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 621.577

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри
_____ *Ольга ЧЕРНОУСЕНКО*
(підпис) (ініціали, прізвище)

“___”_____2023 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності *144 «Теплоенергетика»*_____

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

на тему: «Використання теплового насосу в системі енергозабезпечення корпусу №16 КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Виконав : студент II курсу, групи ОТ – 21мп
(шифр групи)

Зінченко Олександр Віталійович
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник ____доцент, к.т.н., доцент Дубровська В.В. _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. _____

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Рецензент_____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент_____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 року

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

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

Кафедра **Теплової та альтернативної енергетики**

Рівень вищої освіти **– другий (магістерський)**

Спеціальність ***144 «Теплоенергетика»***

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
_____ *Ольга ЧЕРНОУСЕНКО*

«___»_____2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Зінченку Олександру Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Використання теплового насосу в системі енергозабезпечення корпусу №16 КПІ ім. Ігоря Сікорського» **,**
науковий керівник дисертації *Дубровська Вікторія Василівна, к.т.н, доцент* **,**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «6» 11 2023 р. № 5152-с

2. Термін подання студентом дисертації 23 грудня 2023 р.

3. Об'єкт дослідження *система енергопостачання навчального корпусу №16 «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

4. Вихідні дані до магістерської дисертації фактичне енерго-, тепло- та водоспоживання навчального корпусу №16, плани поверхів, розміри та теплотехнічні характеристика корпусу.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити *1) провести огляд будівлі; 2) розрахувати енергопотребу будівлі; 3) розрахувати енергоспоживання будівлі; 4) провести аналіз споживачів електричної та теплової енергії; 5) розробити модернізацію систем енергопостачання ; 6) створення системи енергоменеджменту; 7) розробка стартап-проекту щодо впровадження модернізації системи енергопостачання.*

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:
Презентація 23 слайди.
Креслення: 2 креслення формату А1: 1 – результати проведеного моделювання енергетичної системи; 2 – дані по споживанню енергоносіїв.

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

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

9. Дата видачі завдання 01.09. 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	*Загальні відомості про об'єкт дослідження*	*26.10. 2023 - 13.11. 2023*	
2	*Інжиніринг енергетичних систем*	*26.10. 2023 -23.12. 2023*	
3	*Науково-дослідний інжиніринг*	*26.10. 2023 - 23.12. 2023*	
4	*Енергоменеджмент та моніторинг*	*26.10. 2023 - 23.12. 2023*	
5	*Стартап-проект*	*28.11. 2023 - 23.12. 2023*	
6	*Нормативне оформлення магістерської дисертації*	*28.11.2023-23.12. 2023*	
7	*Перевірка роботи на академічний плагіат*	*23.12.2023-30.12. 2023*	
8	*Попередній захист*	*27.12.2023-28.12.2023*	

Студент _____ *О.В. Зінченко*
(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації_____ *В.В. Дубровська*
(підпис) (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Використання теплового насосу в системі енергозабезпечення корпусу №16» складається з 107 сторінок, 44 рисунків, 42 таблиць і містить 14 джерел в переліку посилань.

Актуальність цієї теми полягає у тому, що залежність нашої країни від іноземних поставок газу і нафтопродуктів призводить до їх постійного подорожчання. Цей факт є рушійною силою для пошуку альтернативних джерел енергії. Велика кількість домогосподарств відмовляються від дорогої підводки і використання газу. Цінова політика в даній галузі теж не радує дешевизною. Але рішення завжди є. Найбільш актуальне на даний момент - це застосування теплових насосів. Енергетична ефективність їх в якості джерел тепла і холоду переконливо доведена науковими дослідженнями та світовою практикою використання. Такі системи стабільно працюють не одне десятиліття. Вони володіють мінімальними витратами на функціонування.

Метою магістерської дисертації є визначення доцільності ефективного використання теплового насосу в системі енергозабезпечення навчального корпусу №16 КПІ ім. І. Сікорського.

Об'єкт дослідження – навчальний корпус №16 КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Предметом дослідження є визначення найбільш ефективного типу теплового насоса задля достатнього забезпечення системи енергозабезпечення на опалення та гаряче водопостачання навчальний корпус №16.

Методи дослідження для вирішення поставлених завдань наступні: розрахунково-аналітичний метод; аналітичне узагальнення відомих технічних і наукових результатів; метод визначення основних економічних параметрів енергетичних об'єктів; метод моделювання досліджуваних систем теплопостачання із застосуванням програмного забезпечення.

Наукова новизна полягає у дослідженні та обґрунтуванні доцільності встановлення теплового насоса в системі теплопостачання навчального корпусу.

Програмне забезпечення – для виконання моделювання системи енергозабезпечення використовувалось програмне забезпечення GeoTSol та RETScreen.

Ключові слова та словосполучення: енергоефективність, енергозбереження, система енергопостачання, тепловий насос, опалення, економія, коефіцієнт ефективності, моделювання, програмне забезпечення GeoTSol, RETScreen.

ABSTRACT

Master's thesis on the topic "Usage of a heat pump in the energy supply system of the building No. 16 of Igor Sikorsky Kyiv Institute" consists of 107 pages, 44 drawings, 42 tables and contains 14 sources in the list of links.

The relevance of this topic is that the dependence of our country on foreign supplies of gas and petroleum products leads to their constant appreciation. This fact is a driving force for the search for alternative energy sources. A large number of households give up on expensive plumbing and the use of gas. Pricing policy in this industry also does not please cheapness. But there's always a solution. The most relevant at the moment is the use of heat pumps. Their energy efficiency as sources of heat and cold is convincingly proven by scientific research and world practice of use. Such systems are stable for more than a decade. They have the lowest operating costs.

The purpose of the master's dissertation is to determine the feasibility of the efficient use of the heat pump in the energy supply system of the building No. 16 of I. Sikorsky KPI.

The object of the study is the building No. 16 of Igor Sikorsky KPI.

The subject of the study is the determination of the most efficient type of heat pump for the sufficient provision of the energy supply system for heating and hot water training building No 16.

Methods of research for solving the tasks are as follows: calculation and analytical method; analytical generalization of known technical and scientific results; method of determining the main economic parameters of energy facilities; modeling method of the researched heat supply systems with the application of software.

The scientific novelty is to study and justify the feasibility of installing a heat pump in the heat supply system of the training building.

Software – GeoTSol and RETScreen software were used to simulate the power supply system.

Key words and phrases: energy efficiency, energy saving, power supply system, heat pump, heating, economy, efficiency factor, simulation, software GeoTSol, RETScreen.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ……...…..10
ВСТУП……11
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ……..13
1.1 Загальний опис навчального корпусу…….13
1.2 Система електропостачання корпусу…….14
1.3 Система теплопостачання та ГВП……..15
1.4 Система водопостачання і каналізації……17
1.5 Фактичне споживання енергоресурсів……...18
Висновки до розділу……..26
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ №16…….27
2.1 Дослідження огороджувальних конструкцій корпусу…….27
2.2 Аналіз поточного стану огороджувальних конструкцій……..27
2.3 Дослідження інженерних мереж…….37
2.4 Шляхи підвищення ефективності використання системи теплопостачання……38
2.5 Дослідження системи електропостачання…….45
2.6 Розрахунок корпусу за методом ДСТУ-БА 2.2-12:2015……50
Висновки до розділу……..58
3 АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ……60
3.1 Основні види теплових насосів……...60
3.2 Опис технологій, які використовуються в теплових насосах……...62
3.3 Використання теплових насосів в Україні…….66
3.4 Підбір теплового насоса у програмному забезпеченні GeoTSol……...67
3.5 Підбір ТН у програмному забезпеченні RETScreen……..81
Висновки до розділу……..86

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ……87
4.1 Опис поточного стану……..87
4.2 Заходи з впровадження СЕМ……...87
Висновки до розділу……...88
5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ КОРПУСІ №16…….89
5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту……89
5.2 Опис ідеї стартап-проекту……...90
5.3 Проведення аналізу конкурентного середовища……...91
5.4 Опис ресурсозабезпечення стартап-проекту……93
5.5 Ключові види діяльності стартап-проекту……93
5.6 Фінансове обґрунтування проекту……..95
5.7 Рівень рентабельності ідеї стартап-проекту……..98
5.8 Обґрунтування величини вартості виробництва пропонованого товару (послуги)……....99
5.9 Цільова група потенційних споживачів товару (послуги)……..100
5.10 Канали збуту……101
5.11 Бізнес-модель стартап-проекту……...101
Висновки до розділу……102
ВИСНОВКИ……104
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……..106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{вн.}$ – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;

$t_{р.о.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;

R – опір теплопередачі;

K – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа;

$t_{ср.о.}$ – середня температура за опалювальний період;

α – коефіцієнт тепловіддачі;

δ – товщина;

λ – коефіцієнт теплопровідності

СКОРОЧЕННЯ

ТН – тепловий насос;

ОК – огороджувальні конструкції;

ТП – трансформаторна підстанція;

ГВП – гаряче водопостачання;

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;

ЕЕ – електрична енергія;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

СЕМ – система енергетичного менеджменту.

ТЕРМІНИ

Тепловий насос (ТН) – це пристрій, який використовує технологію для перенесення теплоти з одного середовища в інше. Основна ідея полягає в тому, щоб взяти теплоту від джерела низької температури і передати його до середовища з вищою температурою, використовуючи механічну роботу або електричну енергію.

ВСТУП

Уявлення людей про найбільш економічні та ефективні джерела енергетичних ресурсів змінилися за останні кілька років. У сучасному світі ми уже наближаємось до моменту, коли вичерпування традиційних природних ресурсів, зокрема нафти та газу, набуває незворотного характеру. Цей процес продовжується на тлі значного зростання попиту на ці енергоносії, що призводить до зростання цін на них. За таких обставин відбувається зміна конкурентоспроможного складу енергетичних технологій і структури вживаних енергоносіїв, трансформація джерел енергії та витіснення традиційних технологій виробництва енергії на основі вуглеводневого палива іншими аналогами, які використовують відновлювані енергоресурси [1].

Відновлювана енергетика має вирішальне значення для України. По-перше, власні запаси нашої країни задовольняють лише 45% потреб у енергоресурсах, що робить нашу країну енергодефіцитною. По-друге, природний газ є найважливішим компонентом паливно-енергетичного балансу країни.

Відновлювана енергетика достатньою мірою також вирішує проблему забруднення навколишнього середовища людьми. У таких умовах використання інноваційних екологічно чистих технологій генерації енергії замість спалювання вуглеводневого палива стає дуже своєчасним і життєво важливим.

Широке використання теплових насосів може бути одним із способів вирішення проблеми ефективного енергетичного забезпечення комунального теплопостачання. Однією з найбільш економічно вигідних і екологічно чистих технологій низькотемпературного теплопостачання є використання теплових насосів і термотрансформаторів [1].

У сфері енергетичної політики більшості країн Європейського Союзу, Америки, Азії та Австралії широкомасштабне використання теплонасосних технологій є одним із найважливіших питань. З кожним днем використання

теплових насосів у системах теплопостачання житлових будинків, промисловості та сільського господарства сприяє вирішенню низки гострих проблем, включаючи економічне зменшення споживання органічного палива, зменшення забруднення навколишнього середовища та соціальне зниження тарифів на комунальні послуги[1].

Наразі економічна та енергетична ситуація в Україні, а також високий технічний рівень теплонасособудування у світі сприяють широкому використанню теплових насосів у системі теплопостачання.

В основному на світовому ринку працюють аеротермальні теплові насоси «повітря-повітря» та «повітря-вода», які використовують повітря як низькопотенціальне джерело енергії. Водяні теплові насоси «вода-вода» використовують енергію природних і штучних водойм, а також геотермальні теплові насоси використовують енергію ґрунту та ґрунтових вод.

Тим не менш, сьогодні найбільш затребуваними є геотермальні (ґрунтові) установки. Вони використовують вертикальні зонди для збору тепла з глибинних шарів ґрунту або горизонтальні колектори для збору тепла з верхніх шарів ґрунту. Цей метод практично доступний, досить універсальний, термічно стабільний і ефективний, оскільки температура зовнішнього середовища не впливає на температуру ґрунту навіть на глибині декількох метрів [1].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальний опис навчального корпусу

Об'єктом дослідження є навчальний корпус №16 НТУУ “ КПІ ім. Ігоря Сікорського ”, що розташований за адресою: м. Київ, вул. Політехнічна, 14.

Навчальний корпус №16 було збудовано у 1965 році. Він має 5 поверхів та великий хол, що з’єднує навчальні корпуси №15 і №16. Зовнішній вигляд будівлі зверху показано на рисунку 1.1.

Рисунок 1.1 – Корпус №16 НТУУ «КПІ». Вид зверху

Зовнішній вигляд навчального корпусу збоку показано на рисунку 1.2.

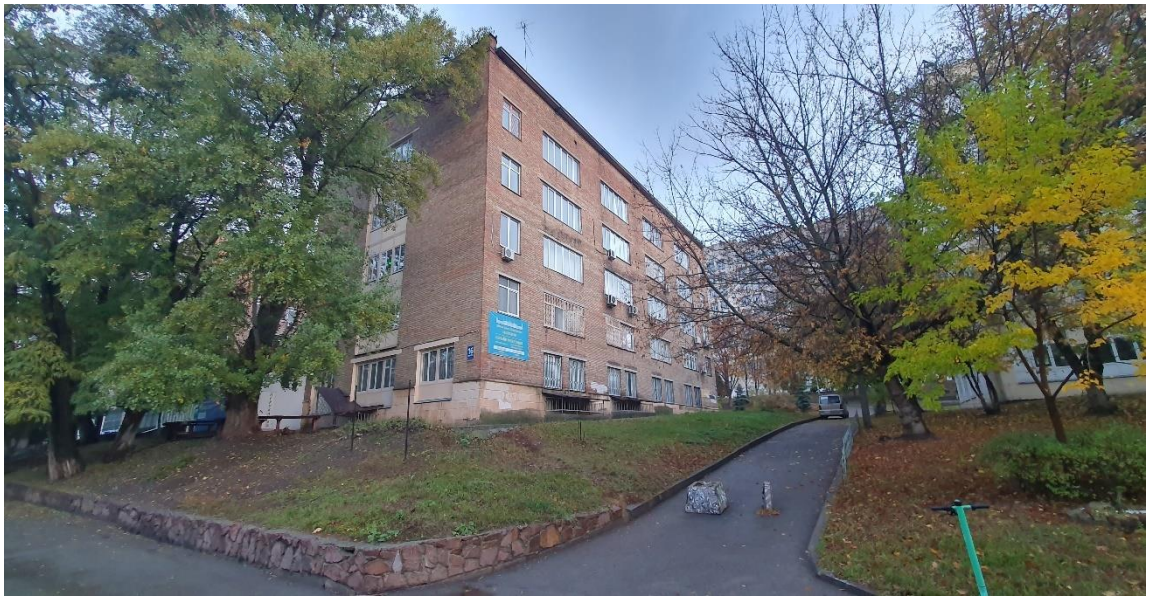


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд корпусу станом на 2023 рік

У корпусі знаходяться лабораторія та кімнати обслуговуючого персоналу Науково-технічного об’єднання “КПІ-Телеком”. Постійно упродовж робочого дня у корпусі знаходиться приблизно 90 працівників, включаючи обслуговуючий персонал.

Приблизна кількість людей, що постійно знаходяться у корпусі (студенти і співробітники) складає 400 чоловік. Загальна площа корпусу складає 3141,88 $м^2$. Корисна площа корпусу складає 2013 $м^2$. Площа вікон – 578,8 $м^2$.

Корпус №16 – п’ятиповерхова будівля загальною площею 3141,88 $м^2$, загальний об’єм 11844 $м^3$.

Будівля призначена для навчання та наукової діяльності. На цокольному поверсі розташований індивідуальний тепловий пункт, який здійснює живлення всього корпусу.

1.2 Система електропостачання корпусу

Електроенергія, що споживається корпусом, використовується для освітлення учбових приміщень, коридорів, залів, роботи електричних

приладів, електроапаратури. Живлення корпусу забезпечується від ТП–1640 двома кабельними лініями (ААШВ 0,38 – 4×50, довжиною 43 м; ААБ 0,38 – 4×70, довжиною 45 м) від двох трансформаторів ТМ-630/10/0,4.

Даний корпус обладнаний комп'ютерними лабораторіями для набуття спеціальних навичок у сферах системного аналізу та інтелектуальних систем прийняття рішень. Студенти в лабораторіях КБІС мають змогу проектувати, створювати та експлуатувати комп'ютерні системи для аналізу, прогнозування, управління і проектування динамічних процесів у макроекономічних, технічних, технологічних, екологічних і фінансових об'єктах.

Освітлення будівлі здійснюється переважно з світильників люмінесцентних потужністю 18 та 36 Вт, світильників з енергозберігаючими лампами. Зображення ламп всередині корпусу на рисунку 1.3.

Рисунок 1.3 – Приклади освітлювального обладнання

1.3 Система теплопостачання та ГВП

Теплова енергія яка підводиться до корпусу на даний момент використовується лише на опалення приміщень. Теплопостачання здійснюється від ІТП, що розташований на 1-му поверсі.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований на цокольному поверсі. ІТП знаходиться в справному робочому стані. У ІТП розташований двоканальний ультразвуковий тепло лічильник СВТУ–10 (фірма виробник «СЕМПАЛ» м.Київ). Лічильник відповідає вимогам ДСТУ 3339 (клас точності 2,5), ТУ У 24579476.001–98 та комплекту конструкторської документації ШИМН.407251.002. Цей лічильник призначений для визначення кількості теплової енергії, що транспортується по трубопроводам водних теплових мереж. Зовнішній вигляд лічильника показано на рисунку 1.4.

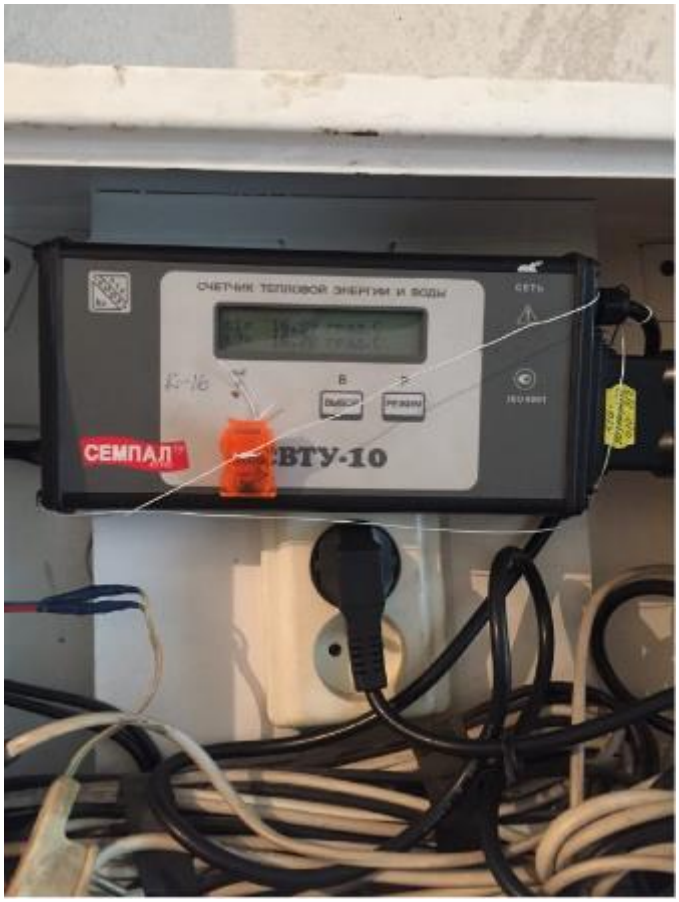


Рисунок 1.4 – Лічильник теплової енергії «СВТУ–10»

Зовнішній вигляд ІТП наведено на рисунку 1.5.

Рисунок 1.5 – Обладнання ІТП навчального корпусу №16 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

З зображення помітно, що труби теплового пункту частково не утепленні, а наявна теплоізоляція зроблена не якісно. Вентиляція приміщень здійснюється природним шляхом за рахунок провітрювання, інфільтрації через нещільності. Система опалювання однотрубна, з нижнім розведенням теплоносія по стоякам. Опалювальні прилади чавунні.

1.4 Система водопостачання і каналізації

Холодне водопостачання забезпечує роботу санвузлів та протипожежних стояків. Основна мережа Ø 400мм сталева. Корпус № 16 живиться від міської магістралі Ø 150мм по вул. Політехнічна 14. Корпус №16 живиться через відгалуження Ø 100 мм.

Лічильник на воду (М-Т Q_n 10, № лічильника 9667658) розташований у 16 корпусі і зображений на рисунку 1.6.

Рисунок 1.6 – Лічильник М-Т Q_n 10

1.5 Фактичне споживання енергоресурсів

Навчальний корпус використовує такі енергоносії:

- Електрична енергія;
- Теплова енергія;
- Холодна вода;

Дані по споживанню взяті з приладів обліку води, електричної та теплової енергії.

Дані про споживання електричної енергії зведемо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Річне споживання електричної енергії за 2019-2021 роки

Місяць	2019		2020		2021	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
Січень	4388	10413,51	4109	9430,50	4329	10369,81
Лютий	6073	14412,32	4616	10594,11	5231	12968,36
Березень	3770	8946,89	3353	7695,42	3328	8250,54
Квітень	3886	9232,30	2713,38	4955,42	4218	10456,96
Травень	2979	7077,46	2629	4801,51	3248	8353,45
Червень	3490	8291,49	3809	6956,80	3137	8067,98
Липень	5572	14714,89	2765	5503,68	4440	11419,13
Серпень	8261	20845,18	4869	10200,31	4518	11928,97
Вересень	4563	10442,90	5599	11729,39	3097	9109,01
Жовтень	3786	8703,18	4100	8757,19	4469	14004,68
Листопад	4560	10482,44	6411	14263,58	6099	19112,68
Грудень	4775	10976,67	5133	11866,96	5533	17338,98
Всього	56103	134539,23	50107	106754,87	51647	141380,56

Споживання електричної енергії за місяцями зобразимо на діаграмі (рис. 1.5).

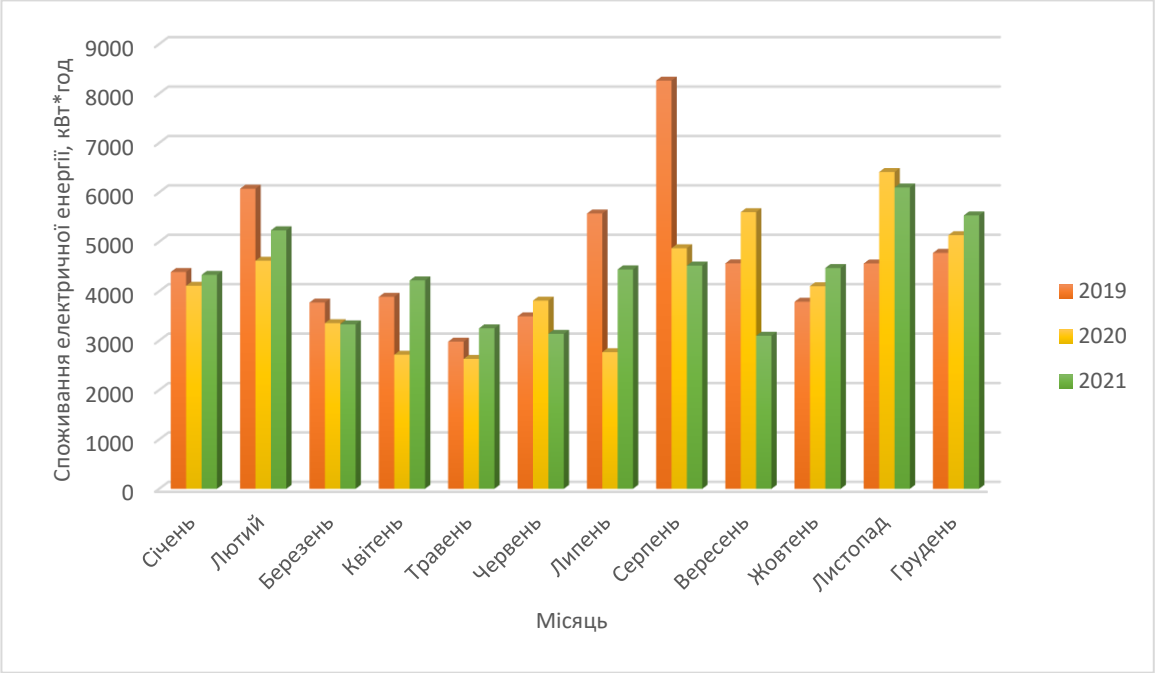


Рисунок 1.7 – Споживання електричної енергії за 2019-2021 роки

На рисунку ми бачимо, що в серпні 2019-2021 років споживання електричної енергії значно більше, ніж в інші місяці. Це зумовлено тим, що в цей період в корпусі працює приймальна комісія. Зростає електроспоживання системами кондиціонування повітря, принтери і комп'ютери працюють більш активно. Середньомісячні температури за 2019-2021 рік занесемо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Середньомісячні температури 2019 – 2021 років.

