

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз і техніко-економічне обґрунтування
способів теплопостачання спорткомплексу з
метою підвищення його ефективності

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18-1мд
спеціальності Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Мар'їна Анастасія Сергіївна
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н Бахтін В.У.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент головний інженер Сидоренко С.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)



Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Мар'їноі Анастасії Сергіївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Аналіз і техніко-економічне обґрунтування способів теплообсталяння спорткомплексу з метою підвищення його ефективності
керівник роботи Бахтін Валерій Іванович доцент, к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 20 19 року № 1536-С
- Строк подання студентом роботи _____
- Вихідні дані до роботи ССТ - замкнувся, розміри будівлі $a \cdot b \cdot h = 48,24 \cdot 3,8 \cdot 4$, $N = 50$; $A = \text{від } 1 \text{ до } 2,3$, $d = 0,9$, $B = 42,5$, $E_{\text{гр}} = 0,67$, $V_{\text{р}} = 0,07 \text{ м}^3/\text{м}^2$, $\rho_{\text{аер}} = 927 \text{ кг}/\text{м}^3$
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Визначення системи сонячного теплообсталяння; розрахунок потужності: електричного котла, сонячного колектору, електрики.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1 План першого поверху; 2 План другого поверху, план третього поверху; 3 План четвертого поверху, план даху. 4 Схема електропроводки, 5 Схема теплого напору Кудро PRO 221.6 біла теплоізоляція.
- Консультанти розділів роботи _____

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Загальна характеристика об'єкту дослідження	Бахтін В.У	
2	Розрахунок та вибір обладнання	Бахтін В.У	
3	Техніко-економічне обґрунтування	Бахтін В.У	
4	Охорона праці і техніка безпеки	Бахтін В.У	

7 Дата видачі завдання 02 вересня 2019 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика об'єкту дослідження	02.09.19 - 30.09.19	виконано
2	Розрахунок та вибір обладнання	01.10.19 - 30.10.19	виконано
3	Техніко-економічне обґрунтування	31.10.19 - 31.10.19	виконано
4	Охорона праці і техніка безпеки	22.10.19 - 28.11.19	виконано
5	Висновки. Оформлення диплому	29.11.19 - 26.12.19	виконано

Студент (підпис)

Марзіма А.С (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) (підпис)

Бахтін В.У (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис)

Канюков Ю.М. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Мар'їна А.С. Аналіз і техніко-економічне обґрунтування способів теплопостачання спорткомплексу , розташованого за адресою Василя Сергієнка 5б.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 –Теплоенергетика, науковий керівник Бахтін В.І. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Магістерська робота присвячена розробці енергозберігаючих заходів та вибору і впровадженню нових джерел теплопостачання спортивного комплексу.

Вивчення енергетичної ситуації України та аналіз роботи існуючої системи теплопостачання дозволили зробити висновок про необхідність заміни цієї системи. Після вивчення літератури було вибрано системи теплового насосу, електричного котла та сонячного колектора.

Ключові слова: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, АКТУАЛЬНІСТЬ, ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

ANNOTATION

Marina A.S. Analysis and feasibility study of the ways of heat supply to the sports complex located at Vasily Sergienko 5b.

Qualifying final work for the receipt of higher education master's degree after speciality of 144 - Thermal power, scientific leader Bakhtin V.I. Engineering Institute of Zaporizhzhya National University. Faculty of energy, electronics and information technologies, department of Thermal power and hydroenergetics, 2020.

The master's work is devoted to the development of energy-saving measures and the selection and implementation of new sources of heat supply to the sports complex.

Studying the energy situation in Ukraine and analyzing the operation of the

existing heat supply system made it possible to conclude that it is necessary to replace this system. After studying the literature, heat pump, electric boiler, and solar collector systems were selected.

Keywords: ENERGY SAVING, EFFICIENCY, ENERGY EFFICIENCY, RELEVANCE, ENERGY RESOURCES, ENVIRONMENTAL PROTECTION, HEAT SUPPLY, ALTERNATIVE SOURCES OF HEAT SUPPLY.

АННОТАЦИЯ

Марьина А.С. Анализ и технико-экономическое обоснование способов теплоснабжения спорткомплекса расположенного по адресу Василя Сергиенка 5б.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра за специальностью 144 -Теплоэнергетика, научный руководитель Бахтин В.И. Инженерный институт Запорожского национального университета. Факультет энергетики, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Магистерская работа посвящена разработке энергосберегающих мероприятий и выбора и внедрению новых источников теплоснабжения спортивного комплекса.

Изучение энергетической ситуации Украины и анализ работы существующей системы теплоснабжения позволили сделать вывод о необходимости замены этой системы. После изучения литературы были выбраны системы теплового насоса, электрического котла и солнечного коллектора.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, АКТУАЛЬНОСТЬ, ЭНЕРГОРЕСУРСЫ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДИ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Загальні положення про об'єкт	11
1.2 Загальна характеристика стану енергоефективності в Україні	12
1.3 Аналіз комбінованих систем теплопостачання, що поєднують традиційні і поновлювані джерела енергії	19
1.4 Теплонасосна технологія виробництва теплоти	24
1.5 Системи сонячного теплопостачання	33
1.6 Електрокотел	40
2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	44
2.1 Розрахунок системи сонячного теплопостачання з системою опалення	44
2.2 Розрахунок системи сонячного теплопостачання без системи опалення	55
2.3 Розрахунок потужності електричного котла	62
2.4 Розрахунок потужності теплового насосу	66
2.5 Вибір обладнання сонячного колектора	68
2.6 Вибір обладнання теплового насосу	70
2.7 Вибір обладнання електрокотла	74
3 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	77
3.1 Склад витрат у будівлі	77
3.2 Розрахунок економічних показників системи сонячного теплопостачання з системою опалення	80
3.3 Розрахунок економічних показників системи сонячного теплопостачання без системи опалення	86
3.4 Економічний розрахунок електричного котла	91
3.5 Економічний розрахунок теплового насосу (опалення на будівлю)	94

3.6 Економічний розрахунок теплового насосу (опалення на басейн)	96
3.7 Техніко - економічні показники	98
3.8 Вибір обладнання на основі техніко-економічного обґрунтування	99
4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	101
4.1 Поняття небезпечних і шкідливих виробничих чинників	101
4.2 Заходи з поліпшенням умов праці	104
4.3 Виробнича санітарія	106
4.4 Електробезпека	113
4.5 Пожежна безпека	115
4.6 Засоби індивідуально захисту	119
ВИСНОВКИ	121
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	123

ВСТУП

Актуальність роботи. Розвиток економіки України значною мірою залежить від вирішення завдання забезпечення енергоносіями. Недостатній обсяг власних енергоносіїв змушує українську владу приймати рішення щодо значного їх імпорту. В умовах скорочення світових запасів вуглеводнів та зростання на них цін, вирішення енергетичних проблем лише за допомогою імпорту є недостатнім.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, в основі яких є: по-перше, покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва; по-друге, розвиток енергозбереження; по-третє, розширення виробництва енергії за рахунок поновлюючих джерел. В економічно розвинених країнах частка енергії, виробленої на поновлюючих джерелах зростає.

Україна є енергодефіцитною державою, яка імпортує 75 % природного газу та 85 % нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичного балансу є критичною і неприйнятною з точки зору енергетичної безпеки.

З 1 квітня в Україні набули чинності нові тарифи на житловокомунальні послуги і енергоносії для підприємств. У Національній комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики, збільшення вартості ЖКП пояснюють необхідністю економічного обґрунтування тарифів і вимогою МВФ. Природний газ для населення став дорожчий в 8,3 разу. У зв'язку з цим треба шукати нові можливості економії грошових коштів.

Одним з можливих напрямів є розробка комбінованих систем теплопостачання. Такі системи представляють поєднання традиційних систем від централізованих та від автономних джерел теплоти, що розташовуються в будівлях. Як автономні джерела можуть бути використані теплові насоси, сонячні колектори, електрокотли.

Зв'язок роботи з науковими програмами і планами. Магістерська робота виконана відповідно до Комплексної державної програми енергозбереження України, схваленої Постановою Кабінету Міністрів України від 5 лютого 1997 р. №148, від 27.06.2000 ; № 1040, Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро-теплоенергетики постанова Кабінету Міністрів України від 31.12.1997 №1505.

Мета і завдання дослідження. Метою є скорочення споживання спортивним центром теплової енергії від районної котельні, також встановлення нового енергозберігаючого обладнання та економія грошових коштів.

Задачі досліджень. Відповідно до поставленої мети досліджень у роботі сформульовані такі завдання:

- збір та аналіз інформації про споживання теплової та електроенергії спортивним центром;
- збір та аналіз інформації з метою виявлення найбільш вигідної системи тепlopостачання;
- розробка заходів по скороченню енергоспоживання спортивним центром;
- обґрунтування впроваджуючих заходів та їх економічний аналіз.

Методи досліджень. Для вирішення завдань, що поставлені у магістерській роботі, виконано аналіз та обґрунтовано вибір теоретичних методів досліджень.

Практичне значення отриманих результатів. Дана робота направлена на вибір джерела тепlopостачання, можливо його комбінування з іншими джерелами та визначення економічної складової.

Особистий внесок здобувача. Дані необхідні для розрахунку роботи, представлені в магістерській роботі, не проводилися особисто, вони отримані від співробітників об'єкту дослідження. Автором проводився аналіз даних,

постановка завдання та отримання результатів з його аналізом та подальшим формуванням висновків.

Апробація результатів магістерської роботи. Матеріали магістерської роботи були представлені на конференції студентів, аспірантів, молодих вчених «Молода наука -2019».

Публікації. Основні результати магістерської роботи опубліковані в 1 друкованій праці (тези доповідей на науково-технічній конференції).

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи складає 123 сторінок, включаючи, 119 таблиць, 11 рисунки, перелік використаних літературних джерел з 90 найменувань.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні положення про об'єкт

Спортивний комплекс «Клініка природної медицини» був збудований 7 березня 1997 року і знаходиться за адресою м. Запоріжжя вулиця Василя Сергієнка, будинок 5б [1].

