неефективну роботу інженерних систем

У межах роботи розроблено та проаналізовано комплекс класичних заходів з енергозбереження, зокрема утеплення фасадів, перекриттів, заміну світлопрозорих конструкцій, модернізацію індивідуального теплового пункту, балансування системи опалення та встановлення терморегуляторів. Техніко-економічна оцінка показала, що найменший термін окупності має модернізація ІТП (близько 2,3 року), а також балансування системи опалення та заміна дверей, тоді як утеплення фасадів і перекриттів характеризується довшими, але економічно обґрунтованими строками окупності в межах життєвого циклу будівлі

Моделювання систем відновлюваної енергетики виконано з використанням програмних продуктів PVSOL та GeoTSOL, що дозволило оцінити їх реальний енергетичний потенціал. За результатами розрахунків річна генерація сонячної електростанції становить 65 313 кВт·год, що дає змогу покрити споживання електроенергії теплового насоса та освітлення місць загального користування

Водночас тепловий насос забезпечує річну генерацію теплової енергії на рівні 130 515 кВт·год, повністю покриваючи потреби системи гарячого водопостачання, при середньому сезонному коефіцієнті ефективності $SPF = 3,22$

Комплексне впровадження запропонованих заходів дозволяє суттєво знизити споживання традиційних енергоресурсів, скоротити експлуатаційні витрати та забезпечити підвищення класу енергоефективності будівлі після модернізації, що

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

підтверджує доцільність реалізації розроблених технічних рішень. Отримані результати демонструють, що поєднання заходів з термомодернізації та використання відновлюваних джерел енергії є ефективним інструментом підвищення енергетичної та екологічної стійкості житлового фонду і може бути рекомендоване для практичного впровадження в аналогічних будівлях.

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Будівельна кліматологія: ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2010-12-16]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с. – (Національний стандарт України).
- 2 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, чинний від 01.01.2014. Вид. офіц. 2013.
- 3 ДСТУ 9191:2022: Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-01-03]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 63 с.
- 4 НАКАЗ 27.10.2020 № 261. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 грудня 2020 р. за № 1254/35537.
- 5 НАКАЗ 27.10.2020 № 260. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 грудня 2020 р. за № 1257/35540.
- 6 ДСТУ 9191:2022: Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-01-03]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 63 с.
- 7 Офіційний сайт PV*Sol premium [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>
- 8 Офіційний сайт GeoT*Sol premium [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://valentin-software.com/en/products/geotsol/>
- 9 Офіційний сайт Мінфін [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/luganskaya/2024-11-01/>
- 10 ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 56 с.

Додаток А

Технічні характеристики обладнання



Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

Клієнт

Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

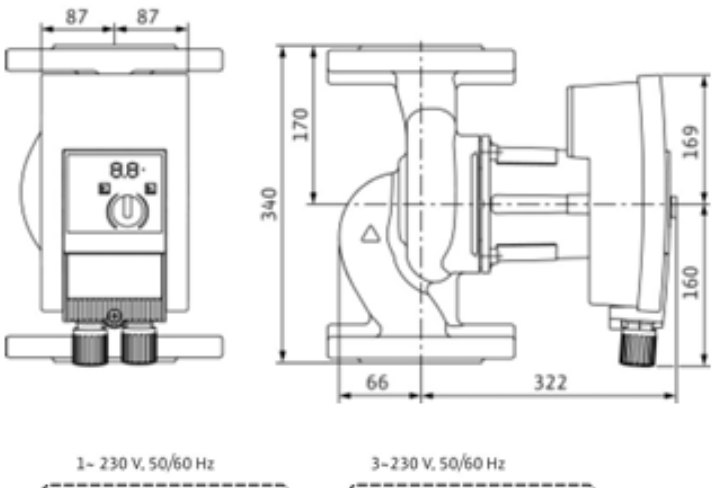
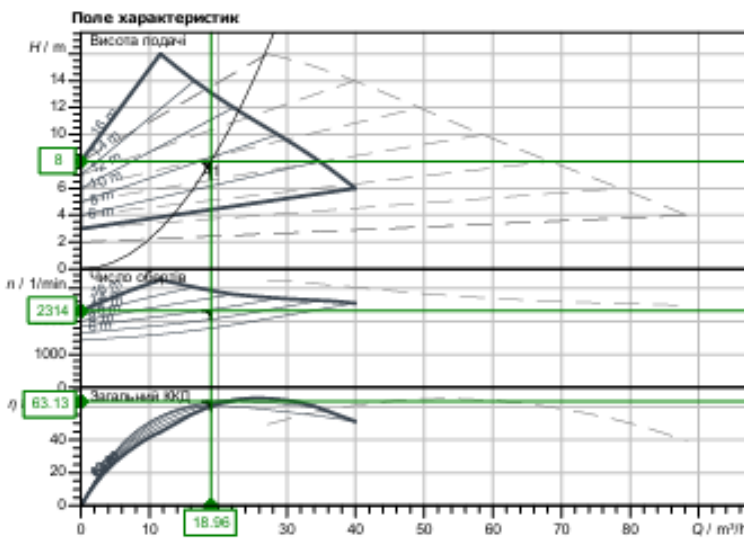
Технічні характеристики