Місяць	**Середня температура**		
	2019	**2020**	**2021**
1	2	3	4
Січень	-4,5	0,8	-2,5
Лютий	0,6	2,5	-4,5
Березень	5,1	6,5	2,7
Квітень	10,6	9,9	8,0
Травень	17	12,4	14,3
Червень	23,6	21,7	21,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Липень	19,8	21,9	24,6
Серпень	20,7	21,4	21,1
Вересень	15,9	18,4	13,5
Жовтень	11,1	12,5	8,4
Листопад	4,6	3,8	4,8
Грудень	2,7	-0,5	-1,5

Графік середньомісячної температури за 2019-2021 роки зображений на діаграмі (рис. 1.8).

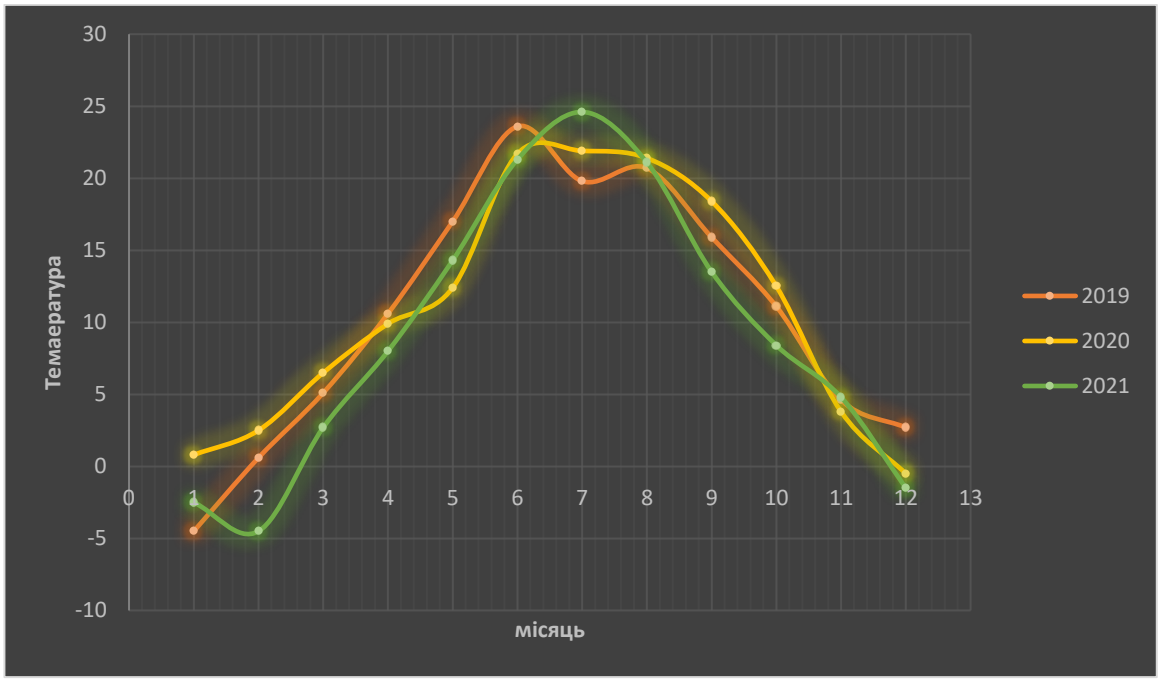


Рисунок 1.8 – Середня температура навколишнього середовища за 2019-2021 роки

Помісячне споживання теплової енергії за 2019-2021 роки занесемо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Річне споживання теплової енергії за 2019-2021 роки

№	Місяць	2019		2020		2021	
		Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
1	Січень	*41,93*	*76713,15*	*40,96*	*62693,81*	*29,65*	*44420,79*
2	Лютий	*40,10*	*73074,17*	*35,31*	*49543,03*	*48,40*	*78301,88*
3	Березень	*21,53*	*39230,58*	*30,12*	*42258,40*	*43,34*	*70113,65*
4	Квітень	*5,99*	*10910,54*	-	-	-	-
5	Травень	-	-	-	-	-	-
6	Червень	-	-	-	-	-	-
7	Липень	-	-	-	-	-	-
8	Серпень	-	-	-	-	-	-
9	Вересень	-	-	-	-	-	-
10	Жовтень	-	-	-	-	-	-
11	Листопад	*18,77*	*34210,49*	*10,17*	*13800,68*	*0,53*	*1322,10*
12	Грудень	*34,52*	*50316,05*	*37,75*	*87082,55*	*28,47*	*70744,51*
Σ	**Всього**	162,84	284 454,98	154,31	219 527,69	150,39	264902,93

Зменшення річної спожитої теплової енергії з кожним роком з 2019 по 2021 рік зумовлено зростанням тарифів, також помітний спад кількості абітурієнтів за останні роки, тому теплових надходжень від людей стає менше кожного року. Споживання теплової енергії за місяцями зобразимо на рисунку 1.9.

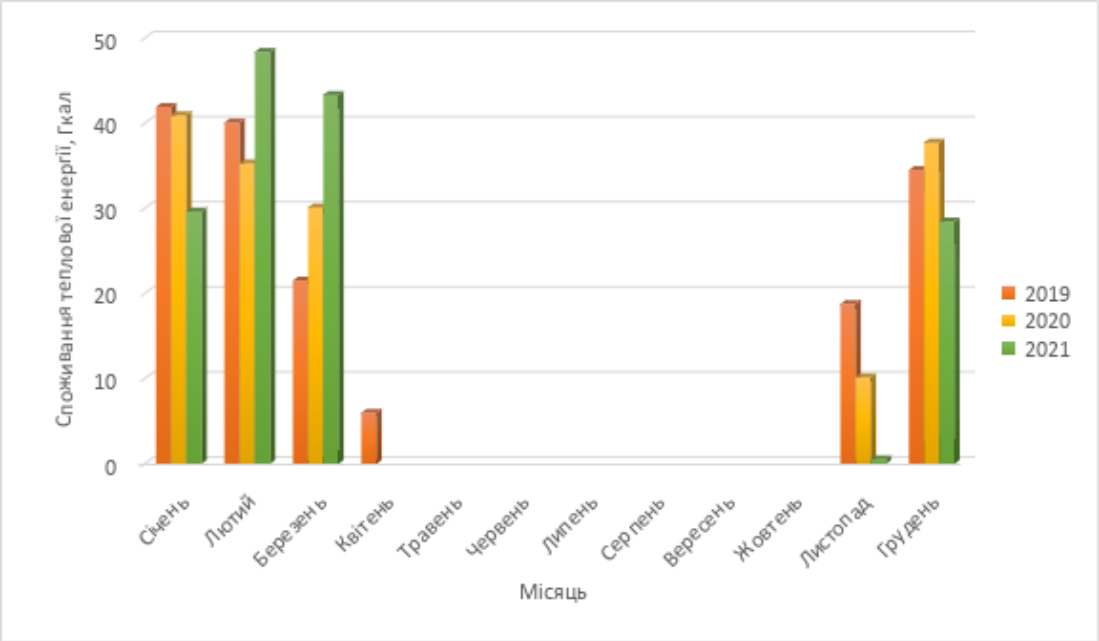


Рисунок 1.9 – Споживання теплової енергії за 2019-2021 роки

Вода використовується на технічні, санітарно-гігієнічні потреби. У період травня та липня-серпня споживання холодної води зменшується, у зв'язку з літнім відпочинком студентів. Протягом навчальних семестрів споживання води значно збільшується. Споживання води за місяцями 2019-2021 років внесемо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Споживання води за місяцями 2019-2021 роки

№	Місяць	2019		2020		2021	
		$м^3$	грн	$м^3$	грн	$м^3$	Грн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Січень	53,19	972,80	13,37	232,55	18,00	-
2	Лютий	41,25	754,31	64,00	-	20,00	-
3	Березень	57,46	1 055,01	57,18	1 165,92	23,00	-
4	Квітень	60,59	1 234,57	21,90	-	39,50	-
5	Травень	69,41	1 414,25	5,69	-	14,00	-
6	Червень	70,26	1 431,64	6,26	-	25,00	-
7	Липень	44,94	915,78	30,15	-	20,00	-

Продовження Таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Серпень	46,37	944,77	20,77	-	24,50	-
9	Вересень	82,5	1 680,87	30,72	706,35	-	-
10	Жовтень	83,63	1 704,05	45,00	1 034,64	34,00	-
11	Листопад	71,40	1 454,82	27,00	620,78	33,50	-
12	Грудень	78,23	1 593,93	33,50	770,23	30,00	-
Σ	Всього	759,23	15156,8	355,54	4 530,47	281,50	-

Загальний вигляд графіків та дані таблиць говорять про відповідність споживання енергії режиму роботи навчальних корпусів: в зимовий період споживається більше теплової та електричної енергії, літній період відзначається відсутністю постачання теплової енергії та відносним спадом споживання електричної енергії. Графік споживання холодної води помісячно за 2019 – 2021 роки зображений на діаграмі (рис. 1.10).

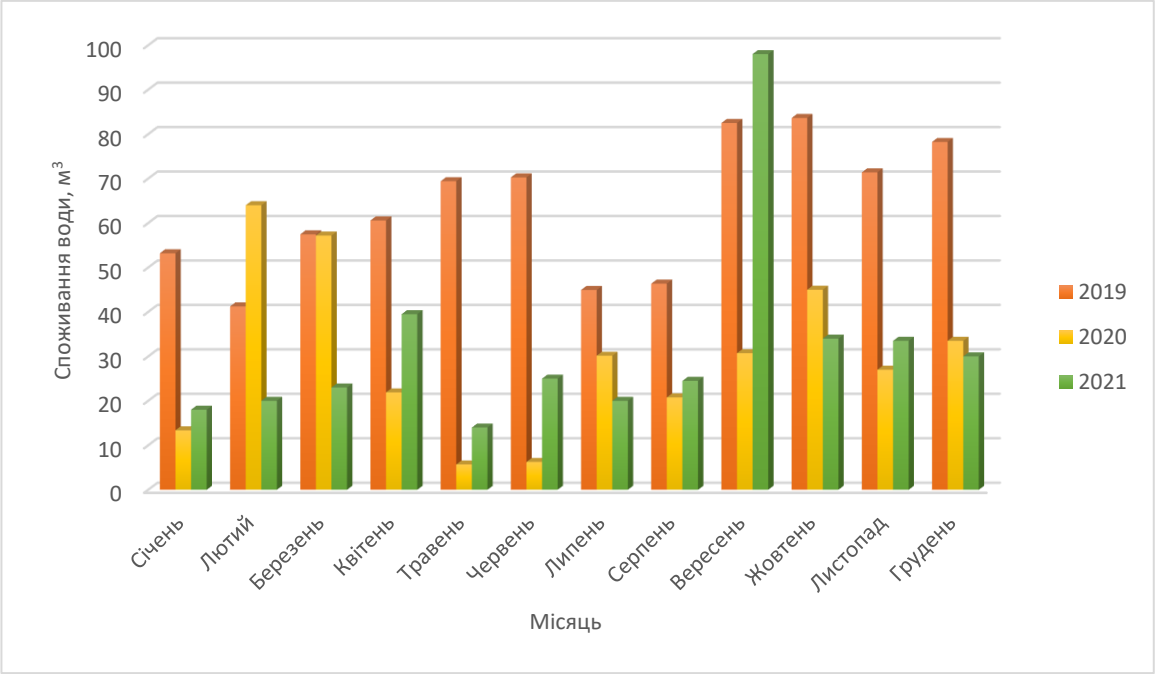


Рисунок 1.10 – Споживання води за 2019-2021 роки

Графічне зображення споживання електроенергії, теплової енергії та

води за 2019-2021 р.р. у грошових одиницях зображено на наступних діаграмах (рис 1.11 – 1.13).

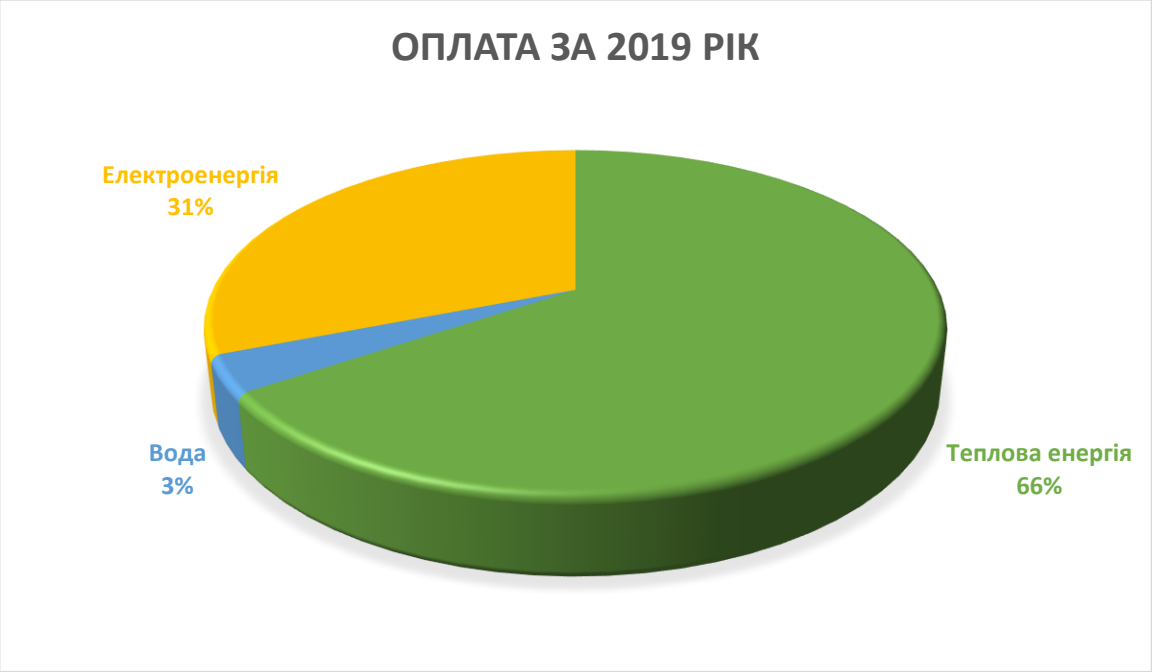


Рисунок 1.11 – Оплата за теплову, електричну енергію та воду за 2019 рік

Рахунок 1.12 – Оплата за теплову, електричну енергію та воду за 2020 рік

Рисунок 1.13 – Оплата за теплову, електричну енергію та воду за 2021 рік

Висновки до розділу

Аналіз фактичного енергоспоживання показав, що найбільше ми сплачуємо за теплову енергію. Зменшення річної спожитої теплової енергії з кожним роком з 2019 по 2021 рік зумовлено зростанням тарифів, також помітний спад кількості абітурієнтів за останні роки, тому теплових надходжень від людей стає менше кожного року.

Стосовно електричної енергії спостерігається приріст споживання саме у періоди найбільшої активності студентів (лютий – вихід студентів на навчання після зимових канікул, серпень – вступна кампанія до ВУЗу). Також аналізуючи витрату коштів за енергію, спостерігаємо що найбільша частина коштів (2/3 суми) витрачається саме на оплату теплової енергії.

Розглянемо детальніше кожен з енергоносіїв, а особливо систему теплопостачання та розробимо заходи з підвищення рівня енергоефективності.

2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ №16

2.1 Дослідження огороджувальних конструкцій корпусу

Аналіз теплового стану будівлі необхідний для визначення реальних параметрів системи опалення, вентиляції, кондиціювання, можливостей енергозбереження та інших питань. Розрахунок втрат теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції та визначення необхідності вентиляції є частиною оцінки параметрів. Крім того, теплотехнічні розрахунки беруть до уваги додаткові джерела теплоти, такі як сонячна радіація, теплові надходження людей і побутові прилади. Враховуються такі фактори, як теплоізоляційні властивості будівельних матеріалів, орієнтація огороджувальних конструкцій за сторонами світу тощо.

При обрахунках використовуються виміряні власноруч геометричні розміри будівлі. Теплофізичні характеристики матеріалів визначаються відповідно до теплофізичних довідників і нормативних актів.

2.2 Аналіз поточного стану огороджувальних конструкцій

Загальні дані щодо огороджувальних конструкцій внесемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальна інформація огороджувальних конструкцій

Загальна площа підлоги ($м^2$)	2957	*Кондиційована зона ($м^2$)*	2 190
Загальний об'єм будівлі ($м^3$)	11844	*Кондиційований об'єм ($м^3$)*	10 870

Склад і площа зовнішніх стін внесена до таблиць 2.2-2.3, а характеристики світлопрозорих конструкцій занесемо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.2 – Склад зовнішніх стін

Конструкція стіни (W_1)	Цегла керамічна порожниста на цементно-піщаному розчині δ = 0,6 м	Теплоізоляція відсутня
Конструкція стіни (W_2)	Цегла керамічна порожниста на цементно-піщаному розчині δ = 0,3 м	Теплоізоляція відсутня

Таблиця 2.3 – Площа зовнішніх стін

Орієнтація	Південь	Північ	Захід	Схід
Площа стіни (м^2)	252	250,7	489,25	400
Конструкція стіни	W_1	W_1	W_1	W_1
Площа стіни (м^2)	45	45	–	–
Конструкція стіни	W_2	W_2	–	–
Загальна площа (м^2)	1482			

Таблиця 2.4 – Характеристики світлопрозорих конструкцій

Площа одного, м^2	Тип матеріалу	Кількість				Тип засклення
		Південь	Північ	Захід	Схід	
8,14	МП	5	4	16	16	2 зас
3,62	МП		2	12	12	2 зас
5,1	МП	2				2 зас
2,73	МП		2			2 зас
4,21	Д		1			
1,63	Д		2			
63,91	МП	1	1			2 зас
Загальна площа засклення, м^2		578,7				
Тип матеріалу		Д-дерево, МП-металопластик				
Тип засклення		2 зас –подвійне засклення				

Проводимо розрахунок втрат теплоти через огороджувальні конструкції. Втрати теплоти через огороджувальні конструкції будівлі, згідно [3] визначаються за формулою:

$$Q_{\text{ст}} = \sum K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \eta_{\text{ст}} \,, \qquad (2.1)$$

де β – коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників: зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях – 5%; на вітер – 5%; розміщення на північ –10%; схід –10%; на захід – 5%.

F – площа огородження;

K – коефіцієнт теплопередачі;

η – коефіцієнт додаткових витрат, не більше 10%;

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря становить $t_{вн} = 18°C$, а розрахунок температури зовнішнього повітря – $t_{зовн} = -22°C$;

$t_{вн} - t_{зовн} = 40°C$.

Швидкість повітря становить 4,3 м/с.

Площі стін мають наступні значення:

- площа північних стін складає 295,7 м^2;
- площа південних стін – 297 м^2;
- площа східних стін – 489,25 м^2;
- площа західних стін – 392 м^2.

Числові значення розрахункових температур та коефіцієнтів обрані відповідно до [2] та [3]. Коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції знаходиться за формулою:

$$K_{\text{ок}} = \frac{1}{R_{\text{ок}}} \,, \qquad (2.2)$$

де $R_{ок}$ – опір теплопередачі ОК, (м^2·К) / Вт;

В свою чергу, опір теплопередачі $R_{ок}$ розраховується за формулою:

$$R_{\text{ок}} = \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \sum \frac{\delta_{\text{i}}}{\lambda_{\text{i}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \,, \qquad (2.3)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, Вт / м·К;

δ_i – товщина відповідного шару, м;

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від ОК до внутрішнього середовища будівлі;

$\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі від ОК зовнішньому середовищу.

Обстеження зовнішніх стін

Загальна площа зовнішніх стін складає $F_c = 1482$ м^2.

Розрахуємо термічний опір стін та порівняємо з нормативним значенням в І температурній зоні.

Відповідно до (2.3), формула визначення опору теплопередачі, для зовнішньої стіни матиме вигляд:

$$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_з} + \frac{\delta_Ц}{\lambda_Ц} \cdot 2 + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{пр}}{\lambda_{пр}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{фарб}}{\lambda_{фарб}} + \frac{1}{\alpha_в}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт},$$

де $\alpha_{вн}$, $\alpha_з$ – внутрішній та зовнішній коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої огороджувальної конструкції: $\alpha_{вн}$ = 8,7 Вт / (м^2·К); $\alpha_з$ = 23 Вт / (м^2·К); $\delta_ц$ = 0,25 м – товщина цегли; $\lambda_ц$ = 0,8 Вт / (м·К) – теплопровідність цегли; $\delta_{пр}$ = 0,015 м – товщина цементно-піщаного розчину; $\lambda_{пр}$ = 0,82 Вт / (м·К) – теплопровідність розчину; $\delta_{шт}$ = 0,02 м – товщина штукатурки; $\lambda_{шт}$ = 0,9 Вт / (м·К) – теплопровідність штукатурки; $\delta_{фарб}$ = 0,0005 м – товщина фарби; $\lambda_{фарб}$ = 0,23 Вт / (м·К) – теплопровідність фарби.

Числові значення теплофізичних показників обрані відповідно до [2].

Підставимо відповідні числові значення у формулу (2.3):

$$R_{ст} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25 \cdot 2}{0,8} + \frac{0,015}{0,82} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,0005}{0,23} + \frac{1}{23} = 0,8261 \ \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін, відповідно до [2], складає:

$$R_{q\min} = 3{,}3\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{cm1}.$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, тому в майбутньому потрібно виконати утеплення фасадів.

Коефіцієнт теплопередачі стіни визначаємо за формулою:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{\text{ст}}} = \frac{1}{0{,}8261} = 1{,}21 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}.$$

Результати розрахунків втрат теплоти через зовнішні стіни занесемо до таблиці 2.6.

Обстеження світлопрозорих огороджувальних конструкцій

Встановлені пластикові вікна з однокамерним склопакетом. Однокамерний склопакет є конструкцію з двох листів скла і одної повітряної камери, заповненої осушувачем (виключення ризику появи конденсату при перепаді температур). Загальна площа вікон складає $F_в$ = 578,7 м^2.

- Термічний опір металопластикових вікон $R_{\text{В}} = 0{,}53 \ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$;
- Термічний опір дерев'яних вікон $R_{\text{дв}} = 0{,}22 \ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$.

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон[2]:

$R_{q\,min} = 0{,}75 \ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$; $R_{q\,min} > R_{\text{В}}$.

Значення термічного опору не відповідають тим, що зазначені, тому в майбутньому необхідно замінити вікна на енергозберігаючі, які будуть відповідати нормативному значенню.

Згідно формули (2.2) знайдемо коефіцієнти теплопередачі, кожного типу світлопрозорих конструкцій:

$$k_{\text{в}} = \frac{1}{R_{\text{в}}} = \frac{1}{0.53} = 1.88 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}};$$

$$k_{\text{дв}} = \frac{1}{R_{\text{дв}}} = \frac{1}{0{,}22} = 4{,}55\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Результати даних розрахунків тепловтрат вносимо до таблиці 2.6.

Обстеження даху

Площа даху основної частини $F_{\text{даху.осн}}$ = 530 м^2, площа даху хола $F_{\text{даху.хол}}$ = 380 м^2.

Дах основної будівлі складається з наступних шарів:

- залізобетонні плити з λ = 1,92 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,22 м;
- цементно піщаний розчин λ = 0,81 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,05 м;
- керамзитовий утеплювач λ = 0,11 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,15 м;
- підвісна стеля з λ = 0,05 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,01 м;
- подвійний шар руберойду з λ = 0,17 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,012 м;
- повітряний прошарок з λ = 0,022 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,02 м;

Дах над холом складається з таких матеріалів:

- залізобетонні плити з λ = 1,92 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,22 м;
- підвісна стеля з λ = 0,05 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,01 м;
- подвійний шар руберойду з λ = 0,17 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ товщиною δ = 0,012 м;

Розрахуємо термічний опір даху та порівняємо з нормативним значенням в І температурній зоні, відповідно до (2.3) формула має вигляд:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \frac{\delta_{\text{зб}}}{\lambda_{\text{зб}}} + \frac{\delta_{\text{ц}}}{\lambda_{\text{ц}}} + \frac{\delta_{\text{к}}}{\lambda_{\text{к}}} + \frac{\delta_{\text{пс}}}{\lambda_{\text{пс}}} + \frac{\delta_{\text{р}}}{\lambda_{\text{р}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}.$$

$$\text{R}_{\text{дах.осн}} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}22}{1{,}92} + \frac{0{,}5}{0{,}81} + \frac{0{,}15}{0{,}11} + \frac{0{,}01}{0{,}05} + \frac{0{,}012}{0{,}17} + \frac{0{,}02}{0{,}022} + \frac{1}{8{,}7} = 3{,}43\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$\text{R}_{\text{дах.хол}} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}22}{1{,}92} + \frac{0{,}01}{0{,}05} + \frac{0{,}012}{0{,}17} + \frac{1}{8{,}7} = 0{,}543\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху[2]:

$R_{q\,min} = 5{,}35\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$; $R_{q\,min} > R_{\text{дах}}$.

Коефіцієнти теплопередачі даху:

$$k_{\text{дах осн.}} = \frac{1}{R_{\text{дах осн.}}} = \frac{1}{3{,}43} = 0{,}291\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}};$$

$$k_{\text{дах хол.}} = \frac{1}{R_{\text{дах хол.}}} = \frac{1}{0{,}543} = 1{,}843\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}.$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає нормативному. Тому в майбутньому потрібно виконати утеплення даху.