Будівля чотирьохповерхова. Площа одного поверху 1152 м². Висота будівлі 15,2 м., без урахування підвалу та даху. У будівлі розташовано 91 вікон та 72 шт. дверей.

Теплопостачання будівлі здійснюється від районної котельної концерту «Міських теплових мереж» м. Запоріжжя, котельня розташована в 100 м. від об'єкту досліджень.

Основною діяльністю комплексу з моменту його створення і до теперішнього часу являється надання лікувальних та оздоровчих послуг.

Комплекс саун складається з чотирьох фінських саун і басейну. Сауни "Біла", "Рожева" і "Мала" з контрастними басейнами 2 х 2 м. Сауна "Нова" обладнана обливним відром, що перевертається, з холодною проточною водою. Місткість однієї сауни - 6 чоловік. У саунах працює припливно-витяжна вентиляція. До послуг клієнтів - комплект чайного приладдя на 6 персон і фіточай, який входить у вартість послуги сауни. Родзинкою сауного комплексу є басейн з теплою водою (темп. 27 °С.) розміром 12 х 6 м. Це просторе, світле, добре вентильоване приміщення басейну з кристально чистою водою і з великою кількістю живих квітів.

Сауна "Біла" обладнана контрастним басейном 2 х 2 метри, кімнатою відпочинку, включаючи чайне приладдя. Сауна виконана в стриманому білому стилі. Відвідувачі мають доступ великого басейну розміром 12 х 6 м з температурою води 27 °С. Сауна "Рожева" обладнана контрастним басейном 2 х 2 метри, кімнатою відпочинку, включаючи чайне приладдя. Сауна виконана в рожевих тонах. Відвідувачі мають доступ до великого

басейну розміром 12 x 6 м з температурою води 27 °С. "Нова" - відрізняється оригінальністю дизайну. Простора кімната відпочинку в сільському стилі з натуральних природних матеріалів. Є телевизор LCD з супутниковим телебаченням. Душова кабіна виконана у вигляді грота з натурального каменю. Сауна "Мала" обладнана контрастним басейном 2 x 2 метри, кімнатою відпочинку, включаючи чайне приладдя. Відмінний варіант для невеликої компанії.

1.2 Загальна характеристика стану енергоефективності в Україні

Причини важкого стану з енергоефективністю і в минулому, і в сьогоденні. У минулому енерговитрати в економіці України на 25 % перевищували середній показник. Переживши енергетичну кризу у 70-ті роки, передові країни світу взяли курс на підвищення енергоефективності. Водночас зменшення енергоємності ВВП склало: у США – 46 %; Японії – 35 %; ЄС – 32 %. СРСР за цей період відстав ще більше, оскільки зменшення енергомісткості в його економіці склало лише 16 %.

Таким чином, на сьогодні підвищення енергоефективності промислового виробництва та зменшення енерговитрат у ЖКК України не питання економічної доцільності, а питання виживання. Якщо воно не буде вирішено, економіка України в умовах її вступу до СОТ збанкрутує, не будучи в змозі добитися збалансованого платоспроможного внутрішнього споживання та імпорту енергоресурсів [2].

Європейський Союз у 2002 році приступив до значної та довгострокової модернізації своїх міст та будівель. Основним вектором розвитку стала зелена енергетика та енергоефективність для всіх країн та міст у новому плані Європи [3]. Цей план отримав назву - План 20-20-20.

Уперше в сучасній історії, зберігаючи темпи розвитку, ЄС поставив метою до 2020 року не збільшити, а знизити сумарне споживання енергії

містами на 20 %, знизити викиди парникових газів на 20 % та замінити викопне паливо відновлювальними джерелами та відновлювальною енергією на 20 %. Основним інструментом цього великого плану є енергетичне, кліматичне та екологічне планування [4].

З 1 квітня в Україні набули чинності нові тарифи на житловокомунальні послуги і енергоносії для підприємств. У Національній комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики, збільшення вартості ЖКП пояснюють необхідністю економічного обґрунтування тарифів і вимогою МВФ. Природний газ став дорожчий в 8,3 разу, тепло подорожчало на (70...80) %. У зв'язку з цим треба шукати нові можливості економії грошових коштів.

Україна зробила певні кроки на шляху енергозбереження. 1994 р. прийнято Закон України „Про енергозбереження”, що передбачав систему організаційних, регулятивних та заохочувальних заходів щодо стимулювання режиму ощадного використання первинних енергоресурсів. У рамках організаційного забезпечення створено такі органи державного управління у цій сфері як Державний комітет з енергозбереження (1995 р.) і Державна інспекція з енергозбереження та її територіальні органи (1996 р.). Упродовж 1997 - 2000 рр. розроблено концепцію та програму енергозбереження, зокрема – у бюджетній сфері. 2001 р. у державному бюджеті передбачено виділення коштів на реалізацію енергозберігаючих заходів у бюджетній сфері обсягом 25 млн. гривень. З урахуванням додатково залучених на ці потреби коштів місцевих бюджетів (24 млн. грн.), очікуване скорочення бюджетних видатків на споживання первинних енергоресурсів у закладах бюджетної сфери становило 66 млн. гривень. Таким чином, термін окупності цих коштів не перевищив одного року. Статистика давала підстави вважати обраний шлях вірним, тим більше, що для економіки ефективність централізованих програм енергозбереження значно вища. Це підтверджує досвід західних країн [5].

Завдання пріоритетного розвитку енергетики завжди було в числі головних економічних завдань ЄС. Раніше це завдання вирішувалося проведенням відповідної політики в рамках окремих держав. Загострення проблеми енергоресурсів і конкурентної боротьби та посилення зв'язку політики з економікою поставили питання енергетичної безпеки країн ЄС на рівень загальноєвропейського. Саме проблеми енергозатрат та зменшення економічних затрат буде вирішуватись в дипломній роботі.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, в основі яких є: по-перше, покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва; по-друге, розвиток енергозбереження; по-третє, розширення виробництва енергії за рахунок поновлювальних джерел. В економічно розвинених країнах частка енергії, виробленої на поновлювальних джерелах зростає.

Сталий енергетичний розвиток став основним елементом політики розвитку для більшості розвинених країн. Європейська ініціатива зниження енергоспоживання, заміщення викопного палива відновлювальними джерелами енергії, скорочення викидів парникових газів в атмосферу до 2020 року була започаткована при підписанні в 2009 році мерами більш ніж 350 європейських міст пакту добровільної ініціативи органів місцевої влади «Угоди мерів».

Прогноз росту тарифів на електроенергію в період до 2025 р. приведений на рисунку 1.2.

Обмеженість фінансових ресурсів у місцевої влади та комунальних підприємств, які на сьогодні є основними учасниками процесу розроблення та впровадження. Плану дій зі сталого енергетичного розвитку, вимагає ретельного відбору проектів із чистої енергії з метою отримання максимально можливого ефекту від їхньої реалізації. Щоб визначити ті з них, які дадуть найбільший економічний, соціальний або екологічний ефект, необхідно [7] скласти перелік можливих проектів, [8] розробити їх

техніко-економічне обґрунтування та [9] провести ранжування обраних проектів.

При розробці техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) інвестиційних проектів із чистої енергії необхідно враховувати їхні особливості, які суттєво впливають на структуру і зміст ТЕО. Одним з можливих напрямів є розробка комбінованих систем теплопостачання. Такі системи представляють поєднання традиційних систем від централізованих та від автономних джерел теплоти, що розташовуються в будівлях. Як автономні джерела можуть бути використані теплові насоси, сонячні колектори, електрокотли [10].