Стандартний високоефективний насос з мокрим
Yonos MAXO 50/0,5-16 PN6/10

Назва проекту Проект без назви 2025-12-08 01:23:04.368

Номер проекту
Місце встановлення
№ поз. клієнта

Дата 08.12.2025



Задані експлуатаційні дані

Подача 18.96 m³/h
Висота подачі 8.00 m
Медіа Вода 100 %
Температура середовища 70.00 °C
Густина 977.73 kg/m³
Кінематична в'язкість 0.41 mm²/s

Гідрравлічні дані (робоча точка)

Подача 18.96 m³/h
Висота подачі 8.00 m
Споживана потужність P1 0.64 kW

Дані виробів

Стандартний високоефективний насос з мокрим ротором
Yonos MAXO 50/0,5-16 PN6/10
Режим роботи dp-v
Макс. робочий тиск 10 bar
Температура середовища -20 °C ... +110 °C
Макс. Т довкілля 40 °C
Minimum suction head at 50 / 95 / 110 °C 7 / 15 / 23

Дані двигуна/насоса

Конструкція двигуна ЕС-двигун
Індекс енергетичної ефективності (IE2)
Під'єднання до мережі 1~230 V / 50 Hz
Допустиме відхилення напруги +/-10 %
Макс. швидкість 3300 1/min
Споживана потужність P1 1.25 kW
Current consumption 5.5 A
Клас захисту IPX4D
Клас ізоляції F
Захист двигуна Внутрішній захист від г
Електромагнітна сумісність EN 61800-3;2004+A1
Випромінювання перешкод EN 61800-3;2004+A1
Стійкість до перешкод EN 61800-3;2004+A1
Різьбове кабельне з'єднання 2 x M20x1.5

Розміри під'єднання

Зі всмоктуючої сторони DN 50, PN 6/10
Зі сторони напору DN 50, PN 6/10
Монтажна довжина 340 mm

Матеріали

Корпус насоса 5.1301/EN-GJL-250
Робоче колесо PPE/PS-GF30
Вал 1.4028
Матеріал підшипників кераміка

Інформація для замовлення

Вага прибіл. 25 kg
Артикульний номер 2120652

Рисунок А.1 – Характеристики насосу Yonos Махо 50/0,5-16

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 24 06 ПЗ

Арк.



Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

Клієнт

Контактна особа
Електронна пошта
Телефон

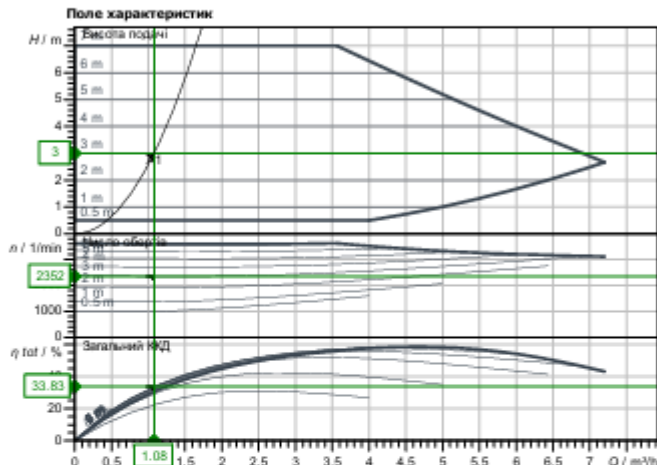
Технічні характеристики

Стандартний високоєфективний насос з мокрим ротором
Yonos MAXO-Z 25/0,5-7 PN10

Назва проекту Проект без назви 2025-12-08 02:30:04.110

Номер проекту
Місце встановлення
№ поз. клієнта

Дата 08.12.2025



Задані експлуатаційні дані

Подача 1.08 m³/h
Висота подачі 3.00 m
Медіа Вода 100 %
Температура середовища 45.00 °C
Густина 990.30 kg/m³
Кінематична в'язкість 0.60 mm²/s