Результати розрахунків втрат теплоти через дах зведемо у таблицю 2.6.

Обстеження дверних конструкцій

Вхідні двері будівлі металопластикові, через них спостерігаються значні тепловтрати.

Термічний опір метало пластикових дверей (2шт) складає:

$$R_{\text{мпд}} = 0{,}6\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}};$$

Термічний опір залізних дверей (1шт) складає:

$$R_{\text{зд}} = 0{,}298\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}};$$

Термічний опір дерев’яних дверей (2шт) складає:

$$R_{\text{дд}} = 0{,}24\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}};$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей[2]:

$R_{q\,min} = 0{,}44\ \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$; $R_{q\,min} > R_{\text{Д}}$.

Значення термічного опору не відповідають стандартизованим, тому в майбутньому є необхідність замінити дерев’яні та залізні двері.

Коефіцієнт теплопередачі залізних дверей:

$$k_{зд} = \frac{1}{R_{зд}} = \frac{1}{0,298} = 3,34 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових дверей:

$$k_{мпд} = \frac{1}{R_{мпд}} = \frac{1}{0,6} = 1,66 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

Коефіцієнт теплопередачі дерев'яних дверей:

$$k_{дд} = \frac{1}{R_{дд}} = \frac{1}{0,24} = 4,168 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Обстеження підлоги

Підлога поділяється на неутеплену на ґрунті (хол), та підлогу підвалу (основна частина корпусу). Розрахунок втрат теплоти через підлогу неутеплену на ґрунті виконується шляхом розподілу її загальної площі на зони шириною 2 м та довжиною відповідно до довжини підлоги. Щодо розрахунку опалювального підвалу, то відбувається розподілення площі на зони з врахуванням зовнішньої стіни, що розташована під ґрунтом. Площа підлоги $F_{підл}$ = 910 м^2. Узагальнені дані по площам та опорам теплопередачі відповідних зон наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення опору теплопередачі та площі зони.

Зона	I	II	III	IV - площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір,(м^2·К/ Вт)	$R^{I}_{н.п.}$	$R^{II}_{н.п.}$	$R^{II}_{н.п.}$	$R^{IV}_{н.п.}$
	2,15	4,3	8,6	14,2
Площа зони основної частини, м^2	210	162,4	130,4	128,8
Площа зони холу, м^2	168,88	126,4	84,4	

Втрати теплоти крізь підлогу знайдемо за формулою[3]:

$$Q_{\text{підл}} = \left(\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \frac{F_{III}}{R_{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{IV}}\right) \cdot \left(t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}\right). \quad (2.4)$$

Підставимо відповідні чисельні значення в (2.4) та отримаємо величину теплових втрат через підлогу кожної секції будівлі корпусу та загальні втрати через підлогу:

$$Q_{\text{пл.осн}} = \left(\frac{210}{2{,}15} + \frac{162{,}4}{4{,}3} + \frac{130{,}4}{8{,}6} + \frac{128{,}8}{14{,}2}\right) \cdot \left(18 - (-22)\right) = 6064{,}11 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{хол}} = \left(\frac{135}{2{,}15} + \frac{104{,}5}{4{,}3} + \frac{72{,}4}{8{,}6}\right) \cdot \left(18 - (-22)\right) = 3643{,}58 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{сум.підл}} = 6064{,}11 + 3643{,}58 = 9707{,}69 \text{ Вт}.$$

Розрахунок середніх теплових втрат через огороджувальні конструкції

Теплові втрати розраховуємо за формулою 2.1.

Підставляємо значення для визначення втрат через стіни:

$$Q_{\text{ст}} = 1{,}08 \cdot (297{,}7 \cdot 1{,}1 + 295 \cdot 1 + 392 \cdot 1{,}1 + 489{,}25 \cdot 1{,}05) \cdot \left(18 - (-0{,}1)\right) \cdot 1 = 26{,}5 \text{ кВт} = 0{,}0227 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

Визначимо втрати теплоти через вікна:

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

Загальна площа вікон, що виходять на північ складає 116,54 м^2, на південь – 114,71 м^2, на захід – 173,76 м^2, на схід –173,76 м^2.

Підставляємо значення у формулу:

$$Q_{\text{в}} = 1{,}88 \cdot (116{,}54 \cdot 1{,}1 + 114{,}71 \cdot 1 + 173{,}76 \cdot 1{,}1 + 173{,}76 \cdot 1{,}05) \cdot \left(18 - (-0{,}1)\right) \cdot 1 = 20{,}978 \text{ кВт} = 0{,}018 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

$$Q_{\text{дв}} = 4{,}55 \cdot (7{,}47 \cdot 1{,}1) \cdot \left(18 - (-0{,}1)\right) \cdot 1 = 0{,}7 \text{ кВт} = 0{,}0006 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

Визначаємо втрати теплоти через зовнішні двері:

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

Площа дверей різна: залізних – $F_{\text{зл.дв}}$ = 2,94 м^2, метало-пластикових – $F_{\text{мп.дв}}$ = 5,88 м^2, дерев'яні – $F_{\text{дд}}$ = 3,36 м^2.

Отримані значення підставляємо у формулу:

$$Q_{\text{зл.дв}} = 3{,}34 \cdot 2{,}94 \cdot \big(18 - (-0{,}1)\big) \cdot 1 = 0{,}178 \text{ кВт} = 0{,}00015 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

$$Q_{\text{мп.дв}} = 1{,}66 \cdot 5{,}88 \cdot \big(18 - (-0{,}1)\big) \cdot 1 = 0{,}176 \text{ кВт} = 0{,}00015 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

$$Q_{\text{д.дв}} = 4{,}168 \cdot 3{,}36 \cdot \big(18 - (-0{,}1)\big) \cdot 1 = 0{,}25 \text{ кВт} = 0{,}00022 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

Втрати теплоти через дах визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{дах}} = \sum K_{\text{дах}} \cdot F_{\text{дах}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot \Big(1 + \sum \beta\Big) \cdot \eta_{\text{дах}}.$$

Площа даху навчального корпусу складає 530 м^2 та площа даху хола складає 380 м^2. Отримуємо:

$$Q_{\text{дах корп.}} = 0{,}291 \cdot 530 \cdot \big(18 - (-0{,}1)\big) \cdot 1 = 2{,}791 \text{ кВт} = 0{,}0024 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

$$Q_{\text{дах хол}} = 1{,}84 \cdot 380 \cdot \big(18 - (-0{,}1)\big) \cdot 1 = 12{,}655 \text{ кВт} = 0{,}011 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

Загальна площа підлоги складає 910,67 м^2. Втрати теплоти через підлогу:

$$Q_{\text{підл.заг.}} = 9{,}707 \text{ кВт} = 0{,}082 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 29{,}5 \text{ Гкал}.$$

Отож, визначаємо загальні втрати тепла через огороджувальні конструкції:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{дах}} + Q_{\text{підлоги}};$$

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$Q_{\text{ОК}} = 12{,}655 + 9{,}707 + 2{,}791 + 0{,}176 + 0{,}25 + 0{,}178 + 0{,}7 + 20{,}978 + 26{,}5$$

$$= 73{,}935 \text{ кВт} = 0{,}064 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}};$$

Загальні теплові втрати через огороджувальні конструкції заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Загальні теплові втрати через огороджувальні конструкції

ОК	Огорожа	Орієнтація ОК	Площа ОК, м^2	K_o, Вт/ (м^2 ˚С)	Δt, ˚С	n	$1+\sum^{\beta}$	Q_o ,Вт
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Зовнішні стіни	Цегляні	Пн	295,7	1,08	40	1	1,15	6611
		Пд	297			1	1	5773
		Сх	489,25			1	1,1	10462
		Зх	400			1	1,1	8553,6
Вікна	Метало пластикові	Пн	116,54	1,88	40	1	1,15	2052
		Пд	114,71			1	1	3828,43
		Сх	173,7			1	1,1	1721
		Зх	173,7			1	1,1	6465
	Дерев’яні	Пн	7,47	4,55		1	1,15	673
Двері	Дерев’яні	Пн	3,36	4,168	40	1	1,15	252
	Залізні	Зх	2,94	3,34		1	1,1	176
	Металопластикові	Пд	5,88	1,66		1	1	176
Дах	Корпус		530	0,291		1	1	2776
	хол		380	1,841		1	1	12585
Підлога	Залізо бетонні		530					9707
							$\sum Q_o$	76340

2.3 Дослідження інженерних мереж

Наразі опалення приміщень є єдиним призначенням теплової енергії, яка підводиться до корпусу. ІТП на цокольному поверсі забезпечує теплопостачання. У трубах є утеплення. Всі системи, передбачені проектом,

працюють, ІТП працює. Система вентиляції технічного приміщення працює природним чином. З метою звукоізоляції та зменшення теплових втрат трубопроводів використовуються мінераловатні мати ISOVER в обкладці з алюмінієвої фольги.

2.4 Шляхи підвищення ефективності роботи системи теплопостачання

Підвищення ефективності системи теплопостачання може призвести до економії енергії, зниження витрат і покращення загальної продуктивності. Ось декілька способів:

1. Модернізація обладнання:
    - Заміна застарілого обладнання на більш сучасне, енергоефективне.
    - Встановлення теплових насосів чи котлів з високою ефективністю.
2. Термомодернізація будівель:
    - Здійснення термоізоляції стін, даху та підлоги для зменшення тепловтрат.
    - Заміна вікон на енергоефективні.
    - Встановлення систем автоматичного регулювання температури в приміщеннях.
3. Оптимізація роботи системи:
    - Регулярне налагодження та обслуговування обладнання для підтримання його ефективності.
    - Впровадження системи управління, яка автоматично регулює температуру відповідно до реальних потреб.
4. Використання відновлювальних джерел енергії:

- Інтеграція сонячних панелей для обігріву води чи підтримки основної системи теплопостачання.

5. Моніторинг та аналіз даних:
    - Встановлення системи моніторингу для постійного контролю над ефективністю системи теплопостачання.
    - Аналіз отриманих даних для виявлення можливостей оптимізації та вдосконалення.
6. Енергозберігаючі технології:
    - Використання енергозберігаючих технологій, таких як LED-освітлення, ефективні системи кондиціонування повітря, інтелектуальні сенсори тощо.
7. Заохочення енергоефективного споживання:
    - Проведення навчань та інформаційних кампаній для користувачів щодо раціонального використання теплової енергії.

Комбінування декількох зазначених вище підходів може призвести до значного покращення ефективності системи теплопостачання.

Заходи з енергозбереження в системі теплопостачання навчального корпусу №16

ЗЕЗ №1. Встановлення тепловідбиваючої плівки за радіаторами опалення

Огороджувальні конструкції спричиняють значні втрати теплоти в корпусі. Те, що знаходиться за опалювальними приладами, вимагає особливої уваги. Радіатор, розташований поруч зі стіною, підвищує температуру внутрішньої поверхні стіни, збільшуючи втрати теплоти в цій частині огородження. Оскільки опалювальний прилад розташований у ніші, ситуація погіршується. Більш тонка стінка ніші збільшує теплові втрати.

Таким чином, рекомендується встановлювати теплоізоляційний матеріал на внутрішній поверхні стіни поруч з опалювальним приладом.

Доцільно встановити екран з алюмінієвої фольги на поверхні утеплювача, що наближається до опалювального приладу, оскільки нагрітий радіатор виділяє значну частину теплоти у вигляді теплового випромінювання.

Для забезпечення конвективного теплообміну необхідно залишити зазор не менше трьох міліметрів між опалювальним приладом і поверхнею стіни.

Для встановлення екранів можна використати пінофол, спеціальний матеріал. Це утеплювачем нового покоління, призначений для теплоізоляції та має унікальну теплоізоляцію при низькій товщині. Пінофол — це ефективний паро- та теплоізоляційний матеріал, який складається зі спіненого поліетилену та алюмінієвої фольги. Пінофол випускається у рулонах різної товщини, з перфорацією або без неї.

В навчальному корпусі встановлено 140 радіаторів. Площа стін, які розташовані за ними складає 0,6 × 0,8 м^2. Загальна площа утеплення буде становити $F_{\text{ст.рад}} = 67{,}2$ м^2.

Втрати через таку площу стіни до встановлення екранів [3]:

$$Q_{\text{ст.рад}} = F_{\text{ст.рад}} \cdot k_{\text{ст}} \cdot \left(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.о}}\right) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1{,}163}. \qquad (2.5)$$

Підставивши у формулу (2.5) відповідні значення, отримаємо:

$$Q_{\text{ст.рад}} = 67{,}2 \cdot 1{,}08 \cdot \left(18 - (-0{,}1)\right) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1{,}163} = 4{,}89 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

Втрати після встановлення екранів:

$$Q_{\text{ст.рад+екр}} = F_{\text{ст.рад}} \cdot k_{\text{ст}} \cdot \left(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.о}}\right) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1{,}163};$$

Підставляємо відповідні значення та отримуємо:

$$Q_{\text{ст.рад+екр}} = 67{,}2 \cdot 0{,}716 \cdot \left(18 - (-0{,}1)\right) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1{,}163} = 3{,}24 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

Різниця між втратами до та після встановлення екранів:

$$\Delta Q = Q_{\text{ст.рад}} - Q_{\text{ст.рад+екр}} = 4{,}89 - 3{,}24 = 1{,}65 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

Враховуючи тариф на теплову енергію β = 1654,41 грн/Гкал – можна розрахувати річну економію, виражену в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta Q \cdot \beta = 1{,}65 \cdot 1654{,}41 = 2729{,}78 \ \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \ ;$$

Витрати на встановлення екранів (обираємо екран товщиною 3мм, вартістю 72 грн/м^2. Монтажні роботи коштують наближено 12 грн/м^2) становитимуть:

$$K = F_{\text{ст.рад}} \cdot \text{Ц} = 67{,}2 \cdot (72 + 12) = 5644{,}8 \text{ грн} .$$

Термін окупності заходу з енергозбереження:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{5644{,}8}{2729{,}78} = 2{,}1 \text{ року} .$$

Якщо ж тариф на теплову енергію значно підвищиться, то окупність цього заходу прискориться.

ЗЕЗ №2. Утеплення зовнішніх стін будівлі теплоізоляційним матеріалом

Поточний стан:

Стіни корпусу мають низький опір теплопередачі, тому велика частина теплової енергії, що надходить від системи опалення, втрачається крізь них. Опис можливостей енергозбереження: оскільки цей метод має багато переваг, ми рекомендуємо встановлювати теплоізоляцію зовні:

• Вся поверхня стіни утеплюється, включаючи місця прилягання перекриттів;

• запобігає передчасному руйнуванню стін, викликаному коливаннями температури та вологістю в атмосфері;

• Радіатори, які розташовані біля зовнішніх стін, повинні бути видалені під час впровадження внутрішньої ізоляції;

• Робота по утепленню не заважає навчанню;

• Корисна площа будівлі не зменшується.

Товщина ізоляції при зовнішньому утепленні має становити від десяти до п’ятнадцяти сантиметрів.

В якості теплової ізоляції рекомендуємо використати плити з мінеральної вати на синтетичному зв’язуючому (вміст зв’язуючого за масою від 3,5% до 4,2 %) з коефіцієнтом теплопровідності λ=0,044 Вт/(м·К) товщиною δ = 0,15 м. Мінеральна вата прикріплюється до площини стіни, з метою подальшого закріплювання на ній шару штукатурки.

Розрахуємо термічний опір для утепленої стіни:

$$R_{\text{ут}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25 \cdot 2}{0,8} + \frac{0,015}{0,82} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,0005}{0,23} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{1}{23} = 3,7 \ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \ ;$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі становитиме:

$$k = \frac{1}{R_{\text{ут}}} = \frac{1}{3,7} = 0,27 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \ ;$$

Робимо перерахунок тепловтрат з новим коефіцієнтом теплопередачі:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{ут}} = 0,27 \cdot (297,7 \cdot 1,1 + 295 \cdot 1 + 392 \cdot 1,1 + 489,25 \cdot 1,05) \cdot \big(18 - (-22)\big) \cdot 1 = 16,98 \text{ кВт} = 0,0146 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} \ ;$$

Знаходимо економію теплової енергії:

$$Q_{\text{ек}} = \frac{\left(Q_{\text{ст}} - Q_{\text{ст}}^{\text{ут}}\right) \cdot n \cdot 24}{1163} = \frac{(67290,9 - 16980,2) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 182,72 \ \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}} \ ;$$

Розрахунок річної економії витрат:

$$E = Q_{\text{ек}} \cdot C_{\text{Гкал}} = 182,72 \cdot 1654,41 = 302293,8 \ \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на введення в експлуатацію:

Ціна 1 м^2 мінераловатної плити складає 864 грн.

Затрати на теплоізоляцію разом з вартістю робіт становитиме 1930 грн./м^2. Загальна площа стін F = 1482 м^2. Тоді загальні витрати по впровадженню заходу дорівнюють:

$$ЗВ = 1482 \cdot 1930 = 2860260 \text{ грн}.$$

Термін окупності дорівнює:

$$Т = \frac{ЗВ}{Е} = \frac{2860260}{302293,8} = 9,46 \text{ років}.$$

ЗЕЗ №3. Утеплення підлоги

Середній коефіцієнт теплопередачі підлоги складає $k = 2,17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$, що значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі для перекриття над неопалювальними підвалами, що знаходяться вище рівня землі складає $k = 0,27 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$. Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [2].

Отож, теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати теплоти через перекриття першого поверху над неопалювальним підвалом. Пропонується використовувати утеплювач Rockwool Multirock Roll 150 мм (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Утеплювач Rockwool Multirock Roll

До його потенційних переваг можна віднести: негорюча теплоізоляція, низька теплопровідність, висока ступінь гідрофобності, високий модуль кислотності, термін ефективної експлуатації до 100 років, екологічність (сертифікат EUCEB), відмінні характеристики міцності, європейська якість виробництва та зв'язуючих речовин. Вартість 270 гривень за м^2. Затрати на теплоізоляцію разом з вартістю робіт становитиме близько 600 грн/м^2.

Площа підлоги, яку необхідно вкрити тепловою ізоляцією складає 530 м^2.

Розраховуємо термічний опір з урахуванням теплоізоляції:

$$R_{\text{п}}^{\text{ІЗ}} = \frac{1}{6} + \frac{0{,}2}{1{,}92} + \frac{0{,}06}{0{,}93} + \frac{0{,}01}{1{,}05} + \frac{0{,}15}{0{,}045} + \frac{1}{8{,}7} = 3{,}79 \ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \ ;$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі :

$$k_{\text{п}} = \frac{1}{R_{\text{п}}} = \frac{1}{3{,}79} = 0{,}26 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \ ;$$

Розраховуємо тепловтрати з новими коефіцієнтами теплопередачі:

$$Q = F \cdot k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot \eta \ ;$$

$$Q_{\text{П}}^{\text{ІЗ}} = 530 \cdot 0{,}26 \cdot \big(18 - (-22)\big) \cdot 1 = 5512 \text{ Вт} = 19{,}77 \text{ Гкал.}$$

Рахуємо економію теплової енергію:

$$Q_{\text{ек}} = 35{,}1 - 19{,}77 = 15{,}3 \text{ Гкал.}$$

Рахуємо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = Q_{\text{ек}} \cdot C_{\text{ек}} = 15{,}3 \cdot 1654{,}41 = 25313 \text{ грн} \ .$$

Загальні витрати на впровадження заходу:

$$\text{ЗВ} = 600 \cdot 270 = 162000 \text{ грн} \ .$$

Термін окупності заходу з енергозбереження:

$$\text{Т} = \frac{\text{ЗВ}}{\text{Е}} = \frac{162000}{25313} = 6{,}4 \text{ роки} \ .$$

2.5 Дослідження системи електропостачання

Живлення навчального корпусу №16 електричною енергією здійснюється від ТП–1640 двома кабельними лініями (ААШВ 0,38 – 4×50, довжиною 43 м; ААБ 0,38 – 4×70, довжиною 45 м) від двох трансформаторів ТМ-630/10/0,4.

Технічні характеристики трансформатора наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики ТМ-630/10/0,4

Потужність, кВА	Схема з'єднання, ВН	$U_н$, кВ	$P_{кз}$, кВт	$P_{хх}$, кВт	$U_к$, %	$I_{хх}$, %
630	У	10	7,6	1,56	5,5	2

В свою чергу трансформатор живиться від РП 46.I та РП 46.II за допомогою двох кабельних ліній ААШВ 10 – 3×150, довжиною 413 м та ААБ 10 – 3×185, довжиною 415 м відповідно.

Згідно з [4], цей об'єкт належить до II категорії надійності електропостачання приймачів електроенергії. Рекомендується, щоб електроприймачі другої категорії отримували електроенергію від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Ці електроприймачі можуть мати перерви в електропостачанні на час, необхідний для увімкнення резервного живлення, якщо відбувається порушення електропостачання від одного з джерел живлення. У разі наявності централізованого резерву трансформаторів і можливості заміни пошкодженого трансформатора протягом не більше однієї доби, дозволяється використання одного трансформатора для живлення електроприймачів II категорії.

Трансформаторна підстанція 1640, яка живить корпус електроенергією знаходиться на балансі КПІ ім. І. Сікорського.

Головний розподільчий щит має автоматичні вимикачі, які відключатимуть систему в аварії в разі перевантаження або короткого

замикання. Освітлення першого, другого, третього та четвертого поверхів, розетки та резерв є частиною першої секції, яка отримує енергію від ТП. У другій секції є освітлення підвалу, цокольного поверху та резерву. Головний розподільчий щит (ГРЩ) передає електричну енергію об'єкту.

Заходи з енергозбереження та енергоефективності

Об'єкт дослідження був побудований у 1965 році, і з часу введення в експлуатацію його систему електроживлення та електрообладнання не модернізували. Всі компоненти системи розподілу енергії відповідають технічним стандартам, а комп'ютери та кондиціонери в більшості аудиторій є найенергоємнішими електроспоживачами. Тому у відповідності з цим, розроблено заходи з енергозбереження, а саме:

- заміна системи освітлення;
- заміна кондиціонерів;
- встановлення датчиків руху;

ЗЕЗ №4 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні

Заміна ламп типу ЛР60 на більш економічні світлодіодні, що мають приблизно однаковий потік світла відповідно.

В корпусі розташовано 44 лампи розжарювання. Пропонується встановити світлодіодні (далі LED) лампи. Великою перевагою технології LED є мале споживання енергії (навіть до 90% менше ніж традиційні лампи розжарювання). Лампи LED мають надзвичайно довгий термін експлуатації (до50000 годин роботи). Лампи LED не містять важких металів або ртуті, свинцю чи арсену або інших шкідливих елементів, а тому не потребують затрат на спеціальну утилізацію.

Для порівняння зведемо характеристики ламп до таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Характеристики ламп розжарювання та LED ламп

Найменування	Потужність Р,кВт	Середній термін служіння, г	Вартість, грн.	Світовий потік, Лм	Тип цоколя
ЛР60	0,06	1000	7	860	Е-27
LED-461-05	0,005	50000	105	900	Е-27

Розрахунок річної економії енергії

Економія за рахунок зменшення потужності, при заміні ЛР60 на LED-461-05, що споживається на освітлення (враховуючи, що лампа ввімкнена в середньому 2 години на добу (450 годин на рік):

E_1=44·450· (0,06 – 0,005) =1089 кВт·год/рік.

Розрахунок річної економії витрат

У грошовому виразі при тарифі на електроенергію 1 кВт·год = 2,64 грн.

$E_г = E_1 \cdot 2,64 = 1089 \cdot 2,64 = 2874,94$ грн/рік.

Витрати на введення в експлуатацію

Встановлення цих ламп не потребує заміни та/або будь-якої переробки конструкції світильників.

Затрати на закупівлю ламп становитиме:

З = 44·105= 4640 грн.

Старі лампи розжарювання можна продати по 7 грн/шт:

П = 44·7 = 308 грн.

Тоді загальні затрати будуть становити:

$З_{заг}$ = З-П = 4640-308 = 4332грн.

Термін окупності:

$Т = З/E_г = 4332 / 2874,94 = 1,51$ роки.

Враховуючи тенденцію до підвищення тарифів на електричну енергію з кожним роком, дійсний термін окупності буде значно меншим.

ЗЕЗ №5 Заміна кондиціонерів

В навчальному корпусі №16 розташовано 25 кондиціонерів. В будівлі встановлені кондиціонери від компанії Smartway SAF-07VGS потужністю 1500 Вт при витраті повітря 480 м^3/год.

Суть методу енергозбереження полягає у заміні встановлених кондиціонерів на Mitsubishi Electric MSZ-SF20VA потужністю 700 Вт при витраті повітря 460 м^3/год.

Розрахуємо річну економію енергії.