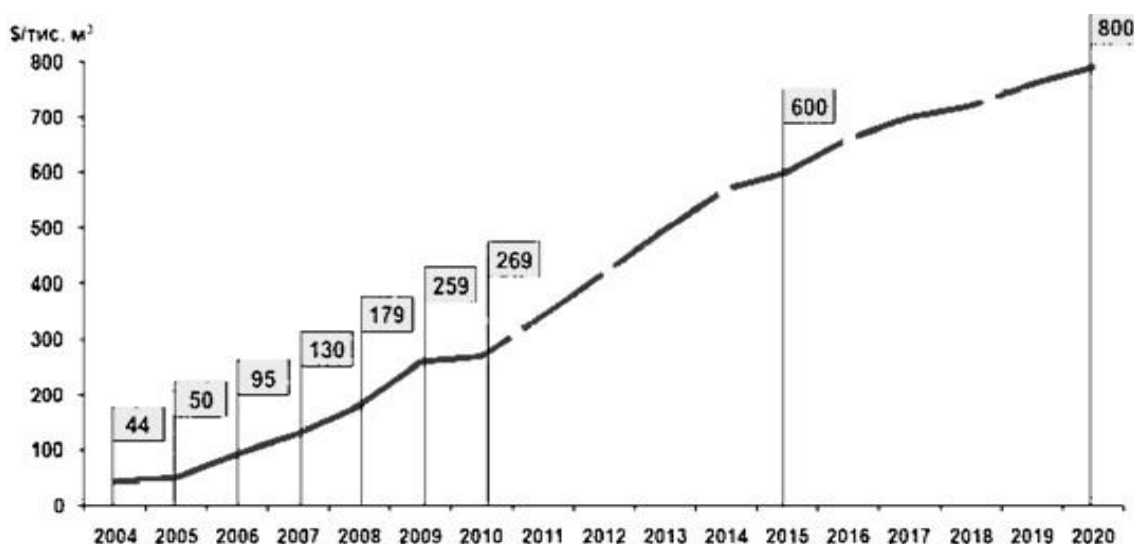


Рисунок 1.1 - Графік прогнозу зростання тарифів на природний газ

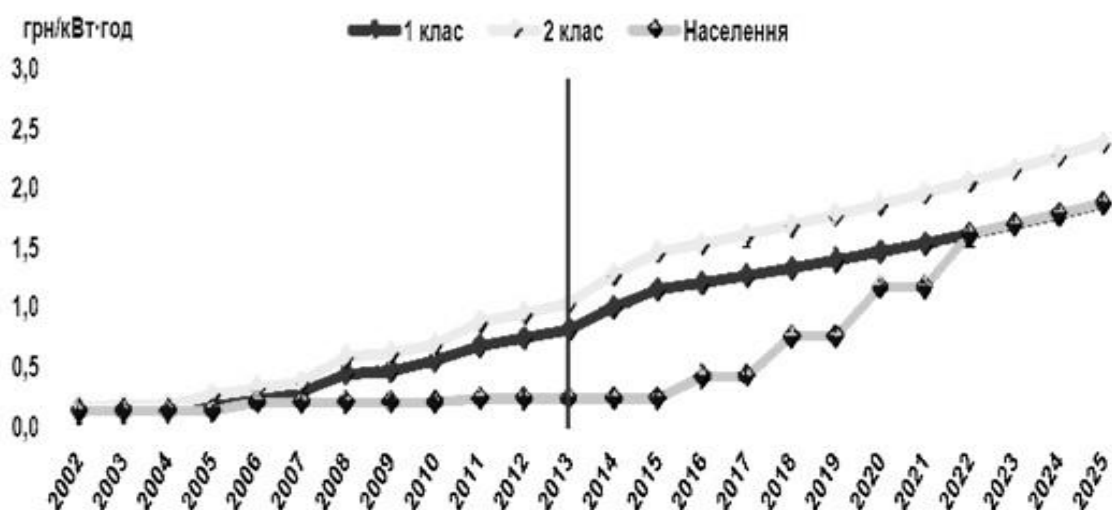


Рисунок 1.2 - Прогноз вартості електроенергії для споживачів 1,2 класу напруги та населення

Проекти з енергозбереження за своїм змістом та суттю помітно відрізняються від звичайних інвестиційних бізнес-проектів. Мета останніх - отримання прибутку, який дозволить повернути вкладені кошти з певною маржею. Результатом реалізації проектів із енергозбереження є економія енергоресурсів, яка виникає внаслідок підвищення енергоефективності об'єктів, процесів або грошова економія як результат заміщення виду палива/джерела енергії більш дешевим, альтернативним або відновлювальним. Тобто відбувається зменшення витрат, і різниця між витратами до та після впровадження проекту з енергозбереження є основним джерелом повернення вкладених інвестицій (див. рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Графічна інтерпретація процесу реалізації проекту

Залежно від вигляду використовуваної енергії всі системи теплопостачання можуть бути класифіковані таким чином: традиційні, нетрадиційні та комбіновані.

Впродовж останніх років досягла небувалого розмаху криза централізованого теплопостачання [11]. Щорічно все більше споживачів схиляються до альтернативних методів опалювання житла, зокрема до установки індивідуальних джерел теплопостачання і водонагрівачів в житлах. Перехід до широкого впровадження комбінованих систем теплопостачання стримується в нашій країні, з одного боку, рядом об'єктивних обставин: кризисним станом національної економіки, спотвореною тарифною політикою і структурою цін на енергетичні ресурси, переважанням централізованого теплопостачання. З іншого боку, ці проблеми показують необхідність впровадження комбінованих систем теплопостачання для економії ресурсів і грошових коштів [12].

Розвиток економіки України значною мірою залежить від вирішення завдання забезпечення енергоносіями. Недостатній обсяг власних

енергоносіїв змушує українську владу приймати рішення щодо значного їх імпорту. В умовах скорочення світових запасів вуглеводнів та зростання на них цін, вирішення енергетичних проблем лише за допомогою імпорту є недостатнім [13].

В цілому сучасні альтернативні види опалювання виглядають досить різноманітно: котли, які працюють на твердому або рідкому паливі, а також на біопаливі; теплові насоси, в основі роботи яких знаходиться використання геотермальної енергії; сонячні колектори, що використовують теплову енергію сонця; інфрачервоні обігрівачі різного типу.

Щоб відмовитися від газу і замінити його іншим енергоносієм, досить змінити котел. Найпопулярніші варіанти: електричний і твердопаливний. Але підігрівання енергоносія за допомогою електрики не завжди буває економічно вигідним.

Основними перевагами вживання теплонасосних технологій перетворення теплоти є: висока енергетична ефективність, екологічна чистота, надійність, комбіноване виробництво теплоти і холоду в єдиній установці, мобільність, універсальність по тепловій потужності, універсальність по вигляду використовуваної низькопотенційної енергії, повна автоматизація роботи установки [14]. Вони можуть використовувати енергію повітря, ґрунту.

Енергія сонця є одним з найбільш доступних і перспективних поновлюваних джерел енергії. Зростання інтересу до використання саме цього виду енергії обумовлене, з одного боку, постійним зростанням цін на органічне паливо, зокрема, на природний газ і нафту, з іншої - рухом, що постійно набирає силу, за охорону довкілля. Важливим чинником є і, свого роду, мода у світі на використання поновлюваних джерел енергії, яка, як можна констатувати, дійшла і до України.

1.3 Аналіз комбінованих систем тепlopостачання, що поєднують традиційні і поновлювані джерела енергії

Проблема зниження витрат на тепlopостачання будівель вимагає нових підходів. Одним з можливих напрямів є розробка комбінованих систем тепlopостачання. Такі системи представляють поєднання традиційних систем від централізованих та від автономних джерел теплоти, що розташовуються в будівлях. Як автономні джерела можуть бути використані теплові насоси, сонячні колектори, електрокотли [15].

На основі виконаного аналізу існуючих систем тепlopостачання необхідно:

- виявити перспективні системи тепlopостачання;
- з'ясувати переваги всіх систем тепlopостачання та комбінованих систем;
- визначити які з комбінованих систем є найвигіднішими.

В центрального опалювання є свої переваги, які полягають в наступному: є можливість вживання недорогого вигляду палива (джерела тепла); устаткування відрізняється своєю надійністю; - простота і зручність в експлуатації; центральна система опалювання ідеальна в екологічному плані.

З цього виходить, що для обігріву можна використовувати різні матеріали, які доступні споживачеві: торф, стружка, тирса, опалювальний мазут і так далі. При підвищенні ціни на паливо можна перейти на інший вигляд. Якщо ж сталася аварія на одній з котельних, є варіант розподілу навантаження на інше джерело тепла. Температура в приміщенні, що обігрівається, буде незалежна від погодних умов за вікном.

Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дають можливість економити органічне паливо, знижувати забруднення довкілля, задовольняти потреби споживачів в технологічному теплі, є вживання тепло насосних технологій виробництва теплоти. Тепловий насос є установкою,

перетворюючи низько потенційну поновлювану енергію природних джерел теплоти і низькотемпературних ВЕР в енергію вищого потенціалу, придатну для практичного використання.

Як джерела низькопотенційної теплоти використовуються атмосферне повітря або різні вентиляційні викиди, вода природних водоймищ і скидні води систем охолодження промислового устаткування, стічні води систем аерації, ґрунт.

Основними перевагами вживання теплонасосних технологій перетворення теплоти є: висока енергетична ефективність, екологічна чистота, надійність, комбіноване виробництво теплоти і холоду в єдиній установці, мобільність, універсальність по тепловій потужності, універсальність по вигляду використовуваної низькопотенційної енергії, повна автоматизація роботи установки.

На сьогоднішній день сонячні колектори є найефективнішими пристроями, що працюють на сонячній енергії. Їх ефективність досягає 90–95%. Вони безпечні для здоров'я людей і довкілля, оскільки не виробляють шкідливих викидів [16]. Відмова одного домогосподарства від традиційних систем опалювання на користь сонячного колектора скорочує викиди вуглекислого газу в атмосферу на 1–2 тонни в рік, паралельно зменшуючи викиди двоокису сірки, чадного газу і закису азоту.

Але основна їх перевага — економічність. Встановивши сонячний колектор, ви понизите на 90 % річних витрат на гаряче водопостачання. Економія на опалюванні може досягати 30 % залежно від регіону [17].

Головна перевага електричних котлів опалювання перед іншими видами опалювальних котлів є їх екологічна безпека. До того ж, практично безшумна їх робота, дозволяє розміщувати їх усередині удома. При цьому електричні котли опалювання, оснащені блоком управління, можуть працювати в автоматичному режимі. Простота їх установки і експлуатації і дозволяє значно на цьому зекономити. Резюмуючи вищесказане можна

назвати ряд безперечних переваг електричних котлів: невисока ціна, простота монтажу, легкі і компактні, можна вішати на стіну, як наслідок — економія місця, безпека (немає відкритого полум'я), простота, в експлуатації не вимагають окремого приміщення (котельної), не вимагають монтажу димаря, не вимагають особливого відходу, безшумні, екологічні, немає шкідливих викидів і сторонніх запахів [18].

Газовий котел і сонячні колектори, з'єднані в одну опалювальну мережу - це вельми велика і складна система опалення. У статті [20] говориться і про таку комбінування систему як котел і сонячний колектор. Як правило, сонячні колектори розраховані на пікове навантаження і мають досить високий термін окупності. Поєднання з котлами і тепловими насосами дозволяє знайти оптимум початкових інвестиційних витрат та економії енергетичних ресурсів.

На основі досліджень зроблених у статті "Системи комбінованого вироблення тепла й електроенергії, об'єднані з системами централізованого теплопостачання" [21] можна зробити висновок, що якщо порівнювати схему, засновану на великій кількості установок комбінованого виробництва тепла й електроенергії малої потужності з газовими двигунами і запалюванням схему, в якій кожна будівля або невеликий комплекс будівель має власну когенераційну установку теплоти та електроенергії то з економічного боку більш вигідна перша схема, але в умовах які диктує світова енергетика необхідно застосовувати другу схему.