Гідрравлічні дані (робоча точка)

Подача 1.08 m³/h
Висота подачі 3.00 m
Споживана потужність P1 0.03 kW

Дані виробів

Стандартний високоєфективний насос з мокрим ротором
Yonos MAXO-Z 25/0,5-7 PN10
Режим роботи dp-c
Макс. робочий тиск 10 bar
Температура середовища 0 °C ... +80 °C
Макс. Т доквілля 40 °C
Minimum suction head at 50 / 95 / 110 °C 3 / 10 / 16
Max. permitted total hardness in potable water circulation systems 3,57 ммоль/л (20 °dH)

Дані двигуна/насоса

Індекс енергетичної ефективності (IEE) 1
Під'єднання до мережі 1~230 V / 50 Hz
Допустиме відхилення напруги ±10 %
Макс. швидкість
Номинальна потужність Pn 0.09 kW
Споживана потужність P1(макс.) 0.12 kW
Current consumption 1 A
Клас захисту IPX4D
Клас ізоляції F
Захист двигуна Внутрішній захист від перегріву

Розміри під'єднання

Зі всмоктувальної сторони G 1½, PN 10
Зі сторони напору G 1½, PN 10
Монтажна довжина 180 mm

Матеріали

Корпус насоса 1.4408
Робоче колесо PPS-GF40
Вал 1.4122
Матеріал підшипників: карбід, просочений синтетичною смолою

Інформація для замовлення

Вага прибіл. 4 kg
Артикульний номер 2175538

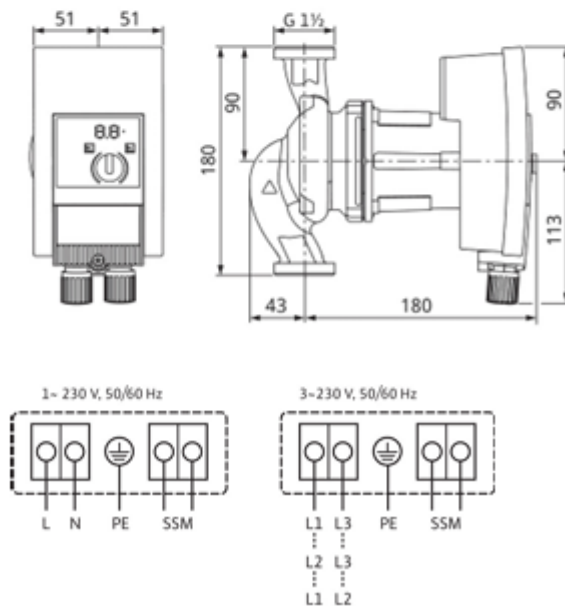


Рисунок А.2 – Технічні характеристики цирк. насосів системи ГВП

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 24 06 ПЗ

Арк.

Додаток Б

Перевірка магістерської дисертації на академічну доброчесність

					МД 25 144 24 06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	МД 25 144 24 06 ПЗ	Пояснювальна записка	96	
3	A1	МД 25 144 24 06 001 ТМ	Схема теплопостачання об'єкту	1	
4	A1	МД 25 144 24 06 001 ОВ	План трубопроводів по підвалу та техповерху будинку	1	
5	A1	МД 25 144 24 06 002 ОВ	Обв'язка приладів опалення	1	
6	A1	МД 25 144 24 06 001 АР	Типові вузли утеплення фасадів	1	
7	A1	МД 25 144 24 06 002 ТМ	Схема теплопостання з інтеграцією ВДЕ	1	
8	A1	МД 25 144 24 06 001 ЕТР	План розташування сонячних панелей на крівлі	1	

					МД 25 144 24 06		
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Піскуровський				Відомість магістерської дисертації	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Яценко					1	1
Т.контр.	Шевченко					КПІ ім. Ігоря Сікорського Кафедра ТАЕ, Гр. ТЕ-41мп	
Н.контр.	Білоус						
Зав.каф.	Пешко						