Кількість спожитої електроенергії кондиціонерами на даний момент становить:

$$W_1 = n \cdot P_1 \cdot t = 25 \cdot 1500 \cdot 480 = 18000 \ \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \ ;$$

Тепер рахуємо кількість спожитої електроенергії після впровадження заходу з енергозбереження і вона становить:

$$W_2 = n \cdot P_2 \cdot t = 25 \cdot 700 \cdot 460 = 8050 \ \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \ ;$$

Річна економія коштів становитиме:

$$E = (W_1 - W_2) \cdot \beta = (18000 - 8050) \cdot 2{,}75 = 27362{,}5 \ \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \ ;$$

де β – тарифна ставка, приймаємо 2,75 грн/місяць

Старі кондиціонери можемо продати і отримати кошти:

$$S = 25 \cdot 1000 = 25000 \text{ грн} \ ;$$

Розрахуємо витрати, які потрібні для введення в експлуатацію:

$$K = \text{Ц} \cdot N = 8260 \cdot 25 = 206500 \text{ грн} \ ;$$

де Ц – вартість одного нового кондиціонера;

N – кількість кондиціонерів.

Розрахуємо термін окупності для заміни кондиціонерів:

$$T = \frac{K - S}{E} = \frac{206500 - 25000}{27362{,}5} = 6{,}63 \text{ роки}.$$

Отож, заміна на більш нові та енергоефективніші кондиціонери є економічно доцільним заходом енергозбереження.

ЗЕЗ №6 Встановлення датчиків руху у корпусі

Даний захід можемо реалізувати після заміни ламп на світлодіодні задля нормальної роботи датчиків руху.

У коридорах, вестибюлях та на сходах в навчальному корпусі №16 світильники знаходяться у ввімкненому стані, на відміну від ламп які встановлені в кабінетах та аудиторіях, приблизно 8 годин на день. Присутність людей у коридорах складає приблизно 2 години на день. Тому, встановивши датчики, з'явиться можливість автоматично вимикати освітлення в приміщенні за відсутності людей.

Капітальні затрати будуть складатися з затрат на купівлю датчиків руху та енергоспоживання самого датчика. Будемо використовувати 30 датчиків руху LUXEL 0.5W IP44 (MS-01W). Вартість одного такого датчика становить 210 грн, потужність датчика – 0,5 Вт.

Витрати на введення датчиків в експлуатацію:

$$K = \text{Ц} \cdot N = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ грн};$$

Кількість спожитої електроенергії датчиками руху становитиме:

$$W = n \cdot P \cdot t = 30 \cdot 0{,}0005 \cdot 1460 = 21{,}9 \ \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}};$$

Враховуючи тариф на електроенергію 2,64 грн/кВт·год, можемо розрахувати річні витрати спожитої електроенергії в грошовому еквіваленті:

$$З = W \cdot \beta = 21{,}9 \cdot 2{,}64 = 57{,}816 \text{ грн};$$

Термін окупності даного заходу становитиме:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{6300}{2874{,}94} = 2{,}19 \text{ роки}.$$

Як висновок можна сказати, що після всіх проведених розрахунків встановлення датчиків руху у навчальному корпусі №16 разом із заміною старих ламп на світлодіодні є економічно доцільним заходом енергозбереження. Даний захід має швидкий термін окупності і чудові переваги нового обладнання.

2.6 Розрахунок корпусу за методом ДСТУ-БА 2.2-12:2015

Для початку розрахуємо коефіцієнт теплопередачі трансмісією та сумарну теплопередачу трансмісією через зону будівлі. Розрахований коефіцієнт наведемо у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахований коефіцієнт теплопередачі трансмісією

Конструкції будівлі	**A_i**	**$U = 1/R_{q\ min}$**	**b_{trxH}**	**b_{trxC}**	**H_{tr}**
Зовнішні стіни	1482	1,211	1	1	1794,702
Вхідні двері	2,94	3,356	1	1	9,867
Світлопрозорі конструкції	578,7	1,887	1	1	1092,007
Перекриття над підвалом	502,8	3,246	1	1	1632,089
Суміщене покриття	502,8	0,465	1	1	233,802
ВСЬОГО					4762,467

Значення, за якими розраховували коефіцієнт теплопередачі:

A_i – площа обраної конструкції, $м^2$;

U – приведений коефіцієнт теплопередачі оболонки будівлі, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

b_{trxH} , b_{trxC} – поправочні коефіцієнти;

H_{tr} – коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К

Далі розраховуємо сумарну теплопередачу трансмісією:

$$Q_{tr} = H_{tr\ adj} \cdot (\theta_{int.setH} - \theta_e) \cdot t \text{ , [кВт·год]}$$

де $\theta_{int.setH}$ – температура будівлі для опалення, 20 °С;

H_{tr} – коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К;

θ_e – середньомісячна температура довкілля, °С;

t – кількість годин у місяці, год;

Подальші розрахунки сумарної теплопередачі трансмісією для охолодження та опалення наведемо у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Розрахунки сумарної теплопередачі трансмісією

Місяць	θ_e, °С	t. год	H_{tr}	Q_{tr} (опал.)	Q_{tr} (охол.)
Січень	-4,7	744	4762,467	87518,9	101692,01
Лютий	-3,6	672	4762,467	75528,9	88330,43
Березень	1	744	4762,467	67322,2	81495,34
Квітень	9	720	4762,467	37718,7	51434,64
Травень	15,2	744	4762,467	17007,7	31180,82
Червень	18,3	720	4762,467	5829,3	19545,17
Липень	19,8	744	4762,467	708,7	14881,76
Серпень	19	744	4762,467	3543,3	17716,38
Вересень	13,9	720	4762,467	20916,8	34632,66
Жовтень	8,1	744	4762,467	42165,0	56338,08
Листопад	1,9	720	4762,467	62064,5	75780,38
Грудень	-2,5	744	4762,467	79723,7	93896,8
ВСЬОГО				**500047,7**	**666924,47**

Розрахунок теплопередачі вентиляцією

Визначаємо узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією:

$$H_{ve.adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot (\sum_k b_{ve\ k} \cdot q_{ve\ k\ mn}),\ [м^3/год]$$

де $\rho_a \cdot c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму котра дорівнює 0,33 Вт·год;

$q_{ve\ k\ mn}$ – середня по часу витрата повітря *k*-елемента, м^3/год;

$b_{ve\ k}$ – температурний поправочний коефіцієнт;

Результати занесемо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Сумарна теплопередача вентиляцію

Місяць	θ_{e}, °C	t. год	H_{ve}	Q_{ve} (опал.)	Q_{ve} (охол.)
Січень	-4,7	744	3049,035	47941,4	55705,19
Лютий	-3,6	672	3049,035	41373,48	48385,94
Березень	1	744	3049,035	36877,0	44641,79
Квітень	9	720	3049,035	20661,7	28175,04
Травень	15,2	744	3049,035	9316,55	17080,34
Червень	18,3	720	3049,035	3193,17	10706,52
Липень	19,8	744	3049,035	388,19	8151,98
Серпень	19	744	3049,035	1940,95	9704,74
Вересень	13,9	720	3049,035	11457,85	18971,19
Жовтень	8,1	744	3049,035	23097,27	30861,06
Листопад	1,9	720	3049,035	33997,88	41511,23
Грудень	-2,5	744	3049,035	43671,31	51435,10
ВСЬОГО				**273916,75**	**365330,12**

Внутрішні теплонадходження

Внутрішні теплонадходження включають[5]:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;

- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;

- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;

- теплоту від або до процесів та продукції.

Результати розрахунку внутрішніх теплонадходжень заносимо у таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок внутрішніх теплонадходжень

Місяць	**t, год**	**$Ф_{int}$**	**Q_{int}(опал.)**	**Q_{int}(охол.)**
Січень	744	5,68	9254,77	9254,77
Лютий	672	5,68	8359,14	8359,14
Березень	744	5,68	9254,77	9254,77
Квітень	720	5,68	8956,22	8956,22
Травень	744	5,68	9254,77	9254,77
Червень	720	5,68	8956,22	8956,22
Липень	744	5,68	9254,77	9254,77
Серпень	744	5,68	9254,77	9254,77
Вересень	720	5,68	8956,22	8956,22
Жовтень	744	5,68	9254,77	9254,77
Листопад	720	5,68	8956,22	8956,22
Грудень	744	5,68	9254,77	9254,77
ВСЬОГО			**108967,41**	**108967,41**

Сонячні теплонадходження

Сонячні теплонадходження визначають, базуючись на еквівалентних площах інсоляції відповідних світлопрозорих елементів будівлі та на поправках до затінення сонця зовнішніми перешкодами. Також тут надано коригування для теплової радіації до атмосфери [5].

Таблиця 2.13 – сонячні теплонадходження для міста Києва

Місто	Київ											
місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
північ	13	24	35	39	56	67	61	40	29	19	11	9
схід	21	36	58	77	104	111	108	93	70	38	17	14
південь	50	70	90	92	101	96	98	106	102	75	39	35
захід	22	38	61	73	99	105	104	89	66	37	17	15
горизонт.	32	55	101	149	211	228	220	185	130	71	31	22

Результати сонячних теплонадходжень наведемо у таблиці 2.14

Таблиця 2.14 – Сонячні теплонадходження

	Захід		**Схід**		**$\Sigma\Phi_{sol}$**
Місяць	**I_{sol}**	**Φ_{sol}**	**I_{sol}**	**Φ_{sol}**	
Січень	22	3174,42	21	2661,98	5836,40
Лютий	38	6357,27	36	5421,96	11779,23
Березень	61	10932,61	58	9469,92	20402,53
Квітень	73	13319,75	77	12965,89	26285,64
Травень	99	18491,87	104	17933,85	36425,72
Червень	105	19685,44	111	19221,84	38907,28
Липень	104	19486,51	108	18669,84	38156,35
Серпень	89	16502,59	93	15909,87	32412,46
Вересень	66	11927,25	70	11677,90	23605,15
Жовтень	37	6158,34	38	5789,95	11948,29
Листопад	17	2179,78	17	1925,98	4105,76
Грудень	15	1781,93	14	1373,99	3155,92

$\Phi_{sol} = Q_{sol}$ – сумарні теплонадходження до будівлі.

Сумарні теплонадходження

$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$, [кВт·год]

У таблиці 2.15 зводимо сумарні теплонадходження.

Таблиця 2.15 – Сумарні теплонадходження на опалення будівлі

Місяць	**Q_{int}**	**Q_{sol}**	**Q_{gn} (опал.)**	**Q_{gn} (охол.)**
Січень	9254,77	5836,40	15091,17	15091,17
Лютий	8359,14	11779,23	20138,37	20138,37
Березень	9254,77	20402,53	29657,30	29657,30
Квітень	8956,22	26285,64	35241,86	35241,86
Травень	9254,77	36425,72	45680,49	45680,49
Червень	8956,22	38907,28	47863,50	47863,50
Липень	9254,77	38156,35	47411,12	47411,12
Серпень	9254,77	32412,46	41667,23	41667,23
Вересень	8956,22	23605,15	32561,37	32561,37
Жовтень	9254,77	11948,29	21203,06	21203,06
Листопад	8956,22	4105,76	13061,98	13061,98
Грудень	9254,77	3155,92	12410,69	12410,69
ВСЬОГО			**361988,14**	**361988,14**

Розрахунок динамічних параметрів на охолодження та опалення

У таблиці 2.16 будуть наведені умови знаходження безрозмірного коефіцієнта використання надходжень на опалення, котрий залежить від інерції будівлі.

Таблиця 2.16 – Умови знаходження безрозмірного коефіцієнта використання надходжень

➢ Якщо $\gamma_{\text{H}} > 0$ та $\gamma_{\text{H}} \neq 1$	➢ $\eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma_H^{\alpha_H}}{1-\gamma_H^{\alpha_H+1}}$
➢ Якщо $\gamma_{\text{H}} = 1$	➢ $\eta_{H,gn} = \frac{\alpha_H}{\alpha_H+1}$
➢ Якщо $\gamma_{\text{H}} < 0$ та $Q_{H,gn} > 0$	➢ $\eta_{H,gn} = 1/\gamma_H$
➢ Якщо $\gamma_{\text{H}} \leq 0$ та $Q_{H,gn} \leq 0$	➢ $\eta_{H,gn} = 1$

Позначення у даній таблиці[5]:

γ_H – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H\ ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення;

$Q_{H\ gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення;

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

Часова константа зони будівлі τ, год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. ЇЇ розраховують за формулою[5]:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}},$$

де C_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт год/К;

$H_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve,extra,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі C_m, Вт·год/К, розраховують за формулою[5]:

$$C_m = C \cdot A_f,$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або її зони;

A_f – кондиційована площа будівлі або її зони, м^2.

До таблиць 2.17 та 2.18 занесемо результати розрахунків енергопотреб для опалення та охолодження будівлі.

Таблиця 2.17 – Розрахунок енергопотреб на опалення

Місяць	Qh,tr, кВт·год	Qh,ve, кВт·год	Qh,sol, кВт год	Qh,int, кВт·год	Qh,gn, кВт год	Гн	ηн, gn	Qh,nd, кВт·год	Qh,nd, Гкал
Січень	87518,9	47941,4	5836,40	9254,77	15091,17	0,2	1,0	120369,13	103,499
Лютий	75528,9	41373,48	11779,23	8359,14	20138,37	0,2	1,0	96764,01	83,202
Березень	67322,2	36877,0	20402,53	9254,77	29657,30	0,3	1,0	74541,9	64,095
Квітень	37718,7	20661,7	26285,64	8956,22	35241,86	0,5	1,0	23138,54	19,887
Травень	17007,7	9316,55	36425,72	9254,77	45680,49	1,3	0,7	0	0
Червень	5829,3	3193,17	38907,28	8956,22	47863,50	3,9	0,3	0	0
Липень	708,7	388,19	38156,35	9254,77	47411,12	32,4	1,0	0	0
Серпень	3543,3	1940,95	32412,46	9254,77	41667,23	6,1	0,2	0	0
Вересень	20916,8	11457,85	23605,15	8956,22	32561,37	0,9	0,8	0	0
Жовтень	42165,0	23097,27	11948,29	9254,77	21203,06	0,4	1,0	44032,21	37,861
Листопад	62064,5	33997,88	4105,76	8956,22	13061,98	0,2	1,0	83000,4	71,368
Грудень	79723,7	43671,31	3155,92	9254,77	12410,69	0,1	1,0	110984,32	95,429
Всього за рік								**552830,51**	**475,341**

Таблиця 2.18 – Розрахунок енергопотреб на охолодження будівлі

Місяць	Q_C,tr, кВт·год	Q_C,ve, кВт·год	Q_C,sol, кВт год	Q_C,int, кВт·год	Q_C,gn, кВт год	Гн	ηн, gn	Q_C,nd, кВт·год
Січень	101692,01	55705,19	5836,40	9254,77	15091,17	0,16	0,8	0
Лютий	88330,43	48385,94	11779,23	8359,14	20138,37	0,16	0,8	0
Березень	81495,34	44641,79	20402,53	9254,77	29657,30	0,24	0,8	0
Квітень	51434,64	28175,04	26285,64	8956,22	35241,86	0,4	0,8	0
Травень	31180,82	17080,34	36425,72	9254,77	45680,49	1,04	0,56	0
Червень	19545,17	10706,52	38907,28	8956,22	47863,50	3,12	0,24	40603,09
Липень	14881,76	8151,98	38156,35	9254,77	47411,12	25,92	0,8	28984,13
Серпень	17716,38	9704,74	32412,46	9254,77	41667,23	4,88	0,16	37279,85
Вересень	34632,66	18971,19	23605,15	8956,22	32561,37	0,72	0,64	0
Жовтень	56338,08	30861,06	11948,29	9254,77	21203,06	0,32	0,8	0
Листопад	75780,38	41511,23	4105,76	8956,22	13061,98	0,16	0,8	0
Грудень	93896,8	51435,10	3155,92	9254,77	12410,69	0,08	0,8	0
Всього за рік								**106867,07**

Отож, з наших розрахунків видно, що для комфортних температурних умов нашої будівлі протягом опалювального періоду необхідно витрачати 475,341 Гкал теплової енергії.

Визначення класу енергоефективності навчального корпусу №16

Енергопотреби на ГВП:

$Q_{DHW\ need}$ = 10 кВт·год/м^2 · A_f = 10 · 2190 = 21900 кВт·год.

Рахуємо питому річну енергопотребу:

EP = ($Q_{H\ nd}$ + $Q_{C\ nd}$ + $Q_{DHW\ nd}$) / V = (552830,51+106867,07+21900) / 10870 = 62,71 кВт·год/м^2.

Нормативна максимальна питома енергопотреба згідно з [2] становить:

EP_{max} = 28 кВт·год/м^2.

Різниця у % розрахункового значення від максимально допустимого становить:

[(EP - EP_{max})/EP_{max}] · 100% = [(62,71 - 28)/28] · 100% = 123,96%.

Класифікація будівлі за параметром енергетичної ефективності, який встановили за співвідношенням [5] – «G».

Висновки до розділу

У даному розділі провели аналіз теплового стану будівлі, котрий необхідний для визначення реальних параметрів системи опалення, вентиляції, кондиціювання, можливостей енергозбереження та інших питань. Розрахували втрати теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції та визначили необхідності вентиляції. Крім того, при теплотехнічних розрахунках брали до уваги додаткові джерела теплоти, такі як сонячна радіація та теплові надходження від людей. При обрахунках використовувалися виміряні власноруч геометричні розміри будівлі. Теплофізичні характеристики матеріалів визначалися відповідно до теплофізичних довідників і нормативних актів.

Також були впроваджені заходи з енергозбереження в системі енергопостачання навчального корпусу №16 такі як:

- ❖ Встановлення тепловідбиваючої плівки за радіаторами опалення;
- ❖ Утеплення зовнішніх стін будівлі теплоізоляційним матеріалом;
- ❖ Утеплення підлоги;
- ❖ Заміна ламп розжарювання на світодіодні;
- ❖ Заміна кондиціонерів;
- ❖ Встановлення датчиків руху.

Було проведено розрахунок начального корпусу №16 за [5], де ми порахували сумарні теплонадходження, витрати будівлі, її потребу в енергії на опалення та охолодження. Клас енергоефективності корпусу згідно розрахунків – «G».

3 АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

3.1 Основні види теплових насосів

Термодинамічно тепловий насос схожий на холодильну машину, оскільки його основною метою є відбір теплоти з будь-якого об'єму випарника, а конденсатор скидає теплоту в навколишнє середовище. У тепловому насосі, з іншого боку, мета теплового насоса полягає в перенесенні теплової енергії від низькопотенційного джерела (з низькою температурою) до споживача (з високою температурою).

Коефіцієнт перетворення, отриманий тепловим насосом, до витрат енергії, необхідної для роботи компресора, також відомого як привод теплового насосу, визначає, наскільки добре тепловий насос працює. Для різних типів теплових насосів цей коефіцієнт може коливатися від 2,5 до 5. Наприклад, тепловий насос споживає 1 кВт електричної енергії, але може виробляти від 3,5 до 7 кВт теплової енергії залежно від типу теплового насоса та умов його роботи. Це пояснює високу ефективність використання теплового насоса. Основним правилом є те, що менша різниця температур між вхідною та вихідною температурою теплоносія в системі споживання означає, що компресор теплового насосу витрачає менше енергії, щоб підвищити температуру теплоносія[6].

В холодну пору року теплові насоси опалюють приміщення, а в теплу пору року охолоджують повітря в будинку. У цьому випадку теплота з повітря приміщень будинку повертається назад у землю, повітря чи водоймище. Однією з найважливіших переваг теплових насосів є їх низька вартість експлуатації.

Наразі теплові насоси (геотермальні, повітряні чи водяні) є найбільш ефективним, екологічним і енергозберігаючим видом теплотехнічного

обладнання, яке використовується для опалення, кондиціонування приміщень і постачання гарячої води. Наразі немає ефективних альтернатив тепловим насосам, навіть якщо перші інвестиції високі та держава не підтримує та не стимулює використання цієї техніки серед населення України. У зв'язку зі зростанням темпів їх використання та все більшою популярністю в усьому світі ціни на теплові насоси можуть поступово зменшуватися.

Види теплових насосів

За видом затрачуваної енергії теплові насоси поділяють на:

- Компресійні теплові насоси – споживають механічну енергію;
- Термоелектричні теплові насоси використовують безпосередньо електричну енергію.

У насосах перших двох типів теплота переноситься через зворотний круговий процес (зворотний цикл).

У парових холодильних машинах робочі тіла змінюють свій агрегатний стан під час виконання процесів. Газові холодильні машини зберігають агрегатний стан робочого тіла[6].

Зворотний круговий процес, який відбувається в холодильній машині за допомогою механічної енергії, отриманої в прямому циклі, може відбуватися в різних умовах.

Якщо теплота від низькотемпературного джерела переноситься до навколишнього середовища, машина працює за холодильним циклом. У цьому випадку вона охолоджує або зберігає низькі температури. Холодильна машина працює як тепловий насос, переносячи теплоту від навколишнього середовища до середовища з більш високою температурою.

Термодинамічні пристрої, такі як теплові насоси, передають теплоту від низькопотенційного джерела споживачеві при більш високій температурі. Це вимагає механічної енергії.

Використання теплових насосів у системах гарячого водопостачання будівель є дуже перспективним. Теплота як штучного, так і природного походження може бути джерелом низькопотенційної теплової енергії.

За видом теплоносія у вхідному і вихідному контурах насоси ділять на шість типів[6]:

- ґрунт-вода
- вода-вода
- повітря-вода
- ґрунт-повітря
- вода-повітря
- повітря-повітря

3.2 Опис технологій, які використовуються в теплових насосах

Теплові насоси - "ґрунт-вода"

Ґрунт весь рік він отримує теплоту від земного ядра, акумулюючи сонячну енергію. Завдяки цьому він завжди «під ногами» і здатний віддавати теплоту в будь-який час. Температура залишається практично постійною протягом усього року вже на глибині від п’яти до семи метрів. Це ідеальні умови для роботи ТН. Крім того, температури в верхніх шарах землі досягають мінімуму на кілька місяців пізніше піку морозів, що зменшує потребу в інтенсивному обігріві. Теплообмінник під землею збирає необхідну енергію та акумулює її в носії. Потім від носія подається у випарник ТН, де вона повертається назад з новою порцією теплоти. Антифриз або «розсол» — це назва незамерзаючої рідини, яка не шкодить навколишньому середовищу. Це може бути 30%-ний водний розчин етилену або пропіленгліколю [6].

Існує інший спосіб збору теплоти, коли фреон циркулює в контурі замість «розсолу», який перетворюється на пару прямо в трубах

теплозбірника. Сьогодні найпоширенішими є системи з «розсолом». У них використовуються як ґрунтовий колектор, так і ґрунтовий зонд. Обидва зроблені з поліетиленових труб діаметром 25, 32 або 40 міліметрів. Якщо труба має більший діаметр, система буде дорожче. Горизонтальний ґрунтовий колектор представляє собою довгу горизонтальну трубу. Двома основними перевагами є універсальність і простота монтажу. Якщо наявна вільна ділянка, потрібно зробити канавки і укласти трубу. Труби можна розкласти різними способами, наприклад петлями, змійками, зигзаґами, плоскими та гвинтовими спіралями та ін. Вибір залежить від теплопровідності ґрунту та геометрії території. На сухих піщаних ділянках продуктивність теплозбору нижча, ніж на зволожених суглинках. У середньому 1 м^2 землі може забезпечити 10-35 Вт потужності. Довжина труби в одній петлі, цільній трубі без роз'ємів, повинна бути мінімальною (не більше 600 м), оскільки це призведе до значного збільшення споживання енергії циркуляційним насосом. Багато петель виготовляються, якщо потрібна додаткова потужність.

Колектори мають особливість, яка заважає монтажникам. Виявляється, що температура шару ґрунту, що оточує труби, поступово знижується. Коли температура опускається нижче нуля, масив може навіть промерзати. Отже, головним завданням при монтажі теплозбірника є створення його за розумні гроші таким чином, щоб ґрунт встигав набрати «тепловий жирок» протягом літа, зберігаючи при цьому здатність виробляти енергію для виробництва гарячої води. У цьому місці немає єдиних стандартів, оскільки місцеві ґрунти та кліматичні умови їх обмежують. Ґрунтові зонди, також відомі як вертикальні колектори, складаються з системи довгих труб, які опускаються в глибоку свердловину глибиною від 50 до 150 метрів. У цьому випадку потрібні дорогі бурильні роботи, хоча необхідний лише клаптик землі. Зонди є сильнішими горизонтальними колекторами, оскільки на глибині завжди зберігається однакова температура приблизно 10°C. В залежності від ґрунту метр їх довжини генерує від 30 до 100 Вт теплової потужності. U-подібний зонд і труба в трубі є двома типами зондів, які найчастіше використовуються.

«Розсол» подається вниз циркуляційним насосом по одній лінії, а по іншій лінії він піднімається до випарника. Зазор між робочими трубами та землею заповнюється бетоном. Це робиться для покращення теплопередачі та підвищення міцності зонду. Таких теплозбірників виробляють багато, якщо потрібна велика потужність. Відстань між ними становить від 5 до 7 метрів. Прискорює прогрівання верхнього шару землі навесні, коли запаси теплоти вичерпуються[6].