У статті «Геліосистеми і теплові насоси в системах автономного тепло- та холодопостачання» [22] говориться про те, що в ряду поновлюваних джерел енергії саме сонячна представляє особливий інтерес для енергогосподарства України (сонячне теплопостачання; сонячні холодильні, кондиціонуючі і теплонасосні системи). Створення надійного і дешевого, масового сонячного колектора зумовить розвиток практичного використання сонячної енергії в найближчі роки. Комбіновані системи, інтегруючі

можливості альтернативних і традиційних джерел енергії, зокрема, низькопотенційних джерел, можуть включати геліосистеми, теплові насоси, сезонні теплоакумульовані ємності та ін, взаємно доповнюючи один одного, особливо в умовах цілорічної експлуатації та рішення комплексних завдань життєзабезпечення, тепло-, холодопостачання та кондиціонування повітря.

У статті «Альтернативні технології для нагріву побутової води» [23] було наведено порівняння трьох систем: геліосистема, що працює спільно з традиційною системою в якості допоміжної; теплонасосная установка, призначена виключно для приготування гарячої води; комбінована - геліосистеми з вбудованим тепловим насосом. На основі цієї статті були зроблені висновки. Аналіз економічних показників, отриманих при моделюванні ситуацій, показує, що всі три технології дозволяють отримати значну економію в порівнянні з традиційними системами нагріву побутової води. В цілому геліоустановки представляються найбільш привабливими для забезпечення нагріву побутової води серед розглянутих варіантів. Використання теплових насосів, що мають більш тривалий період окупності, представляється доцільним у випадках, коли в силу об'єктивних причин використання геліоустановки неможливо. Геліосистеми, комбіновані з тепловими насосами, в силу високих початкових капіталовкладень менш привабливі.

Вибір оптимальної міри централізації систем теплопостачання може служити інструментом формування такої схеми теплопостачання, яка може враховувати інтереси всіх учасників інвестиційного проекту і умов практичної експлуатації вибраного проектного рішення. Головним напрямом інвестиційної діяльності має бути вибір найбільш переважного об'єкту інвестицій з врахуванням заходів щодо енергозбереження і охорони довкілля [24].

Зважаючи на зроблений аналіз, можна зробити висновок, що сучасні методи і засоби управління проектами включають варіантне проектування і

методи оцінки проектних рішень, у тому числі систем теплопостачання і енергозберіжних заходів.

Теоретичні і експериментальні дослідження поновлюваних джерел енергії дозволили зробити висновок про енергетичну і економічну перспективність для України спільного використання різнорідних поновлюваних джерел – повітря і сонячної енергії [25]. Завдяки своїм природним властивостям, в разі дефіциту теплової енергії традиційних джерел, ці два види поновлюваних джерел енергії дозволяють здійснити взаємну компенсацію один одного і згладити нерівномірність тепло споживання [26].

На основі зробленого аналізу вибирається система теплового насосу, електрокотла та сонячної батареї.

Використання систем комбінованого опалювання збільшує термін експлуатації кожного з використовуваних пристроїв. Кожен компонент комбінованої системи як би доповнює інший, підтримує його. Досить скоро можна відмітити економічну вигоду від використання комбінованої системи. Проте, для досягнення найбільшої ефективності від використання комбінованих систем опалювання необхідно, щоб у будинку була хороша теплоізоляція.

Таким чином, принципова економічна оцінка використання різних джерел теплопостачання визначається як послідовність наступних етапів: постановка проблеми; виділення системи дослідження; формування сукупності чинників, характеризуючий стан і розвиток виділеної системи; проведення багатоваріантних машинних розрахунків; багатокритерійна оцінка варіантів рішень і вибір найкращого оптимального [27].

1.4 Теплонасосна технологія виробництва теплоти

В умовах дефіциту, що загострюється, і зростання цін на енергоносії пошук нових ефективних енергозберігаючих технологій для отримання теплоти і використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (НПДЕ) актуальний практично для усіх галузей економіки. Особливо гостро проблема позначилася в теплопостачанні об'єктів ЖКГ, де витрати палива на виробництво теплоти, перевершують в 1,7 разу витрати на електропостачання. Основними недоліками децентралізованих джерел теплопостачання є низька енергетична, економічна і екологічна ефективність. А високі транспортні тарифи на доставку енергоносіїв і часті аварії на теплотрасах посилюють негативні чинники, властиві традиційному централізованому теплопостачанню [28].

Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дають можливість економити органічне паливо, знижувати забруднення довкілля, задовольняти потреби споживачів в технологічному теплі, є застосування теплонасосних технологій виробництва теплоти.

Тепловий насос є установкою, перетворюючу низькопотенційну поновлювану енергію природних джерел теплоти або низькотемпературних ВЭР в енергію більш високого потенціалу, придатну для практичного використання [29]. Як джерела низькопотенційної теплоти використовуються атмосферне повітря або різні вентиляційні викиди, вода природних водойм і скидні води систем охолодження промислового устаткування, стічні води систем аерації, ґрунт [30].

Використовувати теплоту атмосферного повітря за допомогою теплового насосу в помірно континентальному кліматі не вигідно. Проте техніко-економічна оцінка доцільності застосування теплового насоса "повітря-вода" стверджує, що це щонайменше спірно [31].

Якщо розглядати зовнішнє повітря як єдине джерело тепла, то використання повітряного теплового насоса для опалювання в кліматичних умовах, наприклад України, неефективно: під час лютих морозів теплові насоси "повітря-вода" працюють з низькими коефіцієнтами перетворення. В той же час впродовж більшої частини року температура зовнішнього повітря цілком придатна для використання теплового насоса в системах тепlopостачання. У [32] приведений графік (див. рис. 1.4) що підтверджує, що при плюсових температурах зовнішнього повітря коефіцієнт перетворення повітряного теплового насоса у більшості випадків більше 3, а це свідчить про можливість його ефективної роботи.

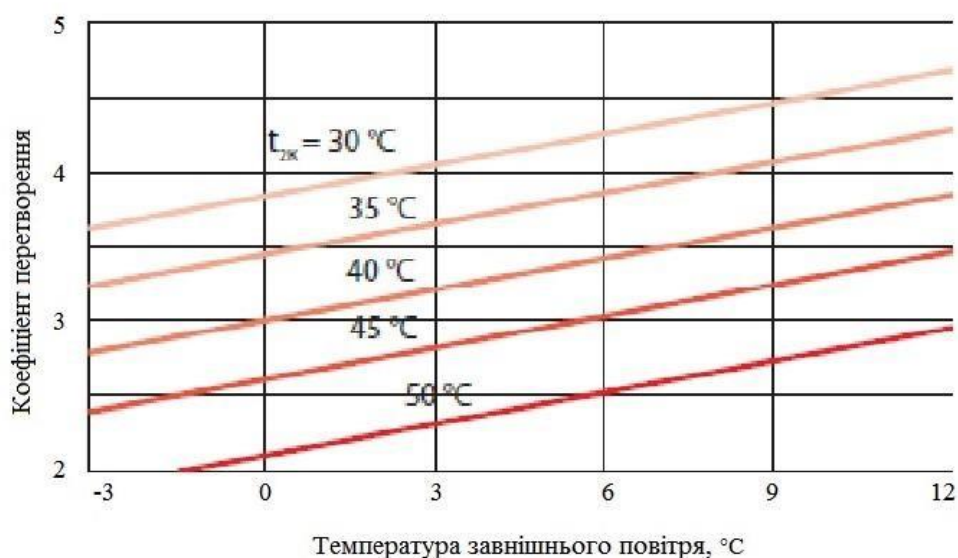


Рисунок 1.4 - Залежність коефіцієнта перетворення однієї з моделей теплового насоса "повітря-вода" від температури води на виході з конденсатора t_{2K} і від температури зовнішнього повітря

Технічна можливість часткового заміщення установок, працюючих на природному газі, повітряними тепловими насосами ще не означає економічної доцільності такого рішення. Поки ціна на природний газ була

прийнятною, нікому в голову не приходила думка про установку дорогого теплового насоса замість дешевого газового котла. Проте газ постійно дорожчає: на Україні за п'ять років ціна виросла в п'ять разів, і ця тенденція зберігається. Рано чи пізно настане час, коли вартість теплового насоса (ТН) вже не здасться такою високою в порівнянні з щорічними витратами на купівлю природного газу.

Оскільки напрям передачі енергії в ТН протилежно природному напрямку перетікання теплоти від гарячого тіла до холодного, то таке перетворення, згідно з Другим Законом Термодинаміки, можливо лише в зворотному термодинамічному циклі за рахунок підведення деякої кількості енергії ззовні у вигляді механічної або електричної [33]. В таблиці 1.1 показані дані про деякі джерела теплового насоса.

Таблиця 1.1 - Джерела теплового насоса

Джерела	Середовище проміжного контролю	Температура джерела, °С
Ґрунтові води	Вода	8...15
Ґрунт	Антифриз	2...10
Вода з водозабору	Вода	6...10
Вода з річки	Антифриз	1...10
Вода з каналізації	Вода	10...17
Навколишнє повітря	Повітря	-8...15
Витяжне повітря	Повітря	18...25

Енергетичну ефективність теплового насосу виявляють з формули коефіцієнта перетворення енергії. Енергетична ефективність перетворення енергії в тепловому насосі оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії (COP), який дорівнює відношенню енергії, переданої споживачю, до енергії, яка затрачена на реалізацію циклу

$$\text{COP} = Q_k / N_{\text{эл}},$$

де Q_k - теплота перенесена тепловим насосом з джерела низькопотенційного тепла, на перенесення якої витрачена робота виконана насосом, Дж;

$N_{\text{эл}}$ – робота виконана насосом, Дж.

Слід зауважити, що величина COP, в силу Першого Закону Термодинаміки, завжди більше одиниці, оскільки кількість енергії, переданої споживачеві теплоти, виявляється більше величини підведеної зовнішньої енергії на величину енергії, відібраної від низькопотенційного джерела [34].

Величина COP залежить від цілого ряду чинників, але, передусім, від різниці температур джерела і приймача теплоти.

У [35] представлена залежність вироблення теплової енергії котлом від коефіцієнта розрахункової теплової потужності теплового насоса, побудована для кліматичних умов більшої частини України (див. рис. 1.5). На рисунку показано (пунктирними лініями), що при коефіцієнті розрахункової теплової потужності теплового насоса 0,52 в котлі буде вироблено 55 % теплової енергії за рік і тепловий насос такої потужності буде працездатний при температурі зовнішнього повітря - 0,6 °C і вище.