Теплові насоси "вода-вода"

Тепло можна отримати з поверхневих вод (річок, озер) або ґрунтових вод (свердловини), а також зі скидної води технологічних установок. Самі насоси майже не відрізняються від насосів з «розсолом». Але взимку пристрої типу «вода-вода» працюють найкраще протягом року завдяки вищій температурі теплоносія. Крім того, якщо поруч є ставок або тече незамерзаюча річка, ви можете притопити антифриз на дно труби і практично безкоштовно обігріватися. Зі свердловиною краще. Свердловинний насос подає воду з неї (близько 0,25 $м^3$/год на 1 кВт теплової потужності) прямо у випарник. Потім воду зливають у другу свердловину, яка розташована вниз за течією води в підземному шарі на 15-20 м від першої. Якщо ви не зробите це, водоносний шар повинен прийняти і відвести злиту воду, інакше ви отримаєте невеликий вітер.

Теплові насоси "повітря-вода"

Цей тип насосів займає поки що друге місце за універсальністю використання в українських умовах. Крім того, труби не потрібні, і самі насоси дешевші. Недолік, який є значним, — це те, що морозне повітря не може звільнити велику кількість теплоти. Ці пристрої працюють стійко, але з меншою потужністю, до -15 ° С; після цього необхідно включити інший котел.

Деякі моделі вже мають вбудовані ТЕНи потужністю від 3 до 12 кВт. Компанії також докладають зусиль, щоб ще більше знизити робочі температури

Пристрої типу «повітря-вода» функціонують у двох компонувальних схемах: спліт і моно. У першому випадку установка складається з двох блоків комунікацій, з'єднаних між собою. Одним із них є потужний вентилятор і випарник, які встановлюються на ділянці поблизу будинку. Другий, внутрішній, розташований у приміщенні та містить конденсатор і автоматику. Компресор може бути розташований або в будинку, або ззовні, щоб він не створював шуму, або у внутрішньому модулі. У моноблоках всі компоненти збираються в одному загальному корпусі, який монтується в будинку та з'єднується з вулицею гнучким повітропроводом. Хоча вони доступні для більшості компаній, їхня потужність зазвичай становить 3–16 кВт. Моноблоки можна встановлювати як внутрішньо, так і зовнішнім чином[6].

В останні роки ТН «повітря-вода» були поширені через погіршення вентиляції житла. Деякі моделі «навчилися» використовувати вентиляцію та опалення, а також використовувати теплоту відпрацьованого повітря в приміщеннях. Теплові насоси, які отримують теплоту з зовнішнього повітря, дуже популярні на узбережжі Чорного моря, де температура рідко йде в значний «мінус».

Теплові насоси, призначені виключно для отримання гарячої санітарної води, найчастіше використовують повітря з навколишнього середовища як джерело теплоти.

Слід зазначити, що теплові насоси реверсивного типу «повітря-вода», які зазвичай поставляються з розширювальним баком і насосним агрегатом, поступово з'являються на ринку. Такі насоси можна «врізати» безпосередньо в існуючі системи водопостачання.

Теплові насоси - "повітря-повітря"

Тепловий насос «повітря-повітря» використовує низькопотенційну теплоту повітря для обігріву приміщень будинку за допомогою повітряної канальної системи. Цей тип повітряних теплових насосів відрізняється тим, що він може працювати або в режимі нагрівання, або в режимі охолодження.

Теплові насоси типу «повітря-вода», у яких вода служить теплоносієм замість повітря, більш поширені. Офісні будівлі, торгові центри, промислові та складські приміщення більш часто використовують повітряне опалення.

3.3 Використання теплових насосів в Україні

В Україні теплові насоси використовуються для опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування повітря. В Україні теплові насоси широко використовуються в таких областях:

- Опалення приватних будинків і житлових комплексів: ефективним варіантом автономного опалення житла є теплові насоси. Вони нагрівають приміщення, використовуючи теплоту навколишнього середовища (наприклад, ґрунту, води чи повітря).
- Гаряче водопостачання: для забезпечення гарячої води для душу, кухні та інших кімнат і комерційних об’єктів.
- Промислові застосування: для опалення приміщень, опалення виробничих процесів і використання теплоти для різних технологічних потреб.
- Аграрний сектор: можна використовувати для обігріву теплиць і ферм, а також для забезпечення гарячого водопостачання для вирощування рослин.
- Кондиціонування повітря: коли вони працюють в режимі охолодження, теплові насоси можуть використовуватися для

кондиціонування повітря влітку, відводячи теплоту з приміщення на вулицю.

Оскільки теплові насоси є ефективним і екологічно чистим способом отримання теплоти, особливо коли використовуються відновлювальні джерела енергії, їх застосування в Україні є актуальним і постійно зростає. Для найкращого використання теплових насосів необхідно враховувати місцеві умови та доступні джерела теплоти. Також використання теплових насосів сприяє зменшенню споживання енергії та викидів CO_2, оскільки вони використовують велику частину енергії з відновлювальних джерел. Програми підтримки від уряду та розвиток ринку відновлювальної енергії також сприяють популяризації теплових насосів в Україні.

3.4 Підбір ТН за допомогою програмного забезпечення GeoTSol

Програмне забезпечення GeoTSol використаємо для вибору необхідного теплового насоса, розрахунку періоду окупності та перевірки доцільності встановлення.

У програмному середовищі GeoTSol ми розглянули тепловий насос типу «повітря-вода» та 2 види теплового насосу «ґрунт-вода» (ґрунтовий зонд та горизонтальний геотермальний колектор). Систему з теплових насосів підбираємо для забезпечення опалення та ГВП.

Тепловий насос типу «ґрунт-вода» (ґрунтовий зонд)

Для початку обираємо підходящу схему для опалення та гарячого водопостачання (рис. 3.1).

Selected system: Biv. HPS with space heating and DHW (2 buffer tanks) (HPS 5.1, Brine/Water)

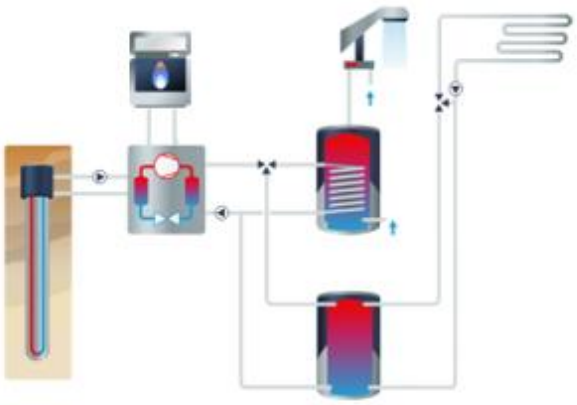


Рисунок 3.1 – Тепловий насос для опалення та гарячого водопостачання

Для вибору ТН в розділі Опалення (Space Heating) ми задаємо параметри будівлі, які необхідні для опалення та подальшого проектування за допомогою програмного забезпечення: необхідна теплова потужність (за рік), температура ззовні корпусу, опалювальна площа, температура всередині корпусу.

В розділі ГВП (Domestic Hot Water) та Бак ГВП (Tank) також задаємо необхідні параметри: кількість людей; середнє використання гарячої води в розрахунку на 1 людину; температура води, яка подається в різні пори року; температура води, яка потрібна в кінці нагрівання; ємність баку ГВП.

На рисунках 3.2 – 3.3 показано параметри, які задали.

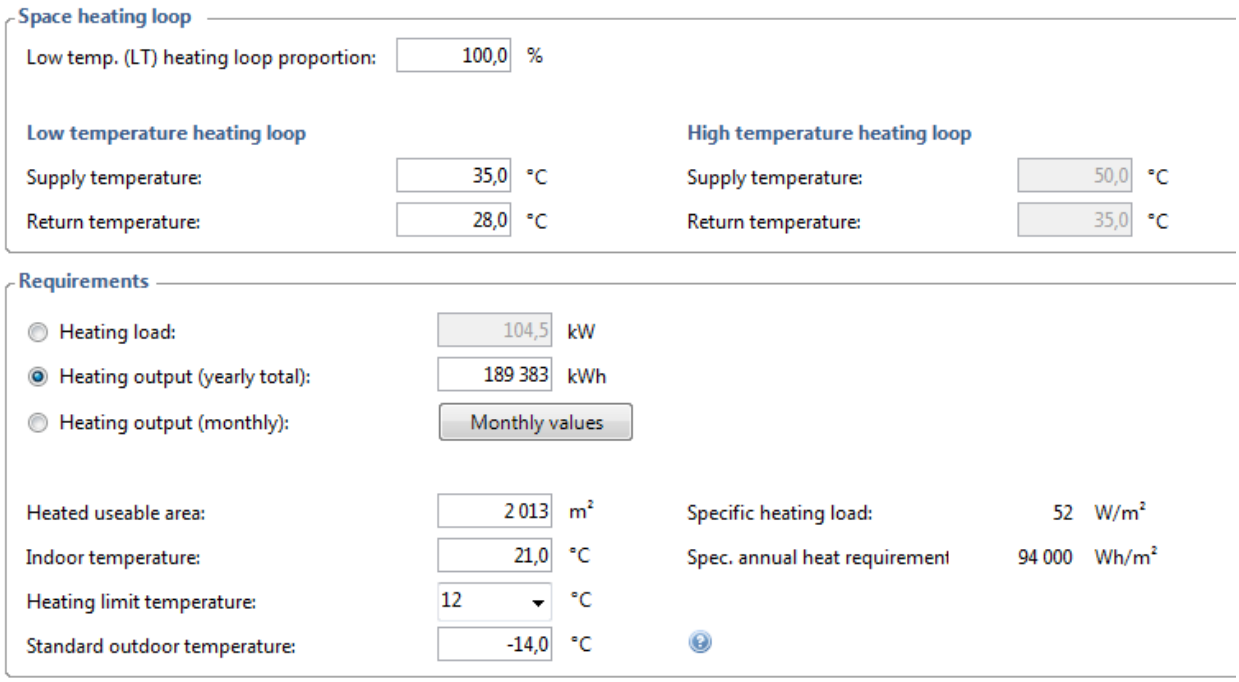


Рисунок 3.2 – Розрахунок опалення (Space Heating)

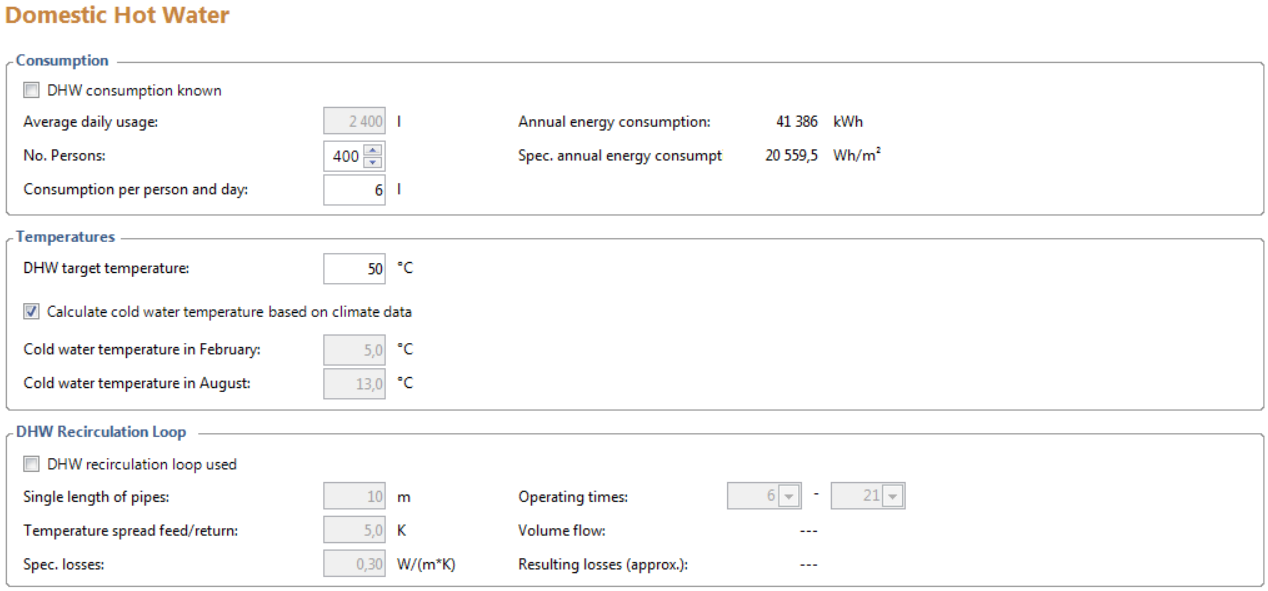


Рисунок 3.3 – Розрахунок ГВП (Domestic Hot Water)

У програмі присутній широкий вибір сучасних теплових насосів, і, після аналізу всіх введених даних, був підібраний ТН від компанії Viessmann Werke GmbH – Vitocal 350-G Pro. Характеристики ТН зображені на рисунку 3.4.

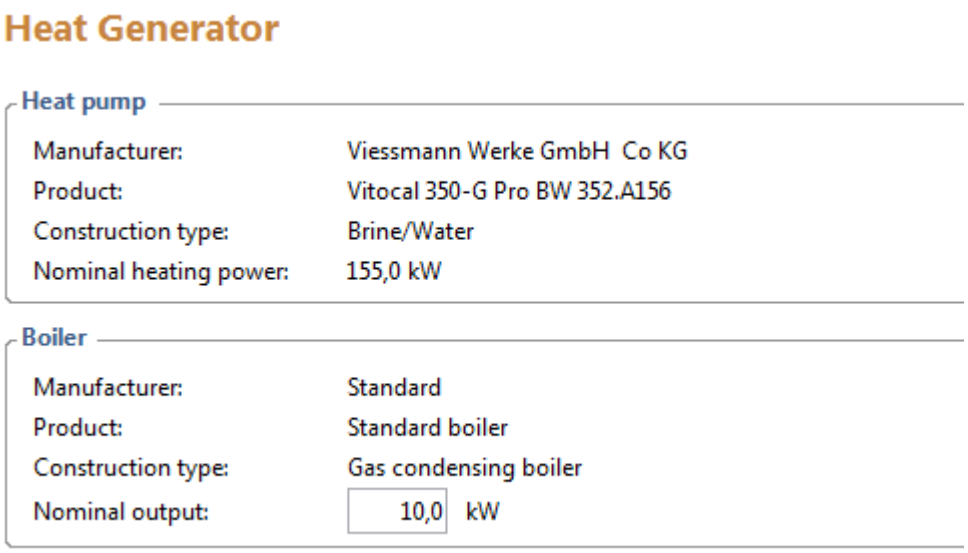


Рисунок 3.4 – Розрахунок теплового насоса (Heat Generator)

Характеристики баку зображені на рисунку 3.5.

Рисунок 3.5 – Розрахунок баку (Tank)

Після проведення моделювання GeoTSol показав, що обрана система теплових насосів вибрана правильно і забезпечить на 100% потреби в гарячій воді та опаленні навчальний корпус №16.

Досягнуті результати показано на рисунку 3.6

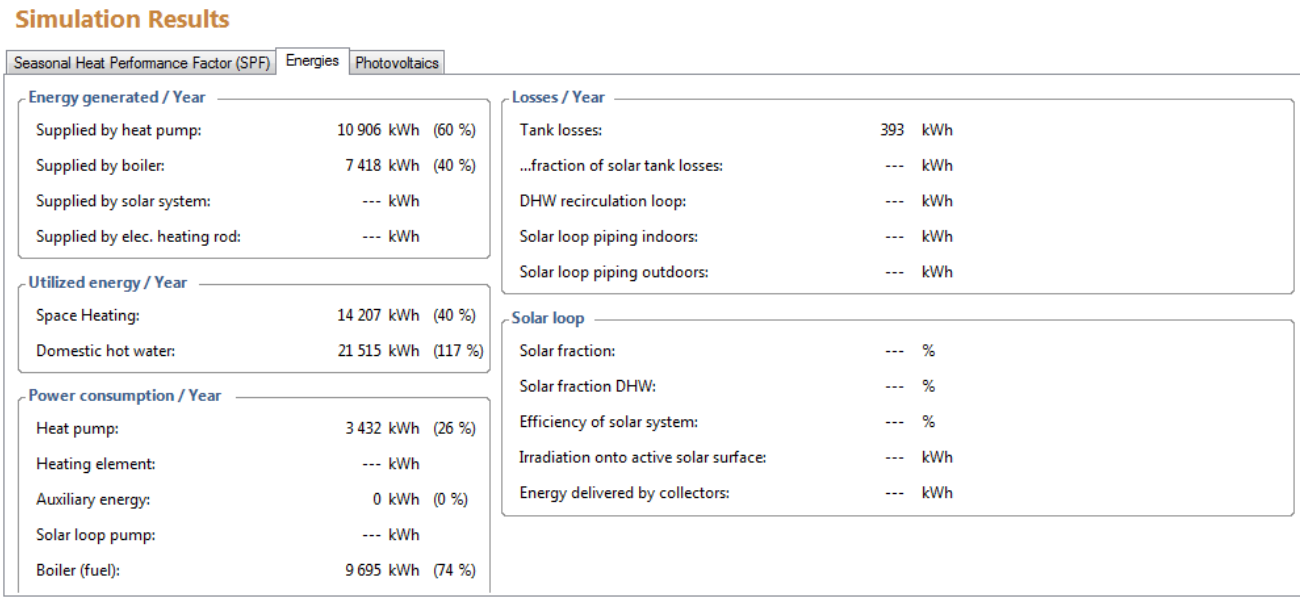


Рисунок 3.6 – Результати симуляції (Simulator Result)

З результатів симуляції можна сказати, що потужності даного теплового насосу вистачить для покриття системи опалення та ГВП, також можемо бачити що середньорічний COP = 3,21, що є гарним результатом для теплового насоса типу «ґрунт-вода» (рис. 3.7)

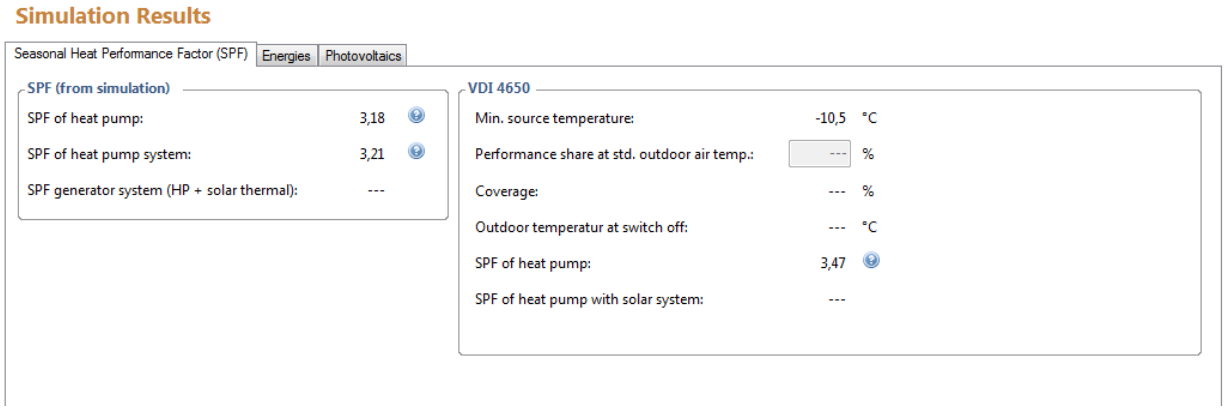


Рисунок 3.7 – Результат визначення COP

Розглянемо графік продуктивності теплового насосу помісячно на рисунку 3.8.

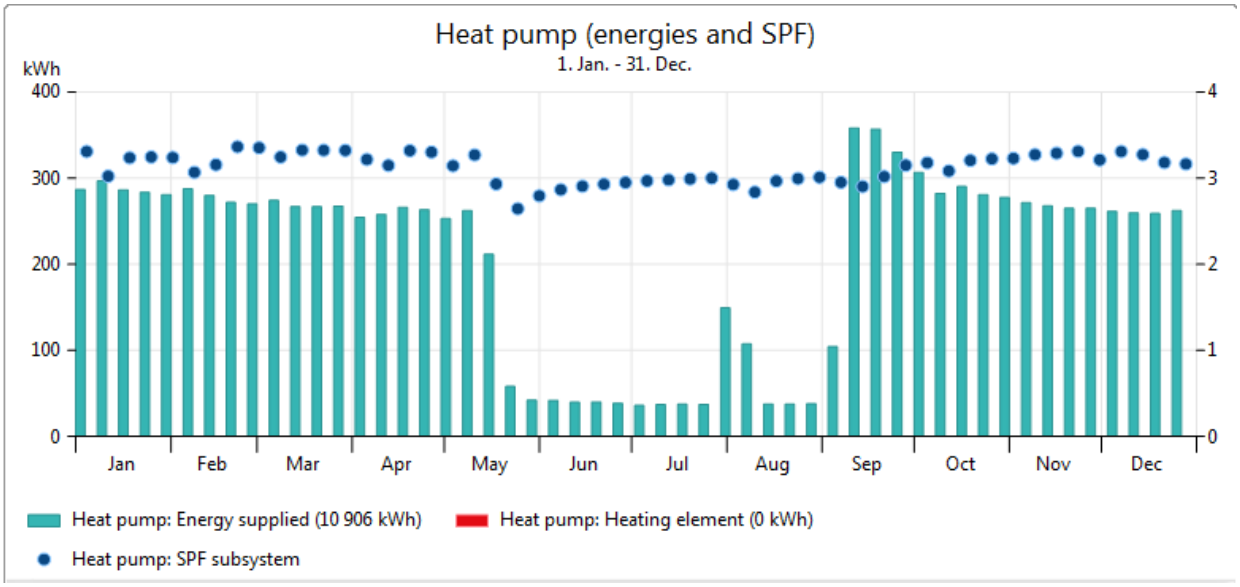


Рисунок 3.8 – Продуктивність теплового насоса (Perfomance Factor)

Тепловий насос типу «ґрунт-вода» (горизонтальний геотермальний колектор)

Проведемо аналіз наступного типу теплового насоса і обираємо потрібну схему опалення та ГВП (рис. 3.9)

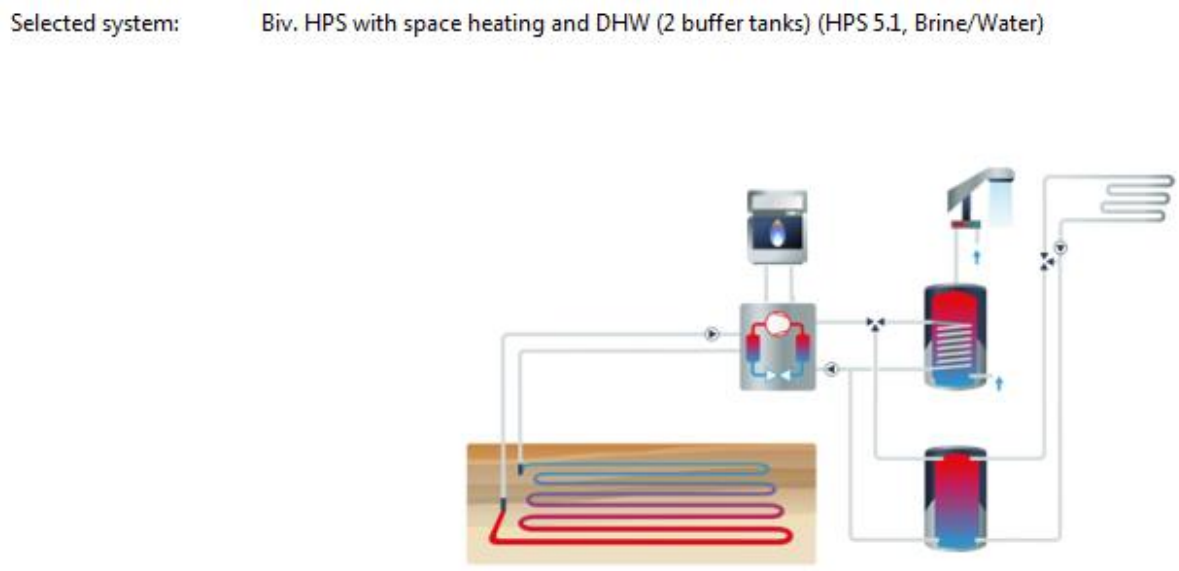


Рисунок 3.9 – Обрана схема горизонтального колектора

Далі заповнюємо всі необхідні параметри у розділах опалення та ГВП (рис. 3.10).

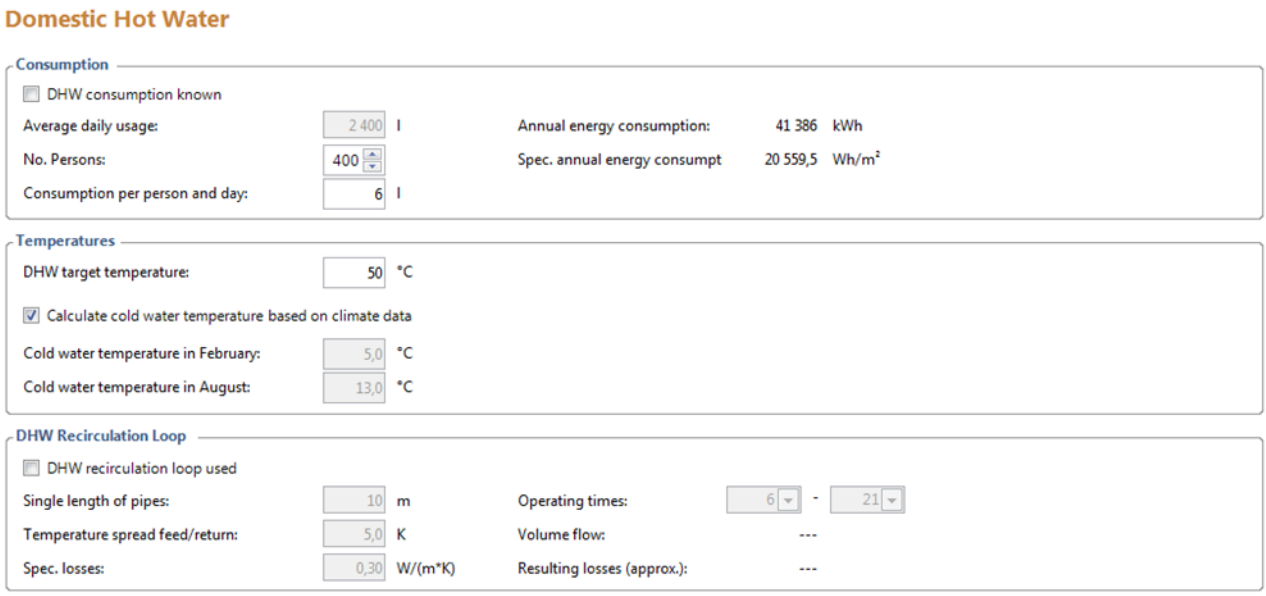


Рисунок 3.10 – Розрахунок опалення

Після аналізу було вибрано тепловий насос марки Standard – Brine/Water – 40, характеристики якого зображені на рисунку 3.11.

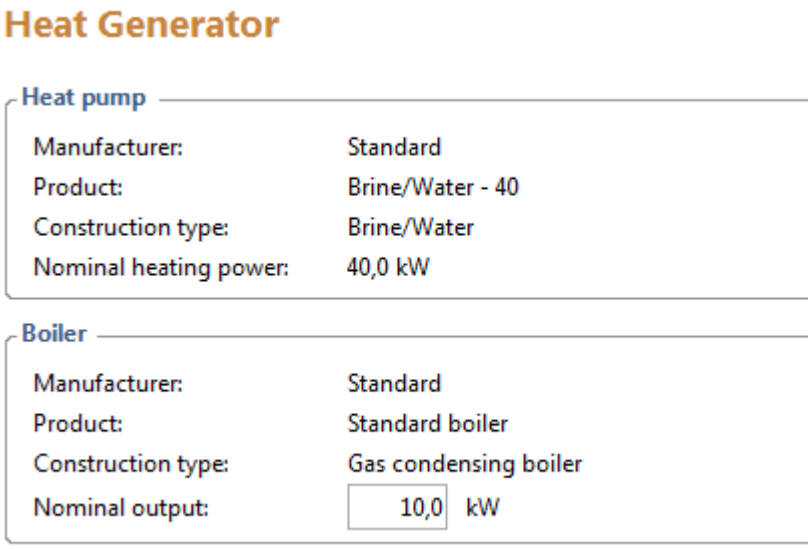


Рисунок 3.11 – Розрахунок теплового насоса

Також обираємо підходящий бак (рис. 3.12).

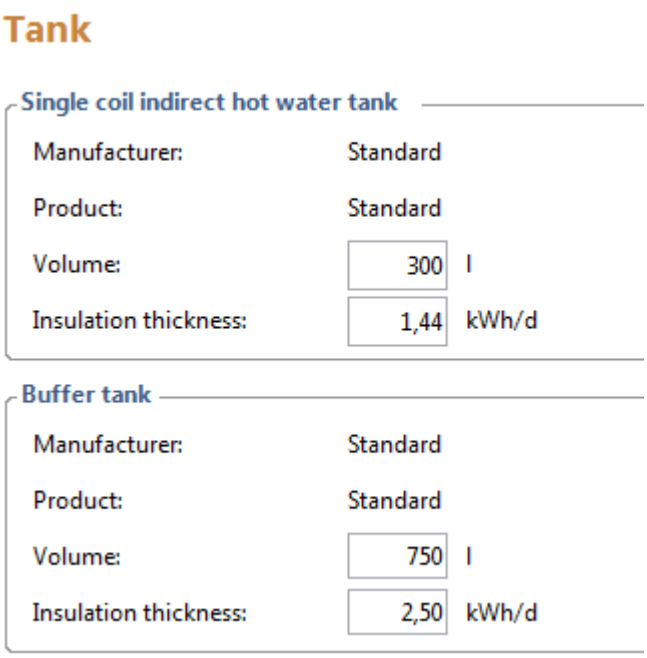


Рисунок 3.12 – Розрахунок баку

Запускаємо режим моделювання і бачимо, що обрана система ГВП та опалення також має параметри в межах норми, котрі задовільнять потреби навчального корпусу №16 (рис. 3.13).

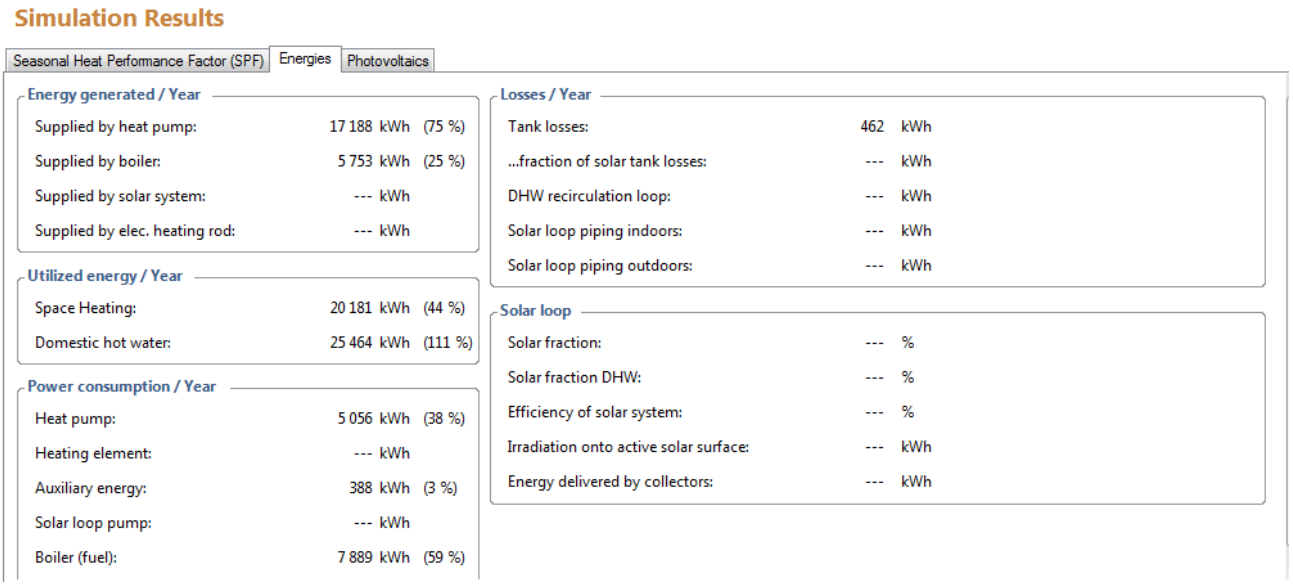


Рисунок 3.13 – Результати симуляції

З результатів симуляції можна бачити що середньорічний COP = 3,19, що є ліпшим результатом для теплового насоса типу «ґрунт-вода», ніж попередній варіант (рис. 3.14).

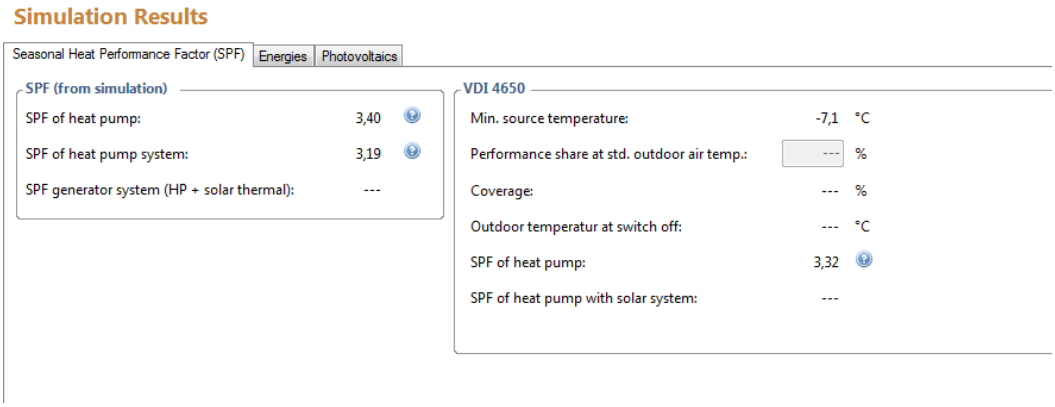


Рисунок 3.14 – Результат дослідження COP

Розглянемо графік продуктивності теплового насосу помісячно на рисунку 3.15.

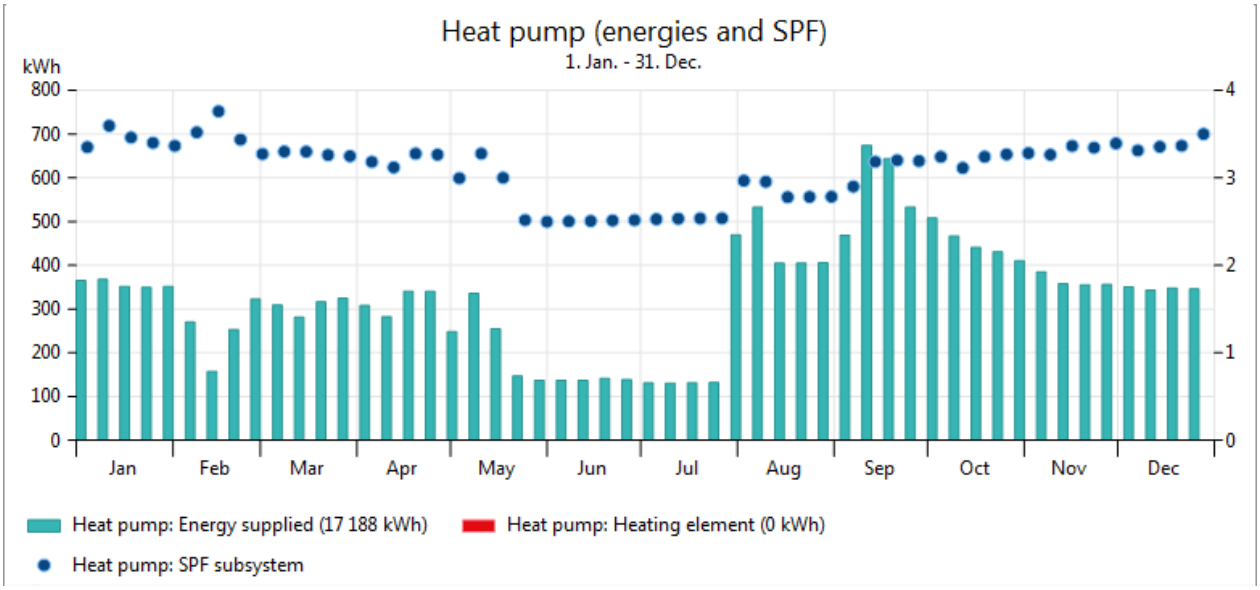


Рисунок 3.15 – Продуктивність теплового насоса з горизонтальним колектором протягом року

Тепловий насос типу «повітря-вода»

Вище перелічені і проаналізовані теплові насоси є гарними варіантами для забезпечення потреб у опаленні та гарячому водопостачанні навчального корпусу, але є труднощі з їхнім встановленням. Території, що розташована поблизу корпусу, може не вистачити для встановлення всього обладнання ґрунтових теплових насосів. Тому ми обираємо ТН типу «повітря-вода», оскільки він є компактнішим за місцем встановлення, доступнішим в експлуатації та має покращені характеристики.

Для початку обираємо підходящу схему для опалення та гарячого водопостачання (рис. 3.16).

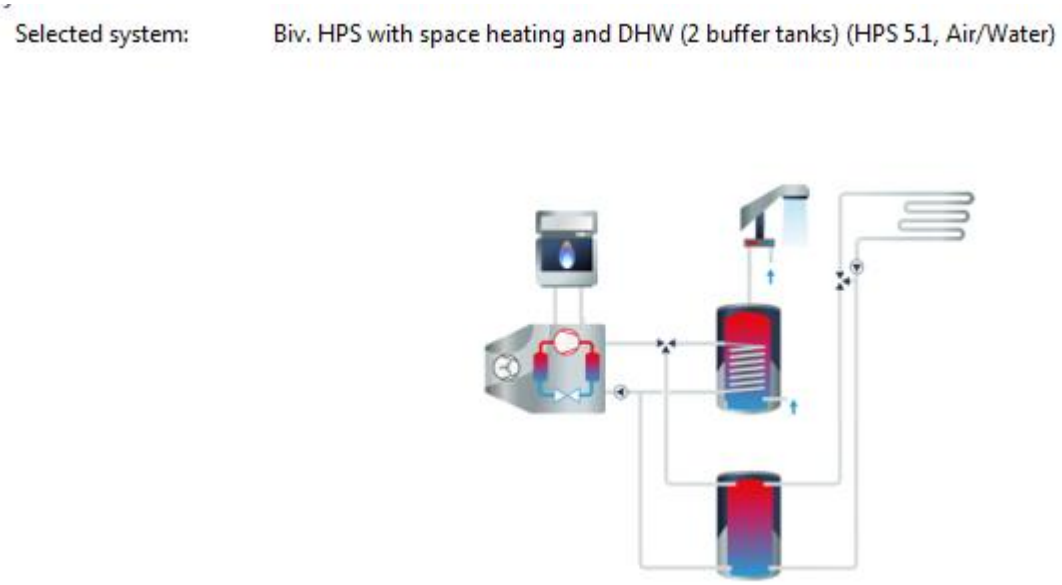


Рисунок 3.16 – Тепловий насос для опалення та гарячого водопостачання

Для вибору ТН в розділі Опалення ми задаємо параметри будівлі, які необхідні для опалення та подальшого проектування за допомогою програмного забезпечення.

В розділі ГВП та Бак ГВП також задаємо необхідні параметри. На рисунках 3.17 – 3.18 покажемо параметри, які задали.

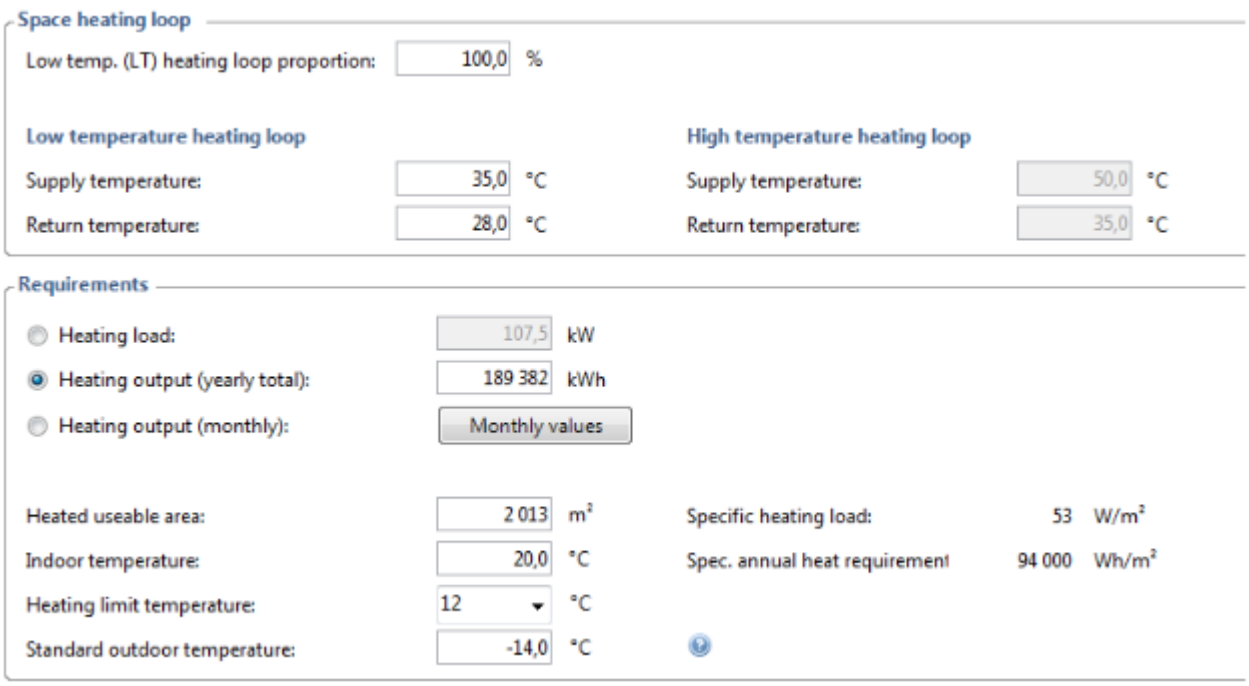


Рисунок 3.17 – Розрахунок опалення

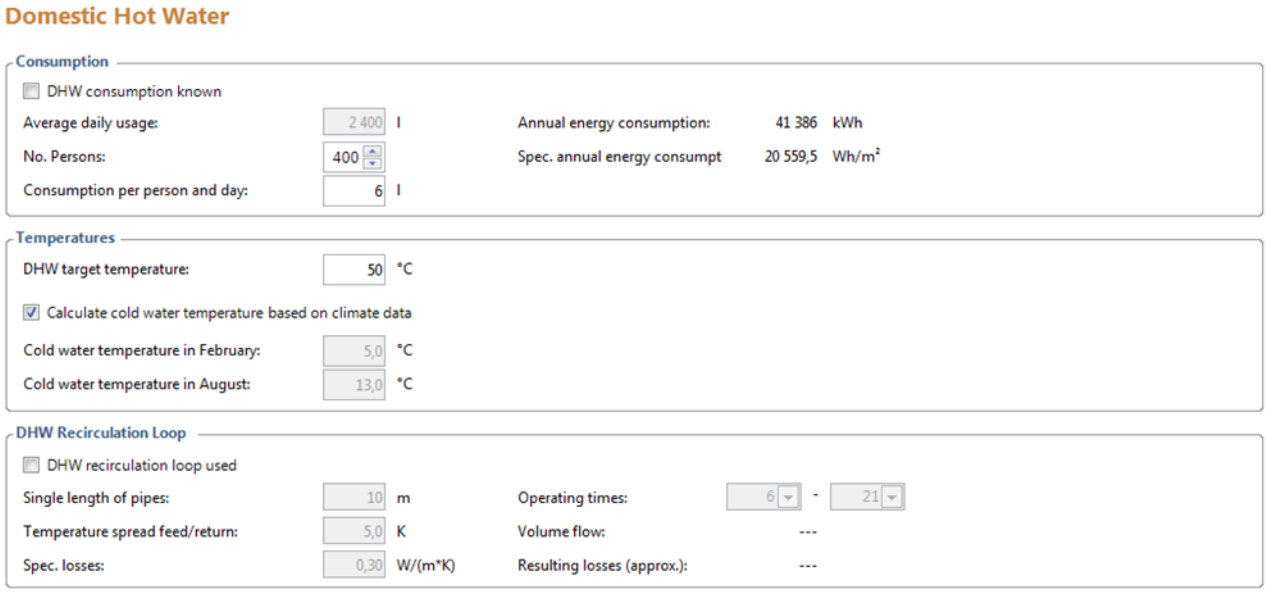


Рисунок 3.18 – Розрахунок ГВП

У програмі після аналізу всіх введених даних, був підібраний ТН від компанії WATERKOTTE GmbH – EcoTouch Air Kaskade 5120.5. Характеристики ТН зображені на рисунку 3.19.

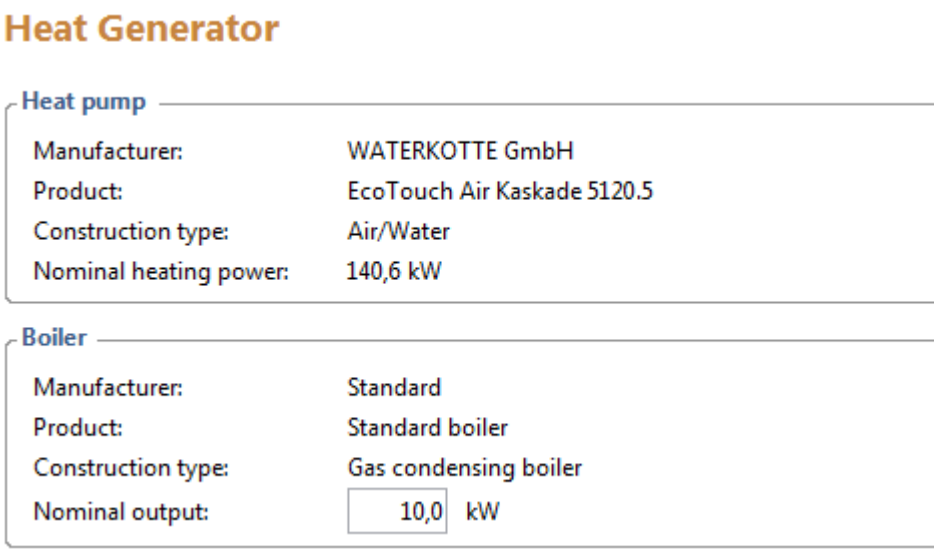


Рисунок 3.19 – Розрахунок теплового насоса

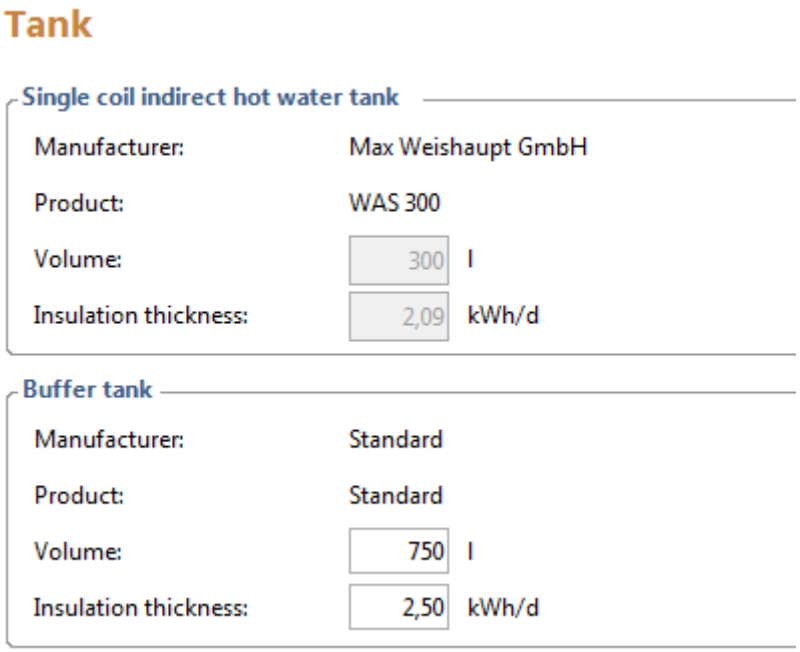


Рисунок 3.20 – Розрахунок баку (Tank)

Після моделювання GeoTSol показав, що обрана система теплових насосів вибрана правильно і забезпечить на 100% потреби в гарячій воді та опаленні навчальний корпус №16.

Досягнуті результати показано на рисунку 3.21

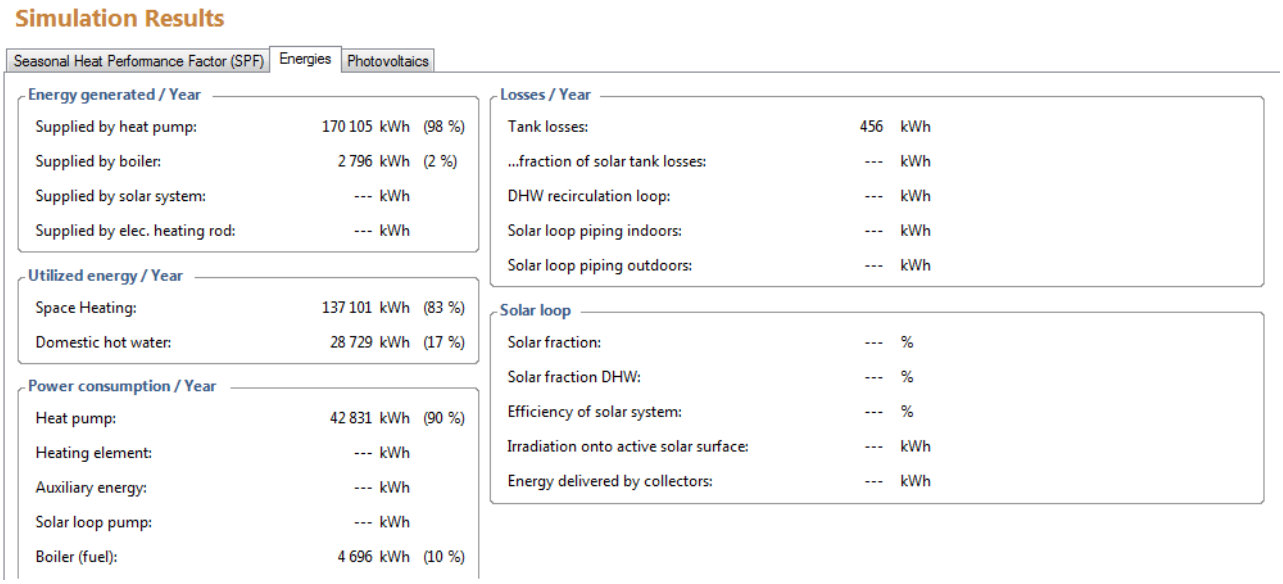


Рисунок 3.21 – Результати симуляції

З результатів симуляції можна сказати, що потужності даного теплового насосу вистачить для покриття системи опалення та ГВП. Також бачимо, що середньорічний COP = 3,97, що є гарним показником для теплового насоса типу «повітря-вода» і кращим результатом серед досліджуваних типів теплових насосів (рис. 3.22).