Рисунок 1.5 – Розрахунок коефіцієнта вироблення тепла тепловим насосом за рік

Умовами раціонального застосування ТН є вдале поєднання параметрів джерела теплоти низького потенціалу достатньої енергоємності і необхідних параметрів теплоти у споживача. Наприклад, для сучасної системи підлогового опалювання достатні температури теплоносія (30...35)°С, застосування фанкойлів в якості опалювальних приладів дозволяє використати рівень температур (45...60) °С, тоді як для традиційної системи опалювання з радіаторами температура теплоносія має бути не менше (70...90)°С. Особливо вигідне застосування ТН при одночасному використанні тепла і холоду, що успішно реалізується у ряді технологічних процесів в промисловості, сільському господарстві, системах кондиціонування повітря та ін.

1.4.1 Принцип роботи теплового насосу

Хладагент під високим тиском через капілярний отвір потрапляє у випарник, де за рахунок різкого зменшення тиску відбувається процес

випару. При цьому хладагент відбирає тепло у внутрішніх стінок випарника, а випарник у свою чергу віднімає тепло у земляного або водяного контуру, за рахунок чого він постійно охолоджується. Компресор вбирає хладагент з випарника, стискає його, за рахунок чого температура хладагенту різко підвищується і виштовхує в конденсатор. Окрім цього, в конденсаторі, нагрітий в результаті стискування хладагент віддає тепло температура близько $(85...125)^{\circ}\text{C}$ опалювальному контуру і переходить в рідкий стан. Процес повторюється постійно. Коли температура у будинку досягає необхідного рівня, електричний ланцюг розривається терморегулятором і тепловий насос перестає працювати. Коли температура в опалювальному контурі падає, терморегулятор знову запускає тепловий насос. Таким чином хладагент в тепловому насосі здійснює зворотний цикл Карно [36]. Принцип роботи показано на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Принцип роботи теплового насосу

Теплові насоси здатні не лише опалювати приміщення, але і забезпечувати гаряче водопостачання, а також здійснювати кондиціонування

повітря. Але при цьому в теплових насосах має бути реверсивний клапан, саме він дозволяє тепловому насосу працювати в зворотному режимі [37].

Як ми бачимо, теплові насоси перекачують теплову енергію землі, води або навіть повітря у відносно високопотенційне тепло для опалювання об'єкту. Приблизно 75 % опалювальної енергії можна зібрати безкоштовно з природи: ґрунту, води, повітря і тільки 25 % енергії необхідно витратити для роботи самого теплового насоса. Іншими словами, власники теплових насосів економлять 3/4 засобів, які він би регулярно витрачав на дизпаливо, газ або електроенергію для традиційного опалювання. Просто кажучи, тепловий насос за допомогою теплообмінників збирає теплову енергію із землі (води, повітря) і "переносить" її в приміщення.

1.4.2 Використання теплових насосів у світі

Енергетична доцільність застосування теплових насосів в якості енергоджерел переконливо доведена результатами великого числа наукових досліджень і досвідом експлуатації мільйонів теплонасосних установок в промислово розвинених країнах світу [38].

Сьогодні у світі успішно експлуатується більше 130 млн. теплонасосних установок різного функціонального призначення. Загальний об'єм продажу що випускаються за кордоном ТН складає 125 млрд. доларів США, що перевищує світовий об'єм продажу озброєнь в 3 рази [39]. Згідно з даними Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA) до 2020 р. в розвинених країнах світу доля опалювання і гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів повинна скласти 75 %.

На сьогодні теплові насоси, без сумніву, є найбільш перспективними серед джерел "нетрадиційної енергетики" для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості "черпати" поновлювану енергію з довкілля [40].

Проте вирішення питань вибору типу ТН, масштабів і областей їх раціонального використання в різних країнах є далеко не однозначними.

Виробництво ТНУ в кожній країні орієнтоване, передусім, на задоволення потреб внутрішнього ринку.

1.4.3 Розвиток теплонасосних технологій в Україні

В Україні, на жаль, сьогодні важко вказати який-небудь інший напрям розвитку нової техніки і технології, який би знаходився в такому разючому протиріччі, як зі своїми потенційними можливостями, так і з рівнем розвитку в інших країнах світу. Якщо в розвинених країнах, що розвиваються, рахунок працюючих ТНУ різного функціонального напрямку ведеться на мільйони або сотні тисяч одиниць, в Україні працюють одиничні установки, створені, в основному на елементній базі холодильного устаткування, що ввозиться з країн Західної Європи від спеціалізованих фірм виробників.

Разюче відставання України від країн успішне що використовують теплонасосну технологію можна пояснити як об'єктивними чинниками - розвиток енергетики в державі здійснювався в основному шляхом централізованого теплопостачання і теплофікації, так і суб'єктивними - недостатньою увагою конкретних підприємств до економії паливноенергетичних ресурсів. До головних причин відносяться також відсутність демонстраційного парку працюючих ТНУ різного функціонального призначення і реклами їх достоїнств і відсутність державної підтримки при розробці, дослідженнях і впровадженні цього типу устаткування. Наприклад, на державному рівні повинне вирішуватися питання про створення у вітчизняного споживача зацікавленості в застосуванні замість традиційного енергомарнотратного індивідуального опалювання енергетично ефективнішого енергозбережного, хоча і відносно дорогого опалювання на базі теплонасосної технології [42].

1.4.4 Основні переваги застосування теплонасосних технологій

В якості джерела тепла в тепловому насосі можуть служити ґрунтові або артезіанські води, озера, моря, ґрунтове тепло - тепло земних надр і повітря, що навіть оточує нас [44]. Все що потрібне для його роботи це виконання підключення в низькотемпературний контур і підключення до електричної мережі, електроенергія витрачається на привід компресора. Найбільш поширеним варіантом низькотемпературного контура стало застосування ґрунтових зондів (вертикальні свердловини, пробурені в землі, з циркулюючою по трубах незамерзаючою рідиною) і водяні системи (у тепловий насос через спеціальний теплообмінник подається низькотемпературна енергія з підземних водоносних горизонтів або поверхневих джерел води). Ці рішення відрізняються максимальною надійністю і стабільністю в течії року. Безперечною перевагою установки буде витрата електроенергії. В порівнянні з електрокотлом тепловий насос може мати до 4 - 7 разів менше електроспоживання при тій же отримуваній тепловій потужності [45]. Цю саму різницю тепловий насос витягає з довкілля. Крім того, використання теплового насоса дозволить розв'язати ще одну проблему - охолодження будівлі літом мінімальними витратами. Температури джерела тепла достатні для використання їх літа як скидання надлишків тепла будинку.

Отримувану теплову енергію ми використовуємо для системи тепlopостачання будинку і приготування гарячої води. Правда існує невелика обмовка - система тепlopостачання належна бути як можна більше "низькотемпературною", це безпосередньо впливає на коефіцієнт трансформації теплової енергії, тобто скільки забезпечить установка теплової енергії на 1 кВт спожитою електричною. Але зараз монтаж

низькотемпературної системи опалювання зовсім трохи дорожчий, ніж класична радіаторна система.

Допоміжна система теплопостачання - установка з батареї сонячних колекторів, що служить для потреб приготування ГВП. Нагрітий в колекторі теплоносій подаватиметься в спеціальний змійовик ємнісного водонагрівача. Енергія сонця практично безкоштовна, величина необхідних витрат на отримання вимірюється декількома десятками ватів електроенергії, необхідної для роботи циркуляційного насоса. А усіма процесами на колекторі управлятиме автоматика теплового насоса.

1.5 Системи сонячного теплопостачання

Сонячна радіація є практично невичерпним і екологічно чистим джерелом енергії. Потужність потоку сонячної енергії у верхньої межі земної атмосфери дорівнює $1,7 \cdot 10^{14}$ кВт, а на поверхні Землі складає $1,2 \cdot 10^{14}$ кВт. Загальна річна кількість сонячної енергії, що поступає на Землю, оцінюється величиною в $1,05 \cdot 10^{18}$ кВт·ч з яких на поверхню суші доводиться $2 \cdot 10^{17}$ кВт·ч.

Середньодобова інтенсивність потоку сонячного випромінювання на Україні дорівнює 130-210 Вт/м², або 10,8-18 МДж/(м²·доб). На підставі численних спостережень і розрахунків встановлено, що за допомогою геліотехнічних пристроїв при сучасному рівні розвитку техніки може бути корисно використано (10...50) % цій енергії [46].

До числа чинників, що визначають економічну доцільність застосування систем сонячного теплопостачання можна віднести наступні:

- висока вартість теплової енергії, що відпускається традиційними працюючих в режимі теплоспоживання з максимальними навантаженнями в літній період (санаторії, будинки відпочинку, дитячі оздоровчі табори і так далі);

- високі середньорічні значення інтенсивності сонячної радіації, що поступає, і велика кількість сонячних днів;
- наявність площ для розміщення колекторів і відсутність їх затінювання;
- постійно зростаючі вимоги до чистоти довкілля.

Враховуючи перераховані чинники, використання геліосистем на Україні можна визнати перспективним напрямом розвитку енергетики.

1.5.1 Основні елементи систем сонячного теплопостачання

Системи сонячного опалювання і гарячого водопостачання (геліосистеми) - це системи, за допомогою яких здійснюється поглинання сонячної енергії і перетворення її в теплову енергію, акумуляцію отриманої теплоти і її розподіл в міру необхідності на обігрів приміщень і інші побутові потреби.

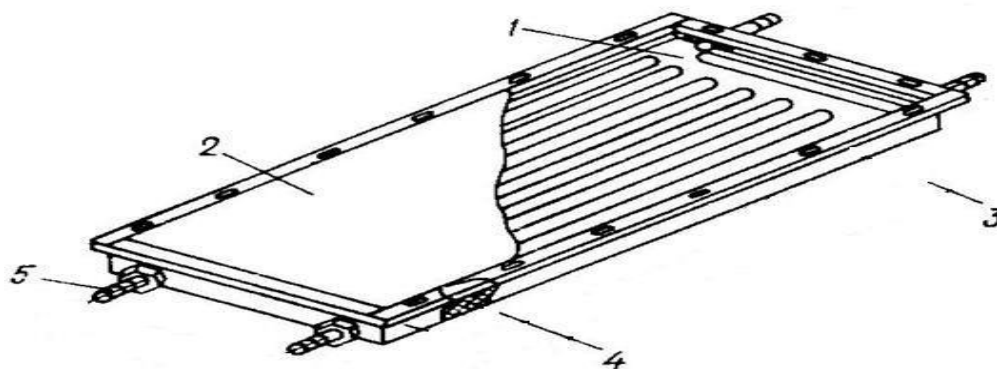
Основними елементами даних систем є:

- сонячний колектор, в якому нагрівається вода, або повітря;
- водяний бак-акумулятор або галечний акумулятор з шаровою насадкою;
- додатковий нагрівач або котел;
- контрольно-вимірювальна і регулююча апаратура;
- запобіжні клапани;
- насоси і трубопроводи.

Перетворення сонячної радіації в теплову енергію здійснюється в плоских сонячних колекторах (див. рис. 1.7).

Принцип дії колектора гранично простий. Велика частина сонячної радіації, що падає на колектор, поглинається поверхнею, яка є "чорною" по відношенню до сонячного випромінювання. Частина поглиненої енергії передається рідині, циркулюючій через колектор. Інша - втрачається в

результаті теплообміну з довкіллям [47]. Тепло, що відноситься рідиною, є корисне тепло.



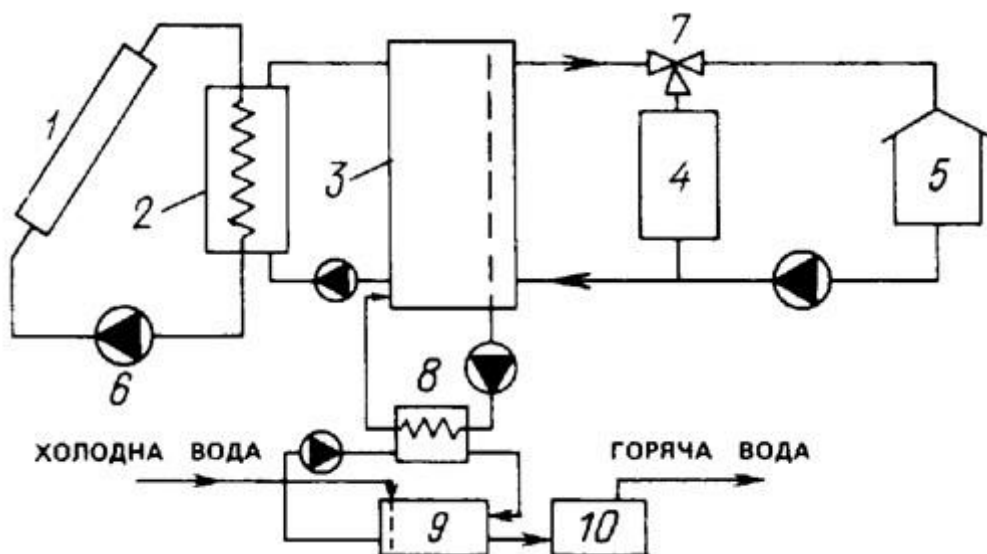
1 - поглинаюча пластина; 2 - повітряні проміжки, один або декілька, розділених прозорими покриттями для теплової ізоляції колектора згори; 3 - корпус; 4 - теплова ізоляція днища і бічних стінок корпусу; 5 - труби для рідини або канали для повітря.

Рисунок 1.7 - Основні елементи плоского сонячного колектора

Залежно від виду теплоносія, циркулюючого в контурі колектора, геліосистеми підрозділяються на рідинні і повітряні.

У рідинній системі (див. рис. 1.8) як теплоносій використовується вода або розчин антифризу, а в якості акумулюючого середовища - вода. Теплова енергія накопичується у баку-акумуляторі в результаті підвищення температури рідини і використовується в міру необхідності для забезпечення теплових навантажень опалювання і гарячого водопостачання.

Додатковий нагрівач (додаткове джерело енергії - ДДЕ) коли сонячної енергії недостатньо для повного задоволення теплових навантажень.



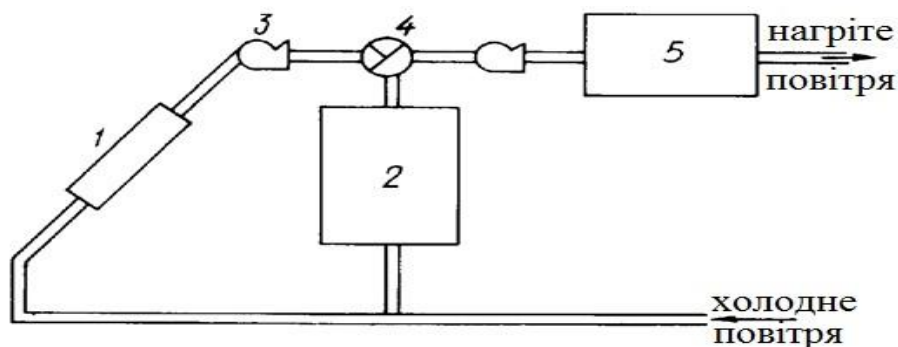
1 - колектор сонячної енергії (КСЕ); 2-теплообмінник; 3 - бакакумулятор; 4 - резервне (додаткове) джерело енергії (ДДЕ); 5 - опалювана будівля; 6 - насос; 7 - вентиль змішувача; 8 - теплообмінник в контурі гарячого водопостачання; 9 - бак гарячої води; 10 - дублер-доводчик.

Рисунок 1.8 - Схема рідинної геліосистеми опалювання і гарячого водопостачання

У повітряній системі сонячного тепlopостачання (див. рис. 1.9) в колекторі нагрівається повітря, яке подається або безпосередньо в приміщення, що обігрівается, або в галечний акумулятор. Теплова енергія акумулюється в шаровій насадці, яка нагрівається циркулюючим гарячим повітрям. Вночі або в похмуру погоду, коли прихід сонячної радіації недостатній для забезпечення теплових навантажень, повітря нагрівається, проходячи через нагріту гальку в акумуляторі, і поступає в приміщення. При виснаженні запасу тепла в акумуляторі повітря додатково підігрівается звичайним нагрівачем. У літній період немає необхідності акумулювати енергію, тому зазвичай в такій системі передбачается байпасна лінія.

Для приготування води на потреби гарячого водопостачання в повітряних ССТ передбачають водо-повітряний нагрівач, гарячим теплоносієм в якому є повітря, циркулююче через акумулятор. У тих випадках, коли сонячної енергії недостатньо, в контурі гарячого водопостачання ССТ використовують додатковий нагрівник - "доводчик"

(ДДЕ) - для нагріву води до необхідної температури [48].



1 - колектор сонячної енергії; 2 - галечний акумулятор теплоти; 3 - вентилятор; 4 - перемикальний клапан; 5 - резервне (додатковий) джерело енергії.

Рисунок 1.9 - Принципова схема повітряної геліосистеми опалювання

1.5.2 Переваги та недоліки сонячної системи

Сонячна радіація – це невичерпне відновлювальне джерело екологічно чистої енергії. Енергія Сонця досить розсіяна і для її використання застосовують різні геліоенергетичні установки. Дуже важливим фактором для роботи геліоустановок є тривалість опромінення сонячною радіацією і теплова інерція геліоустановки (час розігріву геліоустановки до робочої температури). Сонячно-термічні енергетичні установки спочатку перетворюють сонячну енергію у високу теплову, а потім – термальну

енергію в механічну, що обертає турбіну. Внаслідок цього турбіна генерує електрику.

Спостерігаються дві технології для збирання, накопичення та перетворення сонячної енергії. Вони відомі як центральна приймальна система і розподільна колекторна система. Центральна приймальна система складається з великого поля сонцеловлювальних дзеркал (геліостатів), які перехоплюють і переспрямовують вхідну сонячну радіацію у єдиний великий приймач, розташований на верхівці вежі. Переспрямоване радіаційне тепло спрямовує робочу рідину в приймач [49]. Ведеться дослідження по використанню різних робочих рідин, включаючи воду з високим тиском, високотемпературну пару, мастила, розплави солі та рідкі метали. Вибір робочої рідини залежить від конструкції станції.

До складу активної системи сонячного опалення входять: колектор сонячної енергії (КСЕ) – забезпечує перетворення сонячного випромінювання в теплоту; теплота передається теплоносію, що нагрівається і циркулює в колекторі; акумулятор теплоти; додаткове (резервне) джерело енергії; теплообмінники для передачі теплоти з КСЕ в акумулятор та з останнього до споживача; насоси чи вентилятори; трубопроводи з арматурою та комплекс пристроїв для автоматичного управління роботою системи.

В залежності від виду теплоносія в контурі КСЕ розрізняють рідинні та повітряні геліосистеми [50]. Теплоносієм в КСЕ може бути рідина (вода, 40-50 % водний розчин етилен- чи пропіленгліколю тощо) чи газ (повітря). Використання повітря дозволяє виключити проблеми замерзання і корозії, але теплотехнічно ці системи менш ефективні, ніж рідинні. В основному теплоносієм служить вода чи антифриз. При цьому ККД КСЕ більший, але існує можливість замерзання чи корозії, перегріву.

Основне та допоміжне обладнання геліосистеми, включаючи акумулятор теплоти, теплообмінники, насоси, тепловий насос, додаткові

підігрівачі для гарячої води і опалення, все, крім сонячного колектора (на даху), може розташовуватись у підвалі чи у прибудові.

Недоліки активних геліосистем:

- недостатня надійність обладнання, в тому числі системи автоматичного управління, невірною його установкою, поганим технічним обслуговуванням, небезпекою замерзання і корозії; - висока вартість.