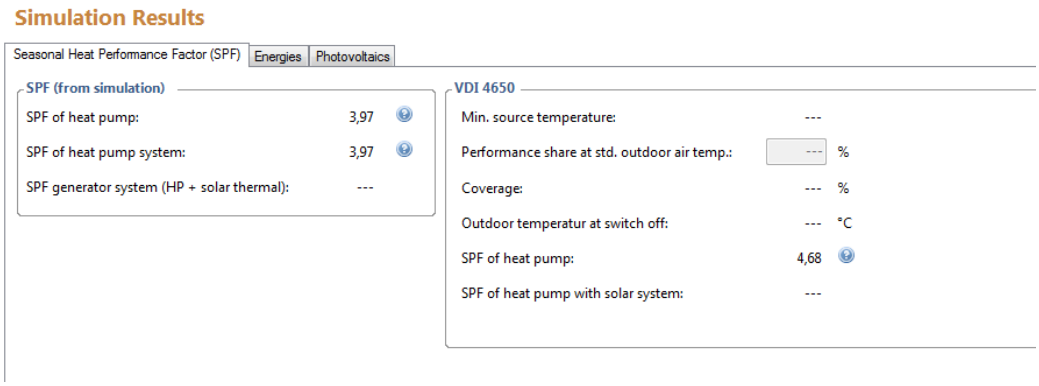


Рисунок 3.22 – Результат визначення COP

Розглянемо графік продуктивності теплового насосу помісячно на рисунку 3.23.

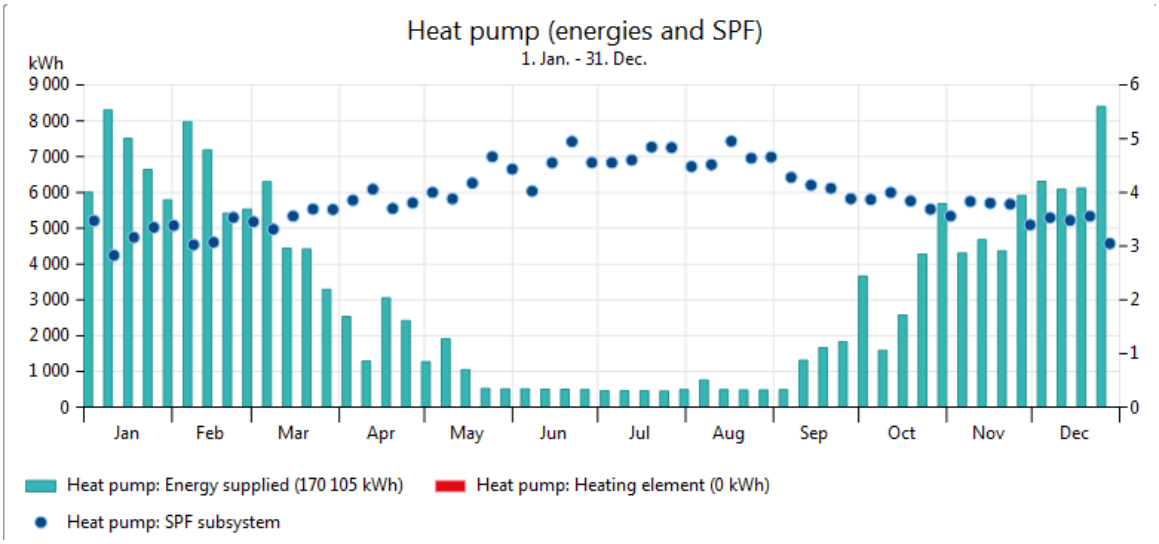


Рисунок 3.23 – Продуктивність теплового насоса «повітря-вода»

Фінансові розрахунки зведемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Орієнтовні фінансові розрахунки

№	Найменування	Вартість, тис. Грн
1	Вартість теплового насоса для ГВП та опалення	1279,215
2	Монтаж теплового насоса для ГВП та опалення	160,6
3	Вартість додаткового обладнання для монтажу автономної системи ГВП	400
4	Вартість додаткового обладнання для монтажу автономної системи опалення	1260
5	Проект автономної системи ГВП	35
6	Проект автономної системи опалення	35
7	Всього за ГВП та опалення	3169,815

З рисунку 3.23 видно, що система теплового насосу використовується цілий рік, але з різною потужністю. Наприклад, у січні та грудні виробляє максимальну кількість теплової енергії, а влітку працює лише на забезпечення ГВП.

Для розрахунку періоду окупності були взяті такі вихідні дані:

Обслуговування відбувається раз в 2,5 роки, його ціна 40 000 грн. Витрати на систему ТН, монтаж та відповідну документацію становлять – 3 169 815 грн.

Вартість оплати опалення без теплового насосу, при тарифі 1654,41 грн/Гкал:

$$Е_{грн(без\ ТН)} = Е_{тепло} \cdot Т = 162{,}84 \cdot 1654{,}41 = 269404{,}12\ грн/рік$$

$Е_{тепло}$ – річне споживання теплової енергії за 2019 рік – 162,84 Гкал.

Вартість оплати опалення з наявним тепловим насосом, при тарифі 2,1 грн/кВт·год (станом на 2019 рік):

$$Е_{грн(з\ ТН)} = \frac{Е_{тепло}}{СОР \cdot Т} = \frac{189382{,}92}{3{,}75 \cdot 2{,}1} = 24048{,}63\ грн/рік$$

Рахуємо річну економію грошей, грн/рік:

$$Е_{грн} = Е_{грн(без\ ТН)} - Е_{грн(з\ ТН)} = 269404{,}12 - 24048{,}63 = 245355{,}49\ грн/рік$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$Т = \frac{К}{Е_{грн}} = \frac{3169815}{245355{,}49} = 13\ років$$

3.5 Підбір ТН у програмному забезпеченні RETScreen

RETScreen – програмне забезпечення яке застосовується в системі енергетичного менеджменту для моделювання, розрахунку проектів з енергозбереження [7]. За допомогою цього програмного продукту можна провести контроль продуктивності різних об’єктів і визначити можливості економії виробництва енергії з відновлювальних джерел енергії.

Щоб порівняти результати моделювання з GeoTSol, виконаємо розрахунок системи теплопостачання у даній програмі. Для початку обираємо тип проекту та місце знаходження будівлі, як показано на рисунку 3.24.

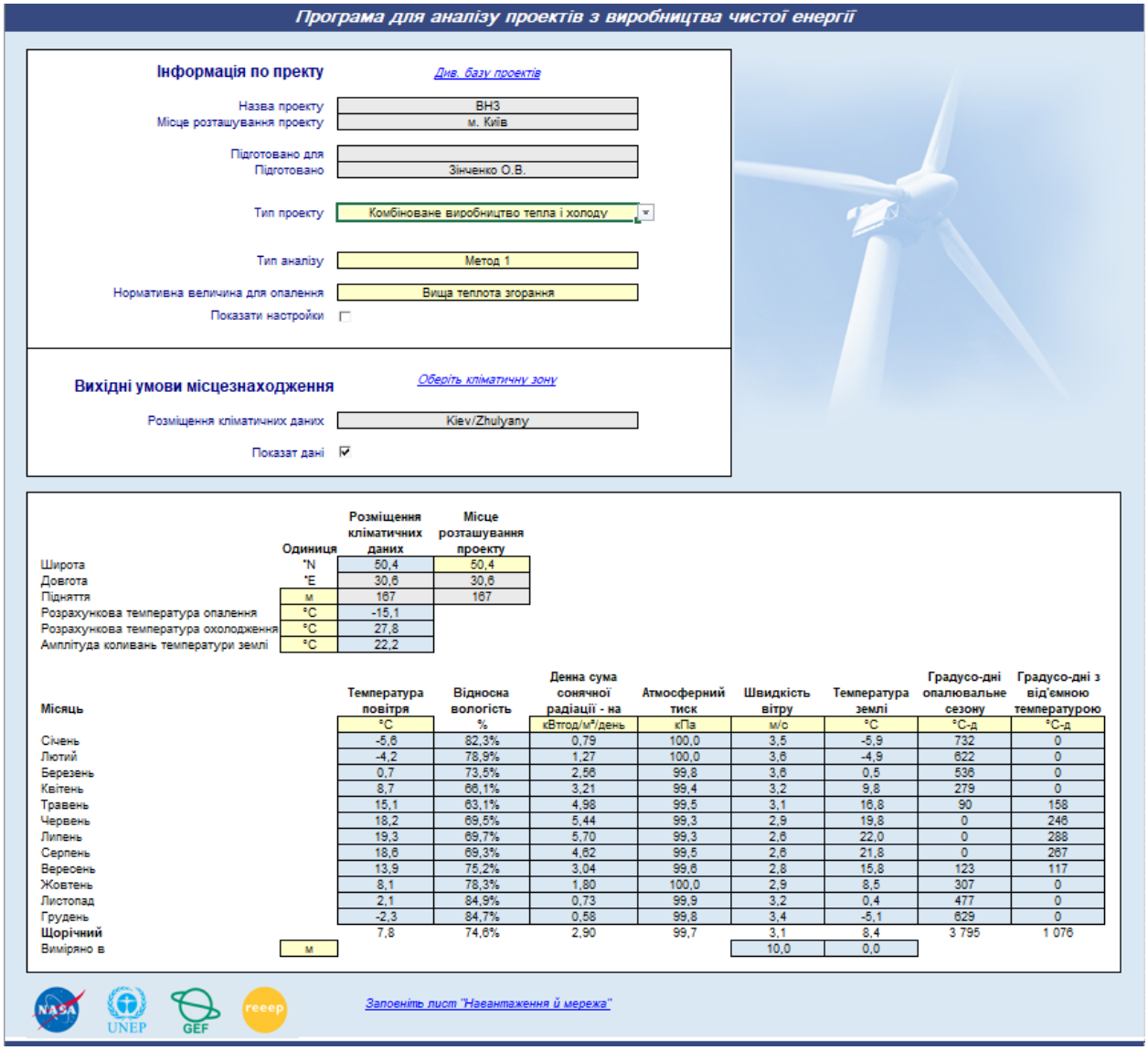


Рисунок 3.24 – Вихідні умови місцезнаходження

На наступному етапі заповнюємо лист «Навантаження й мережа» згідно параметрів нашої будівлі (рис. 3.25 – 3.27)

Проектування навантаження і мереж RETScreen -Проект з комбінованого виробництва тепла і холоду

Проект теплопостачання	Одиниця	
Приклад системи опалення	Окрема будівля - тепло для опалення	
Опалювальна площа в будівлі	м²	2 013
Вид палива		Електроенергія
Сезона ефективність	%	80%
Розрахунок теплового навантаження		
Теплове навантавження будівлі	Вт/м²	92,9
Базова потреба в гарячій воді для комунального теплопостачання	%	30%
Сумарне споживання тепла	МВт·год	548
Сумарне пікове опалювальне навантаження	кВт	187,0
Споживання палива - щорічне	МВт·год	685
Вартість палива	$/кВт·год	0,070
Вартість палива		$ 47 953
Заходи з енергозбереження в запропонованому випадку		
Заходи з енергозбереження в кінцевого споживача	%	
Корисне пікове теплове навантаження	кВт	187,0
Чисте споживання тепла	МВт·год	548

Проект з охолодження	Одиниця	
Приклад охолоджувальної системи	Окрема будівля - кондиціювання приміщень	
Охолоджувальна площа в будівлі	м²	
Вид палива		Електроенергія
ККД - сезонний		
Розрахунок охолоджувального навантаження		
Охолоджувальне навантаження в будівлі	Вт/м²	
Охолодження, незалежне від погоди	%	
Сумарне споживання охолодження	МВт·год	-
Сумарне пікове навантаження охолодження	кВт	0,0
Споживання палива - щорічне	МВт·год	0
Вартість палива	$/кВт·год	
Вартість палива		$ -
Заходи з енергозбереження в запропонованому випадку		
Заходи з енергозбереження в кінцевого споживача	%	
Корисне пікове навантаження при охолодженні	кВт	0,0
Чиста споживання охолодженні	МВт·год	0

Рисунок 3.25 – Вихідні дані енергоспоживання навчального корпусу №16

Базові характеристики навантаження

Місяць	Середнє навантаження охолодження кВт	Опалювальне середнє навантаження кВт
Січень	0	143
Лютий	0	117
Березень	0	86
Квітень	0	49
Травень	0	25
Червень	0	15
Липень	0	15
Серпень	0	15
Вересень	0	30
Жовтень	0	52
Листопад	0	76
Грудень	0	106
Пікове навантаження - за рік	0	187

Рисунок 3.26 – Базові характеристики навантаження

Запропоновані характеристики навантаження

Місяць	Охолоджуюче навантаження системи кВт	Опалювальне корисне середнє навантаження кВт
Січень	0	143
Лютий	0	117
Березень	0	86
Квітень	0	49
Травень	0	25
Червень	0	15
Липень	0	15
Серпень	0	15
Вересень	0	30
Жовтень	0	52
Листопад	0	76
Грудень	0	106
Пікове навантаження - за рік	0	187

Навантаження та споживання в запропонованій		Опалення	Охолодження
Пікове навантаження системи	кВт	187	0
Споживання енергії в системі	МВт·год	548	0

Рисунок 3.27 – Запропоновані характеристики навантаження

Після отриманих результатів переходимо до заповнення «Енергетичної моделі» (рис. 3.28 - 3.30).

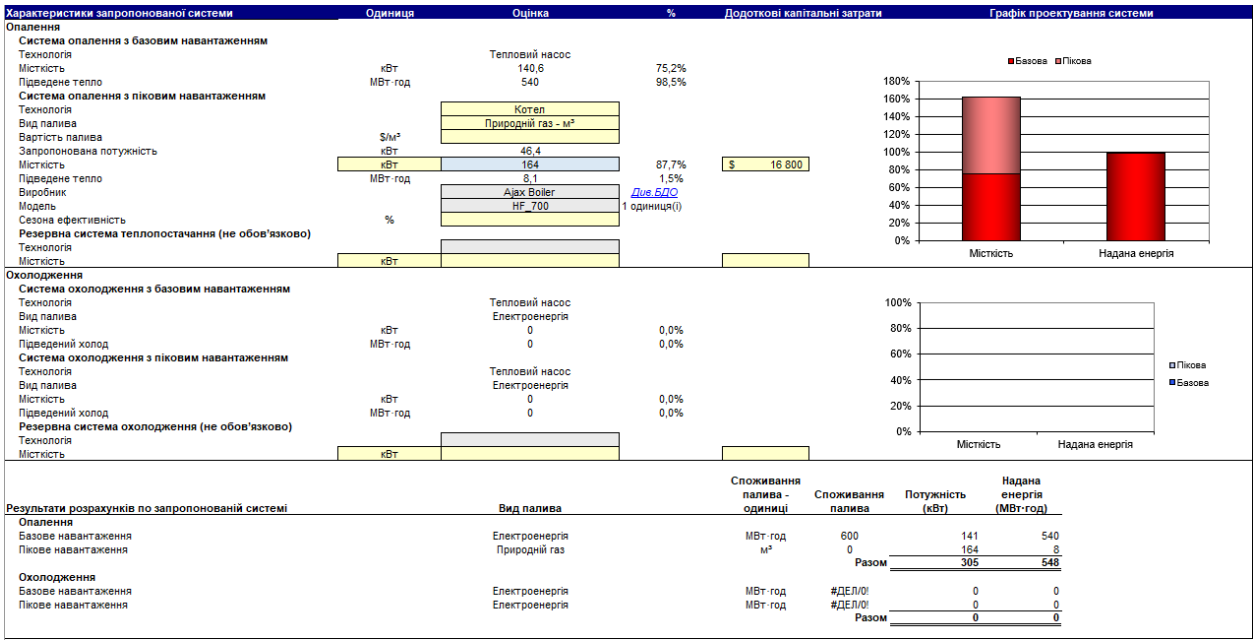
Запропонована система охолодження — **Додаткові капітальні затрати**

Система охолодження з базовим навантаженням					
Технологія	Тепловий насос				*Показати фігури*
Вид палива	Електроенергія				
Вартість палива	$/МВт·год	0,000			
Місткість	кВт		#ДЕЛ/0!		*Дивіться Базу даних обладнання*
ККД - сезонний					
Виробник	WATERKOTTE GmbH				
Модель	EcoTouch Air Kaskade 5120.5.		1 одиниця(і)		
Підведений холод	МВт·год	0	#ДЕЛ/0!		
Система охолодження з піковим навантаженням	Система з піковим навантаженням не потрібна				
Технологія	Тепловий насос				
Вид палива	Електроенергія				
Вартість палива	$/МВт·год				
Запропонована потужність	кВт	0,0			
Місткість	кВт		#ДЕЛ/0!		*Дивіться Базу даних обладнання*
ККД - сезонний					
Виробник	WATERKOTTE GmbH				
Модель	EcoTouch Air Kaskade 5120.5.		1 одиниця(і)		
Підведений холод	МВт·год	0	#ДЕЛ/0!		

Запропонована система опалення — **Додаткові капітальні затрати**

Вибір системи	Система базового навантаження				
Система опалення з базовим навантаженням					
Технологія	Тепловий насос				
Метод вибору палива	Один вид палива				
Вид палива	Електроенергія				
Вартість палива	$/МВт·год	0.00007			
Тепловий насос					
Місткість	кВт	140,6	75,2%	$ 53 750	*Дивіться Базу даних обладнання*
Підведене тепло	МВт·год	540	98,5%		
Виробник	WATERKOTTE GmbH				
Модель	EcoTouch Air Kaskade 5120.5.		1 одиниця(і)		
Сезона ефективність	%	90%			
Необхідне паливо	ГДж/год	0,6			

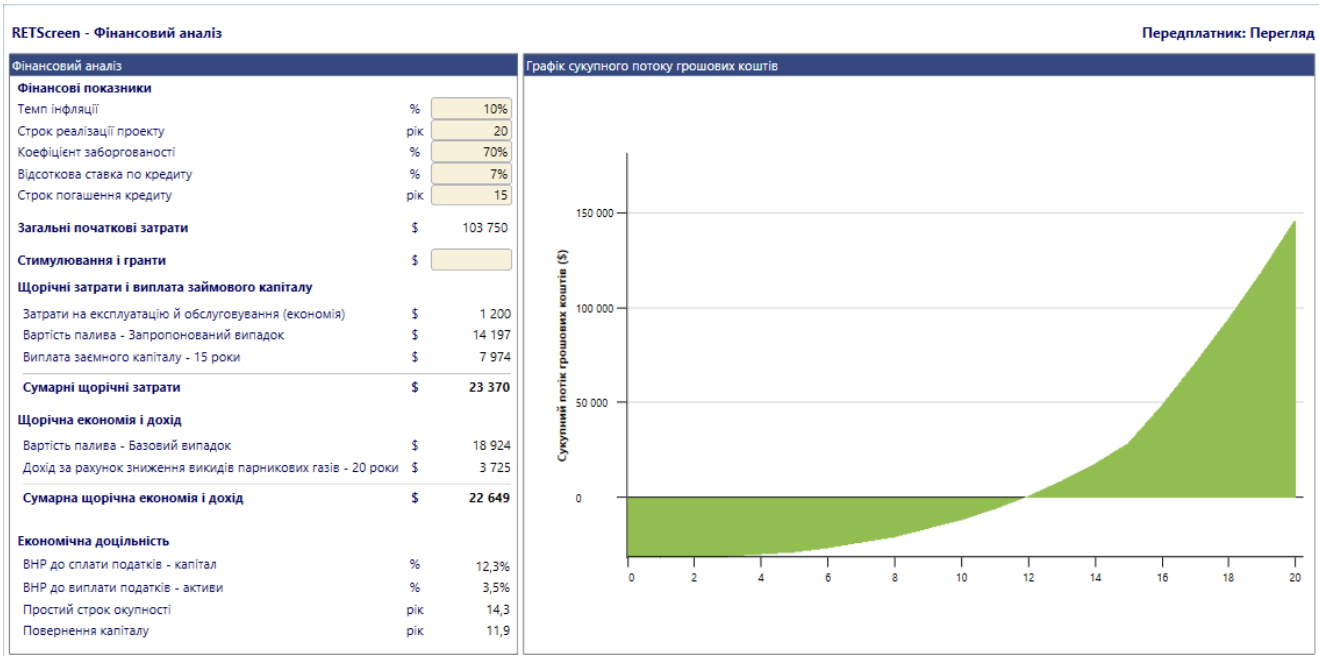
Рисунок 3.28 – Запропонована система опалення та охолодження



Характеристики запропонованої системи	Одиниця	Оцінка	%	Додаткові капітальні затрати
Опалення				
Система опалення з базовим навантаженням				
Технологія		Тепловий насос		
Місткість	кВт	140,6	75,2%	
Підведене тепло	МВт·год	540	98,5%	
Система опалення з піковим навантаженням				
Технологія		Котел		
Вид палива		Природній газ - м³		
Вартість палива	$/м³			
Запропонована потужність	кВт	46,4		
Місткість	кВт	164	87,7%	$ 16 800
Підведене тепло	МВт·год	8,1	1,5%	
Виробник		Ajax Boiler	Див.БДО	
Модель		HF_700	1 одиниця(і)	
Сезона ефективність	%			
Резервна система теплопостачання (не обов'язково)				
Технологія				
Місткість	кВт			
Охолодження				
Система охолодження з базовим навантаженням				
Технологія		Тепловий насос		
Вид палива		Електроенергія		
Місткість	кВт	0	0,0%	
Підведений холод	МВт·год	0	0,0%	
Система охолодження з піковим навантаженням				
Технологія		Тепловий насос		
Вид палива		Електроенергія		
Місткість	кВт	0	0,0%	
Підведений холод	МВт·год	0	0,0%	
Резервна система охолодження (не обов'язково)				
Технологія				
Місткість	кВт			

Результати розрахунків по запропонованій системі	Вид палива	Споживання палива - одиниці	Споживання палива	Потужність (кВт)	Надана енергія (МВт·год)
Опалення					
Базове навантаження	Електроенергія	МВт·год	600	141	540
Пікове навантаження	Природній газ	м³	0	164	8
			Разом	**305**	**548**
Охолодження					
Базове навантаження	Електроенергія	МВт·год	#ДЕЛ/0!	0	0
Пікове навантаження	Електроенергія	МВт·год	#ДЕЛ/0!	0	0
			Разом	**0**	**0**

Рисунок 3.29 – Характеристики запропонованої системи



RETScreen - Фінансовий аналіз — **Передплатник: Перегляд**

Фінансовий аналіз		
Фінансові показники		
Темп інфляції	%	10%
Строк реалізації проекту	рік	20
Коефіцієнт заборгованості	%	70%
Відсоткова ставка по кредиту	%	7%
Строк погашення кредиту	рік	15
Загальні початкові затрати	$	103 750
Стимулювання і гранти	$	
Щорічні затрати і виплата займового капіталу		
Затрати на експлуатацію й обслуговування (економія)	$	1 200
Вартість палива - Запропонований випадок	$	14 197
Виплата заємного капіталу - 15 роки	$	7 974
Сумарні щорічні затрати	**$**	**23 370**
Щорічна економія і дохід		
Вартість палива - Базовий випадок	$	18 924
Дохід за рахунок зниження викидів парникових газів - 20 роки	$	3 725
Сумарна щорічна економія і дохід	**$**	**22 649**
Економічна доцільність		
ВНР до сплати податків - капітал	%	12,3%
ВНР до виплати податків - активи	%	3,5%
Простий строк окупності	рік	14,3
Повернення капіталу	рік	11,9

Рисунок 3.30 – Аналіз викидів ПГ та фінансовий аналіз проекту

Після введення всіх параметрів, проводимо моделювання нашої системи. Результати показують, що обраний тепловий насос повністю задовольнить потреби навчального корпусу в опаленні, ГВП та охолодженні.

Висновки до розділу

Був проведений огляд та аналіз різних видів теплових насосів по типу їх роботи, доцільності встановлення та визначили тип, який підходить для встановлення в навчальний корпус.

Для покриття опалення та навантаження на систему ГВП було обрано та змодельовані 3 системи теплових насосів типу «повітря – вода» та «ґрунт-вода».

Аналізуючи систему, яку моделювали в програмному забезпеченні GeoTSol було вибрано тепловий насос типу «повітря – вода», який найкраще підходить по параметрам задоволення потреб енергетичної системи навчального корпусу. Початкові інвестиції склали 3 169 815 грн для системи ГВП та опалення. Загальний строк окупності склав 13 років.

Аналізуючи розрахунки у програмі RETScreen, також було обрано тепловий насос типу «повітря-вода» від компанії WATERKOTTE GmbH – EcoTouch Air Kaskade 5120.5. Як і в GeoTSol, розрахунки показали, що обраний тепловий насос максимально задовольнить енергопотреби навчального корпусу №16 і, враховуючи економію на оплаті за енергію, термін окупності складатиме 14,3 роки.

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

4.1 Опис поточного стану

Попередній аудит показав, що система енергоменеджменту в університеті є, але в даному навчальному корпусі немає людини, відповідальної за систему енергоменеджменту та моніторингу, тому основним завданням системи є ефективне управління та контроль використання енергії. Система може ефективно використовувати енергію для того ж процесу, але значно заощадити, не погіршуючи комфорт людей.

4.2 Заходи з впровадження СЕМ

Метою енергетичного менеджменту є забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. Це досягається через облік, аудит, перевірку та аналіз використання енергії.

Система процедур енергетичного моніторингу регулярно перевіряє споживання енергії та умови роботи будівель.

Запровадження енергетичної політики є необхідним кроком для забезпечення дотримання енергетичної політики персоналом і відвідувачами корпусу, підвищуючи загальну обізнаність про СЕМ.

Щоб впровадити СЕМ для навчального корпусу №16, необхідно залучити фахівців, відповідальну особу і створити відділ енергетичного менеджменту у корпусі. Це дозволить продовжувати моніторинг енергетичних систем корпусу та ефективне управління енергетичними ресурсами.

Усі повинні бути зацікавлені в ефективному впровадженні СЕМ. Це пов’язано з тим, що СЕМ буде продовжувати розвиватися за допомогою їхньої допомоги та показників моніторингу, а навчальний корпус може стати

чудовим прикладом того, як кожен енергетичний ресурс використовується ефективно.

Кожен працівник повинен пояснити, як працює система енергоменеджменту та чому вона корисна для всіх гостей і співробітників. Він також повинен розповісти про мету та результати, які буде досягнуто.

Щоб мотивувати працівників і мотивувати їх до ефективного використання ресурсів, необхідні плани мотивації та мотивації.

Основні напрями використання систем енергоменеджменту в дошкільних закладах для збереження енергії:

- зменшення втрат на нагрівання інфільтрованого повітря шляхом установки дверних доводчиків у фойє та вхідній групі;
- нагляд за відкритими вікнами та квартирами;
- проведення лекцій щодо зменшення втрат енергії через людський фактор (вимкнення світла, обладнання, що не використовується);
- впровадження системи винагород;
- встановлення аераторів на змішувачі та крани.

Висновки до розділу

Цей розділ містить поради щодо впровадження системи управління енергоспоживанням навчального корпусу №16. Одним із важливих кроків до підвищення енергоефективності є впровадження системи енергоменеджменту, яка використовує найновіші технологічні рішення. Енергетичний моніторинг дозволяє керувати споживанням енергії, проводити аналіз даних і приймати розумні рішення щодо управління споживанням енергії.

Впровадження цього заходу може призвести до економії енергоспоживання близько 10-20%, споживання електричної, теплової енергії та ГВП.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ КОРПУСІ №16

Розробка нових товарів є актуальною як у всьому світі, так і в Україні. Зростає кількість інноваційних ідей завдяки інструментам комунікацій, які спростили систему пошуку ресурсів, технологій, споживачів і виробників. Стартап-ринок зростає.

Стартапи, що походить від слова «стартап», що означає «запуск», є новими проектами, які розвиваються в умовах нестачі фінансування та шукають найкращі бізнес-ідеї. Стартапи також включають розробку нових товарів або послуг, а також технології для їх виробництва[8].

Ідея стартапу полягає в аналізі та доцільності встановлення теплового насоса. Стартап-проект спрямований на те, щоб працювати з різного роду інструментами задля підвищення енергозбереження в будівлях житлового та нежитлового призначення, котрі мають свої особливості.

За допомогою маркетингового аналізу та оцінки можливостей їх ринкового впровадження розділ має на меті визначити перспективність науково-технічних рішень і пропозицій, запропонованих у цій роботі[8].

5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

З початку розробки стартап-проекту доцільно буде обґрунтувати цілі кожного з етапів його реалізації, які буде наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Цілі основних етапів реалізації проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
1	2
Початковий етап	Дослідження потреб і вимог клієнтів, проблем і технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища, проектування різноманітних систем

Продовження таблиці 5.1

1	2
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, вирішення певних суперечностей у поточних технологічних процесах, вдосконалення діючих технологій, впровадження нового обладнання та автоматики тощо
Етап аналізу конкурентного середовища	Визначення потенційних конкурентів-виробників, які виробляють або пропонують подібне обладнання або технології, і проведення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг і недоліків реалізації запропонованої концепції
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Визначення необхідної кількості матеріальних, трудових та капітальних ресурсів, технології, устаткування та реалізації проекту
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та цін реалізації інноваційної ідеї
Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів для фінансування стартап-проекту
Маркетинговий етап реалізації проекту	Проектування каналів збуту продукту для стартап-проекту, залучення потенційних клієнтів і визначення необхідних сегментів ринку

5.2 Опис ідеї стартап-проекту

У таблиці 5.2 представлено опис головної ідеї проекту, а також розкривається зміст та вигоди для користувача.

Таблиця 5.2 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Основою цієї ідеї є встановлення теплового насосу з застосуванням комп’ютерного забезпечення для житлових будівель, закладів вищої освіти та нежитлових приміщень	Житлові будівлі, ВНЗ, нежитлові приміщення	-підвищення рівня енергоефективності; -децентралізація системи теплопостачання; - зменшення економічних витрат на опалення та ГВП; - часткова або повна автономність теплопостачання

Головним напрямком застосування цього стартапу – це житлові будинки, ВНЗ та підпорядковані будівлі, які мають систему централізованого теплопостачання, а також потребують постачання гарячої води упродовж цілого року.

5.3 Проведення аналізу конкурентного середовища

До прямих конкурентів можна віднести фірми, котрі продають теплові насоси і працюють на устаткуванні, яке виконує подібні функції, але з різними показниками. Щодо потенційних конкурентів, то це можуть бути виробники та фірми по встановленню сонячних колекторів. Оскільки відбувається популяризація використання енергоефективних джерел енергії, то конкуренція є доволі високою.

Виконаємо аналіз конкурентного середовища, визначимо слабкі та сильні сторони проекту і занесемо результати до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Аналіз конкурентного середовища проекту

№ п/п	Економіко-технічні характеристики даної ідеї	Власний проект по тепловим насосам	Газові котельні	Сонячні колектори	Сонячні панелі	W (слабкі сторони)	S (сильні сторони)	N (нейтральні сторони)
1	ККД системи, %	91-95	94-99	85-90	>85			+
2	Можливість введення автоматизації	Є	Є	Є	Є		+	
3	Економічність	Висока	Висока	Середня	Середня		+	
4	Енергоефективність	Висока	Висока	Висока	Середня			+
5	Екологічність	Висока	Висока	Висока	Висока		+	
6	Доступність	Середня	Середня	Середня	Висока		+	
7	Незалежність від політичної ситуації	Середня	Низька	Висока	Висока		+	

Тепловий насос можна використовувати для автономного опалення житла та комерційних будівель. Цей пристрій також використовується для нагріву та подачі води. До головних його переваг можна віднести: економічна доцільність встановлення, екологічність та компактність. Теплові помпи, використовуючи тепло повітря, води та землі, перетворюють їхню температуру на чисту енергію. Без капітального ремонту ТН здатний працювати близько 10-15 опалювальних сезонів. У порівнянні з іншими системами, даний показник є доволі високим. ТН працює автоматично і не потрібно втручатися та постійно стежити за його роботою. Огляд системи достатньо проводити кожен сезон. Також має мінімальні витрати на електроенергію. Електрика необхідна для роботи компресора, який споживає близько 20-25 % від загальної кількості енергії, решта береться від природних джерел енергії. Є і свої недоліки, до яких можна віднести підвищення вартості ТН. Однак, витративши кошти на придбання теплового насоса, в подальшому можливо буде економити на його експлуатації та вартості енергоресурсів. Доцільно використовувати ТН у будівлях з хорошою теплоізоляцією.

Також у ході реалізації даного проекту доцільно буде здійснити SWOT-аналіз можливостей реалізації та потенційних загроз. Цей аналіз дозволить упорядкувати процес формування бізнес-ідеї. На основі цього, в таблиці 5.4 виконаємо дану дію.

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз

Сильні сторони	**Слабкі сторони**
Надійність Компактність Автономність Мінімізація витрат на електроенергію Екологічність Зменшення ризиків пожежі	Вартісні первинні інвестиції на встановлення Дорога ціна
Можливості	**Загрози**
Забезпечення ГВП Забезпечення опалення Забезпечення охолодження влітку Забезпечення комбінованої роботи з різними типами котлів	Збільшення у споживанні електроенергії

5.4 Опис ресурсозабезпечення стартап-проекту

Величину необхідних капіталовкладень для нашого проекту узагальнимо в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Капіталовкладення на реалізацію стартап-проекту

Стаття капіталовкладень	**Вартість, грн**
Прямі матеріальні затрати	795 600
Обладнання для теплового насоса	195 600
Додаткове обладнання ТН	400 000
Обладнання для офісу та інструменти для працівників	200 000
Прямі затрати на оплату праці у виробництві	170 000
Соціальні зарахування до ПФУ – 22% від заробітної плати працівників на виробництві	37 400
Інші прямі витрати:	24 000
- Витрати на послуги від сторонніх підприємств (оренда, охорона, маркетинг тощо)	24 000
Загальновиробничі витрати	1 000
Всього капіталовкладень на реалізацію	1 028 000

5.5 Ключові види діяльності стартап-проекту

Ключові види діяльності, що надаються даним стартап-проектом наведемо у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Вид діяльності	Опис діяльності	Результат
Розрахунок оптимальної системи опалення та ГВП	Проведення аналізу об'єкта, розрахунок його енергетичних параметрів та підбір відповідного теплового насоса	➢ Презентація пропозиції замовнику; ➢ Розрахунок кошторису даного проекту; ➢ Підписання договору про надання послуг замовнику
Встановлення теплового насоса та допоміжного обладнання	➢ Підготовка місця для встановлення; ➢ прокладання кабельної лінії; ➢ монтаж обладнання; ➢ приєднання до внутрішньої системи теплопостачання; ➢ Налаштування обладнання і здійснення пускових робіт	Готова система теплопостачання для подальшої експлуатації на об'єкті
Проведення підготовчих курсів та навчання персоналу	Проведення повного навчання персоналу задля набуття навичок роботи з обладнанням	Навчений та підготовлений персонал до роботи
Проведення сервісного гарантійного обслуговування	Усунення всіх недоліків та поломок в процесі експлуатації обладнання і подальша консультація	Готовий до роботи тепловий насос

У стартап-проекті передбачена робота з партнерами. Інформація про залучених партнерів та їхні завдання узагальнимо в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Ключові партнери у проекті

Інформація	Ключовий партнер
1	2
Офіційна назва організації	Viessmann Climate Solutions SE
Місце розташування організації	Viessmannstraße 1, D-35108 Allendorf (Eder), Deutschland

Продовження таблиці 5.7

1	2
Офіційна адреса організації	Viessmannstraße 1, D-35108 Allendorf (Eder), Deutschland
Електронна пошта партнера	info@viessmann.com
Контактний телефон	+49 6452 70-0
Роль організації у проекті	Постачання необхідного обладнання
Завдання організації	Імпорт устаткування, виготовлення теплових насосів та допоміжного обладнання

5.6 Фінансове обґрунтування проекту

На основі обґрунтування необхідних витрат формуємо собівартість реалізації бізнес-ідеї нашого стартап-проекту.

Розрахунки прямих матеріальних витрат наведемо у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Прямі матеріальні витрати на проект

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Обладнання для теплового насоса	грн.	97 800	2	195 600	2 347 200
2	Додаткове обладнання ТН	грн.	400 000	1	400 000	4 800 000
3	Обладнання для офісу та інструменти працівникам	грн.	200 000	1	200 000	200 000
Всього:					795 600	7 347 200

Проаналізуємо структуру персоналу та ФОП і занесемо отримані дані до таблиці 5.9[8].

Таблиця 5.9 – Структура персоналу та ФОП

№ п/п	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Менеджер з продажу	ставка	1	28 000	84 000	336 000
2.	Інженер	ставка	2	60 000	180 000	720 000
Разом				88 000	264 000	1 056 000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				19 360	58 080	232 320
ФОП				107 360	322 080	1 288 320
Виробничий персонал						
1.	Монтажник	ставка	5	120 000	360 000	1 440 000
Разом				120 000	360 000	1 440 000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				26 400	79 200	316 800
ФОП				146 400	439 200	1 756 800

Окрім основних прямих витрат ще наявні витрати на дослідження, розробку, оренду, комунальні послуги, кредити, послуги від сторонніх організацій тощо. Занесемо інші прямі витрати щодо нашого проекту у таблицю 5.10.

Таблиця 5.10 – Інші прямі витрати

Послуга	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		щомісячно	щорічно
1. Оренда приміщення	Угода	20 000	240 000
2. Послуги охорони	Угода	4 600	55 200
3. Рекламна кампанія	Угода	6 000	72 000
Разом		30 600	367 200

До умовно-змінних витрат відносять витрати на виробництво певного виду продукції. Величина їх змінюється залежно від зміни обсягу випуску продукції [8]. Умовно-змінні витрати для нашого проекту узагальнимо в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Умовно-змінні витрати проекту

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	Таблиця 5.8	795 600	795 600	2 386 800	7 347 200
2. ФОП виробничого персоналу	Таблиця 5.9	24 000	120 000	360 000	1 440 000
Разом:		819 600	915 600	2 746 800	8 787 200

До умовно-постійних виробничих витрат відносять витрати на обслуговування і управління виробництва, які залишаються незмінними або майже незмінними при зміні обсягів діяльності. До них відносять: амортизаційні відрахування, фонд оплати праці адміністративно-технічного персоналу з нарахуваннями, орендну плату підприємства, комунальний податок, збір за забруднення навколишнього природного середовища, витрати на пожежну сигналізацію, тощо [8]. Розрахунок умовно-постійних витрат підприємства записуємо до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Умовно-постійні витрати проекту

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	Таблиця 5.9	35 787	107 360	322 080	1 288 320
2. Оренда приміщення	Таблиця 5.10	6 667	20 000	60 000	240 000
3. Послуги охорони	Таблиця 5.10	1 533	4 600	13 800	55 200
4. Рекламна кампанія	Таблиця 5.10	2 000	6 000	18 000	72 000
Разом:		45 987	137 960	413 880	1 655 520

Також розраховуємо собівартість ідеї даного стартап-проекту і отримані дані вносимо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Собівартість ідеї проекту

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		на одиницю	на місяць	на квартал	на рік
1.Умовно-змінні витрати	Таблиця 5.12	819 600	915 600	2 746 800	8 787 200
2.Умовно-постійні (накладні) витрати	Таблиця 5.13	45 987	137 960	413 880	1 655 520
3. Собівартість ідеї	Пункт 1 + Пункт 2	865 587	1 053 560	3 160 680	10 442 720

5.7 Рівень рентабельності ідеї стартап-проекту

В умовах ринкової економіки величина прибутку повинна відображати відносини власності або інші фінансові зобов'язання [8]. Дані обґрунтування необхідного рівня прибутку ідеї стартап-проекту, для якої розраховується ціна узагальнюємо в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Рівень рентабельності товару/послуги

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1	2	3	4
1. Собівартість одиниці продукції	Таблиця 5.13	грн.	865 587
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		12
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7	грн.	9 895 916,38
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	6 974 724
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	526 780
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	263 390
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	105 356
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	158 034
2.6. Фінансовий резерв	(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)·0.05/0.95	грн.	422 541,26

Продовження таблиці 5.14

1	2	3	4
2.7. Податок на прибуток	(2.1+2.2+2.3+2.4+ 2.5)·0.18	грн.	1 445 091,12
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1·100%	%	11,43

5.8 Обґрунтування величини вартості виробництва пропонованого товару (послуги)

У даному розділі ми визначаємо величину ПДВ та ціни технології. Після проведення розрахунків узагальнюємо результат до таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Обґрунтування вартості та ціни товару (послуги)

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.13	грн.	865 587
2. Норма рентабельності	табл. 5.14	%	11,43
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 · п.2 / 100%	грн.	98 936,59
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	964 523,59
5. ПДВ	п.4·0,2	грн.	192 904,72
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4 + п.5	грн.	1 350 333,03

Проводимо маркетингове дослідження на продукти-аналоги і отримані результати записуємо до таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Порівняльний аналіз розрахованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Таблиця 5.15	грн.	1 350 333,03
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку	Маркетингове дослідження ринку		
- Мінімальна		грн.	1 200 000
- Максимальна		грн.	2 400 000
- Середня		грн.	1 700 000
3. Скоригована ціна реалізації товару			1 500 000

5.9 Цільова група потенційних споживачів товару (послуги)

Досліджуємо потенційних споживачів і заносимо до таблиці 5.17.

Таблиця 5.17 – Вибір цільових груп споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Заклади вищої освіти	У зв'язку із зростанням тарифів на електроенергію та теплову енергію, має місце техніко-економічне опрацювання енергозберігаючих технологій.	Так як більшість споруд ВНЗ в Україні мають централізоване опалення, тому конкуренція щодо встановлення альтернативних джерел енергії є досить високою	Оскільки конкуренція серед компаній, що працюють з закладами освіти є достатньою, увійти до даного сегменту не є великою проблемою і перевага буде саме у використанні ТН нижчої вартості з можливістю обслуговування різних об’єктів

5.10 Канали збуту

Формуємо систему збуту і отримані результати заносимо до таблиці 5.18.

Таблиця 5.18 – Система збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Замовник зацікавлений у зменшенні витрат на опалення та ГВП або ж у повному заміщенні централізованої системи опалення на автономну	- Збір інформації, котра необхідна для успішної реалізації продукту; - Створення та поширення відомостей про даний товар.	1. Пряма система збуту 2. Рекламна кампанія

5.11 Бізнес-модель стартап-проекту

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів [8].

Представимо структуру бізнес-моделі в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Структура бізнес-моделі обладнання

<table>
<tr><td rowspan="2">Ключові партнери:
Viessmann Climate Solutions SE</td><td>Ключові види діяльності:
- Розрахунок оптимальної системи опалення та ГВП;
- Встановлення теплового насоса та допоміжного обладнання;
- Проведення підготовчих курсів та навчання персоналу;
- Проведення сервісного гарантійного обслуговування;</td><td rowspan="2">Цінність пропозиції:

-підвищення рівня енергоефективності;
-децентралізація системи теплопостачання;
- зменшення економічних витрат на опалення та ГВП;
- часткова або повна автономність теплопостачання</td><td>Взаємовідносини з клієнтами:
Пряма взаємодія з клієнтами</td><td rowspan="2">Споживчі сегменти:
Житлові будівлі, заклади вищої освіти</td></tr>
<tr><td>Ключові ресурси:
1. Витрати на придбання обладнання
2. людські ресурси
3. фінансові ресурси (власні кошти та залучені інвестиції)</td><td>Канали збуту:
Прямий продаж та рекламна кампанія</td></tr>
<tr><td colspan="3">Структура собівартості:
1.Витрати разові (капітальні): 1 028 000
2.Витрати постійні 865 587
3.Витрати змінні: 45 987</td><td colspan="2">Потоки надходження доходу:
Продаж, встановлення та експлуатація теплових насосів і допоміжного обладнання</td></tr>
</table>

Висновки до розділу

У цьому розділі розробляється та оцінюється стартап-проект. Вихід на ринок є складним через монополістичну конкуренцію з великою кількістю компаній. Проект має багато переваг, і одним із найважливіших з них є те, що продукт має низьку вартість експлуатації.

Узагальнюючи основні техніко-економічні показники даного стартап-проекту, підводимо підсумки і результати заносимо до таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	12
Капіталовкладення, грн.	1 028 000
Собівартість продукції, грн.	865 587
Ціна продукту, грн.	1 350 333,03
Прибуток, грн.	484 746,03
Рентабельність, %	11,43
Коефіцієнт економічної ефективності	0,47
Період повернення капіталовкладень, років	2,12

ВИСНОВКИ

Було проаналізовано доцільність модернізації системи енергопостачання з використанням теплового насосу для навчального корпусу №16 “КПІ ім. Ігоря Сікорського”.

Було зроблено аналіз витрат коштів на енергоресурси та зроблені висновки, що найбільше коштів сплачується за споживання теплової та електричної енергії. Задля зменшення витрат за гаряче водопостачання та на систему опалення виконали низку заходів щодо її модернізації.

Були розглянуті всі діючі системи енергозабезпечення навчального корпусу №16. Був проведений первинний аналіз сучасного стану огороджувальних конструкцій, системи опалення, вентиляційної системи, системи водопостачання та водовідведення. Крім того, було обрано ефективні заходи з енергозбереження, а саме: встановлення тепловідбиваючої плівки за радіаторами опалення; утеплення зовнішніх стін будівлі теплоізоляційним матеріалом; утеплення підлоги, заміна кондиціонерів, встановлення датчиків руху та встановлення нових ламп.

Також у роботі був проведений розрахунок житлової будівлі за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель», де порахували сумарні теплонадходження, витрати будівлі, її потребу в енергії на опалення та охолодження. Клас енергоефективності корпусу згідно розрахунків – «G».

У результаті дослідження було визначено можливості модернізації системи енергопостачання, а також створено модель роботи системи за допомогою програмного забезпечення GeoTSol. Є можливість перейти на індивідуальне теплопостачання та відмовитися від централізованого.

Якщо порівнювати з поточною системою, можна твердо сказати, що перехід на індивідуальну систему теплопостачання з використанням теплового насоса є доцільною зміною системи теплопостачання. Це пояснюється тенденцією до зростання витрат на енергоносії.

Залежно від того, як вони працюють, теплові насоси були проаналізовані та визначені, який тепловий насос найкраще підходить для встановлення в навчальному корпусі №16.

Для покриття теплового навантаження та навантаження на систему гарячого водопостачання було обрано та проведено моделювання двох систем теплових насосів «ґрунт-вода» та однієї системи «повітря-вода».

Аналізуючи систему, яку моделювали в програмному забезпеченні GeoTSol, було обрано систему з тепловим насосом типу «повітря-вода», оскільки саме цей тепловий насос найкраще підходить по параметрам задоволення потреб енергетичної системи навчального корпусу №16. Початкові інвестиції склали 3 169 815 грн для системи ГВП та опалення, загальний строк окупності 13 роки відповідно.

Аналізуючи розрахунки у програмі RETScreen, також було обрано тепловий насос типу «повітря-вода» від компанії WATERKOTTE GmbH – EcoTouch Air Kaskade 5120.5. Як і в GeoTSol, розрахунки показали, що обраний тепловий насос максимально задовольнить енергопотреби навчального корпусу №16 і, враховуючи економію на оплаті за енергію, термін окупності складатиме 14,3 роки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Мандрика В.А.* Підвищення еколого-економічної ефективності комунального теплопостачання шляхом використання теплових насосів / В.А. Мандрика // Механізм регулювання економіки. – 2017. – №4. – С. 201-210.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 11с.
3. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання : навч. посіб. / В. В. Дубровська, В. І. Шкляр.– К: НТУУ «КПІ», 2011. – 116 с.
4. Правила улаштування електроустановок, - Київ, 2017.
5. ДСТУ-БА 2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – 2015. – (Державний стандарт України).
6. Теплові насоси (геотермальні системи) принцип роботи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: ecosvit.net/ua/teplovij-nasos-vidi-ta-zastosuvannya
7. RETScreen - Clean Energy Management Software [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465.
8. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу // Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С.94-101(Міжнародна індексація: Index Copernicus, Google Scholar, SIS).
9. Магістерська дисертація. Організація, вимоги до структури, змісту та оформлення. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В.

Дубровська, В.І. Шкляр, С.В. Бойченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 60 с.

10. ДСТУ 3063-95 «Насоси. Класифікація. Терміни та визначення».
11. Керівництво по підбору насосів [Електронний ресурс] – 2017 - Режим доступу до ресурсу: dab.com.ua/pdf/manual-dab-pumps.pdf
12. Тепловые насосы. Использование в жилых домах отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования и вентиляции - Б. М. Губов. – Тверь, 2013р.
13. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ.
14. GeoTSol – Valentin-software [Електронний ресурс] – 2023 – Режим доступу до ресурсу: https://valentin-software.com/produkte/geotsol/