Недоліки пасивних геліосистем:

- труднощі з підтриманням температурного режиму, необхідного для забезпечення теплового комфорту в опалювальних приміщеннях; - влітку будівлі з геліотеплицями можуть перегріватися. Переваги активних геліосистем:

- легкість та гнучкість інтегрування системи з будівлею;
- можливість автоматичного управління роботою системи і зниження теплових витрат.

Переваги пасивних геліосистем:

- прості і надійні в роботі;
- мають невелику вартість.

Даючи екологічну оцінку використанню відновлюваних джерел енергії, можна умовно виділити дві ситуації:

- мова йде про концентрацію енергії чи енергоресурсів, що до цього розподілялися в біосфері досить рівномірно;
- бажано переміщувати енергію чи енергоресурси з однієї частини біосфери в іншу, а саме змінювати природний хід енерго- і масообміну.

Сумарна небезпека для здоров'я людей обумовлена, перш за все, необхідністю переробки сировини для виробництва великої кількості високоякісних матеріалів (вилучення рідкісних елементів для сонячних батарей тощо), великими працезатратами. Такі відновлювані джерела енергії, як вітер, інсоляція, характеризуються нерівномірністю, тому необхідні пристрої для акумуляції енергії чи співвідносні традиційні маневрені

джерела [51]. Але прямий вплив на природне середовище при перетворенні первинної енергії у вторинну в цілому не дає дуже небезпечних наслідків.

Говорити про вплив геліоустановок на природний тепловий режим планети не потрібно, тому що ці установки можуть використовувати лише маленьку частку сонячного тепла, що перепадає планеті, і отримана (вилучена) енергія після її перетворення повертається в природне середовище у вигляді тепла. Наземні перетворювання енергії, пов'язані з концентрацією сонячного випромінювання, потребують відторгнення території. Основний шкідливий вплив геліоустановок непрямий – це технологічні процеси виробництва нових сполук, в тому числі на основі рідкісноземельних елементів, які містяться в земних породах в дуже малих концентраціях [52].

1.6 Електрокотел

Використання електрокотлів в системах тепlopостачання - гарна альтернатива газовим котлам, оскільки завжди є можливість їх вживання. Електрокотли можуть використовуватися як основне, так і додаткове джерело тепла для опалювання житлових будинків, складських приміщень і виробничих цехів. Багато хто вважає, що електрокотли - це дороге задоволення. Адже вартість електроенергії з часом зростає. Проте витрати на обслуговування електрокотла практично дорівнюють витратам на газовий котел. Крім того, для газового котла ще додатково необхідно облаштувати димар в ізольованому приміщенні [53]. Котли мають ряд переваг, які можуть компенсувати витрати на електроенергію. По зручності експлуатації електричне опалювання може конкурувати тільки з опалювальним устаткуванням на магістральному газі, виграючи при цьому за час монтажу і сумою капітальних витрат на створення системи опалювання [54].

1.6.1 Переваги та недоліки вибору електрокотлів

Котли мають ряд переваг, серед яких невисока вартість, оскільки вони в середньому дешевше, ніж аналогічні по потужності твердопаливні або газові котли; простота конструкції і експлуатації, оскільки електрокотли мають невелику масу і габарити. Це екологічно чисті прилади, які не виділяють в зовнішнє середовище шкідливих речовин, а так само вони і безпечні у відмінності від інших котлів.

Електрокотел не вимагає складного відходу, а його експлуатація дуже проста. Усі сучасні моделі оснащені вбудованими автоматичними системами контролю і підтримки заданої температури, тому для управління ними користувачеві досить натиснути декілька кнопок на панелі управління котла.

Електрокотел має простий і сучасний дизайн [55].

Зазвичай компанії - виробники електричних котлів передбачають для своєї продукції від одного до чотирьох східців регулювання потужності в ручному і автоматичному режимах.

Серед недоліків електрокотлів слід зазначити залежність вартості електроенергії і відсутність достатньої електричної потужності на деяких ділянках (наприклад, у віддалених від міста дачних селищах). Для підключення електричного котла потрібна окрема проводка, а котлам великої потужності потрібна трифазна мережа 380 В. У разі великих витрат електроенергії напруга в мережі може падати, що призводить до збільшення сили струму, що, у свою чергу, впливає на справність автоматики [56].

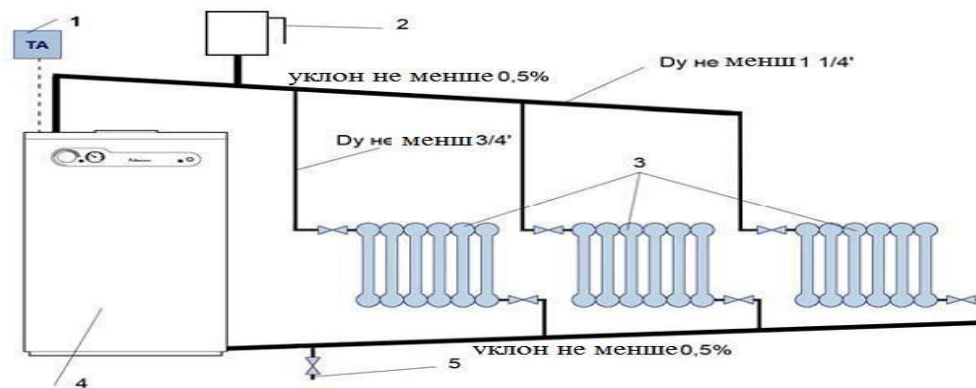
1.6.2 Принцип роботи та вибір електрокотлів

Принцип роботи електрокотла: нагрітий теплоносій (вода або антифриз) за допомогою циркуляційного насоса (якщо система з примусовою циркуляцією) або без нього (природна циркуляція) рухається по трубах і

відає тепло приміщенню через опалювальні прилади (радіатори або конвектори) [57].

Котли електродного проточного типу використовують принцип іонізації теплоносія, коли його молекули розщеплюються на позитивно і негативно заряджені іони, які у свою чергу, рухаються до негативного і позитивного електродам, виділяючи при цьому теплову енергію і передаючи її теплоносію [58].

Електрокотел з рівною ефективністю може використовуватися як в системах з примусовою, так і з природною циркуляцією теплоносія. При цьому котел рекомендується розташовувати в нижній точці системи - це гарантує найбільш високий рівень прогрівання радіаторів. Подаюча труба розташовується на мінімальній висоті [59]. Схема системи опалення електрокотла з природною циркуляцією теплоносія представлена на рисунку 1.10.



1 - регулятор температури в приміщенні; 2 - розширювальний бак відкритого типу; 3 - радіатори; 4 - нагрівачий електрокотел; 5 - кран додаткового впускання води.

Рисунок 1.10 – Схема системи опалення електрокотла з природною циркуляцією теплоносія

При виборі електрокотла необхідно керуватися тим, яку площу необхідно обігріти, тому потужність устаткування вибирають залежно від площі приміщення приблизно 1 кВт на 10 кв.м. добре утепленого будинку з висотою стелі до 3 м.

Найбільш популярними є двоконтурні електрокотли потужністю 6 - 15 кВт, а серед побутових підлогових котлів, велика частина яких використовується при будівництві котеджів, найбільш популярними є моделі потужністю 20 - 30 кВт [60].

Досить ефективним і економічно виправданим є комбіноване використання "нічного" тарифу при експлуатації електрокотлів і інших пристроїв. Це дозволяє користувачам звести витрату природного газу у рамках лімітованих за ціною об'ємів його споживання, забезпечити зручність експлуатації твердопаливних котлів.

Для розрахунку необхідної потужності котла можна скористатися елементарним співвідношенням: на кожні 10 м² приміщення (при висоті стель біля 3м.) потрібно приблизно 1 кВт [61]. Хоча, варто відмітити, формула ця орієнтовна, адже окрім висоти стель і площі на визначення необхідної потужності впливає маса супутніх чинників: матеріали, використані при зведенні будинку; як будівлю утеплено; кількість вікон, розміри вікон; регіон проживання.

2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

2.1 Розрахунок системи сонячного теплопостачання з системою опалення

2.1.1 Початкові дані для розрахунку системи сонячного теплопостачання з системою опалення

Початкові дані:

- місце розташування ССТ – Запоріжжя;
- число жителів - $N = 50$;
- розміри будівлі - $a \cdot b \cdot h = 48 \cdot 24 \cdot 3,8$, м;
- вид геліосистеми - рідинна;
- тип колектора - селективні, 2 покриття;
- площа колектора, m^2 , $A =$ від 1 до 23;
- орієнтація колектора (азимут) $\alpha = 0,9$;
- кут нахилу колектора до горизонту $\beta = 42,5^\circ$;
- ефективність проміжного теплообмінника $\varepsilon_{пр} = 0,67$;
- спосіб визначення - програмним методом (Microsoft Excel);
- питомий об'єм бака-акумулятора, m^3/m^2 , 0,07;
- питома об'ємна витрата антифризу через колектор $1,5 \cdot 10^5$ кг/($m^2 \cdot c$);
- щільність антифризу $\rho_{антифр} = 927$ кг/ m^3 .

2.1.2 Визначання характеристик колектора

Для вказаного типу колектора набудемо значень $F_R = 0,83$, $U_L = 3,85$, $\tau = 0,91$, $\alpha = 0,9$.

Теплообмінник встановлюється в рідинних системах, якщо в якості теплоносія в контурі колектора використовують антифриз [62].

Відношення $\frac{F'_R}{F_R}$ знаходять з вираження

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \frac{F_R U_L}{G_M C_p} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right]^{-1} = \left[1 + \frac{0,83 \cdot 3,85}{0,013905 \cdot 3350} \left(\frac{1}{0,67} - 1 \right) \right]^{-1} = 0,9673 ,$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ - ефективність проміжного теплообмінника;

C_p - теплоємність антифризу, Дж/кг*К;

$G_M = G_V \cdot \rho_{\text{антифр}}$ - витрата антифриза через колектор, кг/с .

2.1.3 Вплив орієнтації колектора на довгострокові характеристики

Відношення середньомісячних приходів прямої радіації на похилу і горизонтальну поверхні

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \frac{\pi}{180} \omega' \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta} ,$$

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(0,663 - 0,925) \cos(-0,365) \sin 1,268 + \frac{\pi}{180} 1,268 \sin(0,663 - 0,925) \sin(-0,365)}{\cos(0,663) \cos(-0,365) \sin 1,268 + \frac{\pi}{180} 1,268 \sin 0,663 \sin(-0,365)} ,$$

$$\overline{R_b} = 0,8405 .$$

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні

$$\omega = \arccos(-tg \varphi tg \delta) ,$$

$$\omega = \arccos(-tg(0,663) tg(-0,365)) ,$$

$$\omega = 1,141 .$$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні

$$\omega' = \min[\omega; \arccos(-tg(\varphi - \beta) tg \delta)] ,$$

$$\omega' = \min[1,268; \arccos(-tg(0,663 - 0,925) tg(-0,365))] ,$$

$$\omega'_s = 1,141 ,$$

де δ - нахил сонця.

Для кожного місяця вибираємо значення ρ залежно від наявності снігу в цьому місяці.

Знайдемо значення коефіцієнта відношення загальної радіації на похилу поверхню до радіації на горизонтальну поверхню по формулі

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}.$$

Середньомісячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню H_o , кДж/(м² · добу)

$$\bar{H}_d = \bar{R} \cdot \bar{H}.$$

Числові значення середньомісячного добового вступу сумарної H і дифузною H_d сонячної радіації, МДж/ (м² · добу), на горизонтальну поверхню, коефіцієнту ясності атмосфери K_y , температури зовнішнього повітря T_v , °С занесені у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Середньомісячний добовий вступ сумарної H і дифузною H_d сонячної радіації, МДж/(м² · добу), на горизонтальну поверхню, коефіцієнт ясності атмосфери K_y , температура зовнішнього повітря T_v , °С

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
H	4,05	6,26	10,8	15,84	20,25	23,07	23,62	20,11	14,73	9,18	4,03	2,70
H_d	2,56	3,87	5,8	8,48	9,18	10,0	9,04	7,83	5,98	4,32	2,36	1,83
K_y	0,37	0,39	0,45	0,49	0,53	0,56	0,59	0,58	0,55	0,50	0,34	0,29
T_v	-3,6	-2,6	2,5	9,3	15,6	19,2	21,4	20,5	15,7	10,0	3,9	-1,0

2.1.4 Розрахунок навантаження тепlopостачання

Об'єм будівлі по зовнішньому обміру, м³

$$V_H = a \cdot b \cdot h = 48 \cdot 24 \cdot 3,8 = 4377,6 .$$

Коефіцієнт обліку району будівництва будівлі

$$a = 0,54 + \frac{22}{(t_B - t_{н.р.})} = 0,54 + \frac{22}{(20 - (-22))} = 1,063 .$$

Питома теплова характеристика будівлі, Вт/(м³ · К)

$$g = 1,16 \cdot \frac{(1 + 2d) \cdot A_c + S}{V_H} = 0,5083 ,$$

де d - доля скління що захищають конструкція (набуваємо значення $d=0,2$);

A_c, S - площа зовнішніх стін і підлоги будівлі в плані відповідно, м².

Величина UA_3 , Вт/К

$$UA_3 = a \cdot g \cdot V_H = 1,063 \cdot 0,5083 \cdot 4377,6 = 2366,947 ,$$

де U - повний коефіцієнт теплових втрат, Вт/(м² · К);

A_3 - площа зовнішніх поверхонь будівлі, м².

Число градусо-днів в місяці, К · доба

$$H_{г.с.} = (18 - T_B) \cdot N = (18 - (-3,6)) \cdot 31 = 669,6 ,$$

де $T_B = 18$ °С.

Середньомісячне навантаження опалювання, ГДж

$$Q_0 = UA_3 \cdot H_{г.с.} \cdot 86400 = 2366,947 \cdot 669,6 \cdot 86400 = 136,9360.$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.2.

Навантаження ГВС для січня, ГДж

$$Q_{г.в.с.} = \rho \cdot C_p \cdot V_{г.в.} \cdot (T_{г.в} - T_{х.в.}) \cdot N \cdot n_d ,$$

$$Q_{г.в.с.} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,1 \cdot (50 - 5) \cdot 50 \cdot 31 = 29,204 ,$$

де ρ – щільність води, кг/м³;

C_p – теплоємність води, Дж/(кг · К);

$V_{г.в.}$ – добова витрата гарячої води на 1 людину, м³;

$T_{г.в}$ – температура гарячої води, °С ;

N – число мешканців;

n_d – число днів у відповідному місяці;

$T_{х.в.}$ – температура холодної води, для середньої смуги:

- $T_B < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{х.в.} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $T_B > 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{х.в.} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $0 \text{ } ^\circ\text{C} < T_B < 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{х.в.} = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Середньомісячне навантаження тепlopостачання [63], ГДж

$$Q_H = Q_0 + Q_{г.в.с.} = 136,936 + 29,2043 = 166,1404 .$$

Розрахунок середньомісячних навантажень тепlopостачання
приведений в розрахунковій таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Розрахунок приходу радіації на похилу поверхню

Місяці	$H, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$	$K_{\text{я}}$	$\frac{\overline{H_d}}{H}$	$1 - \frac{\overline{H_d}}{H}$	$\overline{R_b}$	$(1 - \frac{\overline{H_d}}{H})\overline{R_b}$	$\frac{\overline{H_d}}{H} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2}$	\overline{R}	$\overline{H_T}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{доб}}$	$\overline{H_T^{\text{міс}}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$
Січень	4,05	0,37	0,498	0,502	0,841	0,422	0,364	0,92	3,728	115,56
Лютий	6,26	0,39	0,475	0,525	0,934	0,49	0,347	0,972	6,085	170,38
Березень	10,8	0,45	0,413	0,587	0,991	0,582	0,302	1,02	10,994	340,81
Квітень	15,84	0,49	0,377	0,623	0,979	0,61	0,276	1,02	16,153	484,59
Травень	20,25	0,53	0,344	0,656	0,963	0,614	0,252	1	20,254	627,86
Червень	23,07	0,56	0,321	0,679	0,908	0,616	0,235	0,986	22,741	682,23
Липень	23,62	0,59	0,299	0,701	0,921	0,646	0,218	0,99	23,597	731,5
Серпень	20,11	0,58	0,306	0,694	0,964	0,669	0,224	1,03	20,651	640,18
Вересень	14,73	0,55	0,329	0,671	0,992	0,666	0,24	1,04	15,333	459,98
Жовтень	9,18	0,5	0,369	0,631	0,96	0,606	0,27	1,01	9,274	287,49
Листопад	2,36	0,34	0,537	0,463	0,869	0,402	0,392	0,93	2,193	65,79
Грудень	2,7	0,29	0,611	0,389	0,807	0,314	0,446	0,895	2,417	74,93

Річне навантаження теплопостачання, ГДж

$$Q_H^{\text{год}} = \sum_{i=1}^{12} Q_H^i = 988,7606.$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантаження теплопостачання

Місяці	$Q_{\text{ГВС}},$ ГДж	n_d	$T_B,$ °C	a	$g,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$	UA, Вт/К	$H_{\text{з.с.}},$ °C · добу	$Q_0,$ ГДж	$Q_H,$ ГДж
Січень	29,204	31	-3,6	1,06	0,75	2366,947	669,6	136,936	166,140
Лютий	26,378	28	-2,6				576,8	117,958	144,336
Березень	27,257	31	2,5				480,5	98,264	125,522
Квітень	21,982	30	9,3				261	53,376	75,357
Травень	22,714	31	15,6				74,4	15,215	37,930
Червень	21,982	30	19,2				0	0	21,982
Липень	22,714	31	21,4				0	0	22,714
Серпень	22,714	31	20,5				0	0	22,714
Вересень	21,982	30	15,7				69	14,111	36,093
Жовтень	22,714	31	10				248	50,717	73,432
Листопад	26,378	30	3,9				423	86,505	112,883
Грудень	29,204	31	-1,0				589	120,453	149,657
Рік	295,225						693,535	988,761	

2.1.5 Розрахунок довгострокових характеристик ССТ для січня

Безрозмірний комплекс X

$$X = \frac{A \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (90 - T_B) \cdot \Delta\tau}{Q_H},$$

$$X = \frac{1 \cdot 0,879 \cdot 3,75 \cdot (90 - (-3,6)) \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 31}{166,14 \cdot 10^9} = 0,000498,$$

де A - площа сонячного колектора, м^2 ;

F'_R - ефективний коефіцієнт відведення тепла, що враховує вплив теплообмінника;

U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

T_B - середньомісячна температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

Q_H - повне місячне теплове навантаження, Дж.

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.4.

Безрозмірний комплекс Y

$$Y = \frac{A \cdot F'_R \cdot (\overline{\tau\alpha}) \cdot H_T^{\text{мес}}}{Q_H} = \frac{1 \cdot 0,879 \cdot 0,9016 \cdot 115,561}{166,14 \cdot 1000} = 0,000552,$$

де $\overline{\tau\alpha}$ - середньомісячна приведена поглинальна здатність;

$H_T^{\text{мес}}$ - місячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню колектора, $\text{Дж}/\text{м}^2$.

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.5.

Коефіцієнт заміщення

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3,$$

$$f = 1,029 \cdot 0,000552 - 0,065 \cdot 0,000498 - 0,245 \cdot 0,000552^2 + 0,0018$$

$$\cdot 0,000498^2 + 0,0215 \cdot 0,000552^3 = 0,000535.$$

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.6 [64].

Таблиця 2.4 – Безрозмірний комплекс X

Величина	Безрозмірний комплекс X														
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Місяці															
Січень	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014
Лютий	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014
Березень	0,001	0,001	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007	0,009	0,010	0,011	0,012	0,014	0,015	0,016	0,017
Квітень	0,001	0,002	0,004	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,015	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026
Травень	0,002	0,003	0,007	0,010	0,014	0,017	0,021	0,024	0,028	0,031	0,035	0,038	0,042	0,045	0,049
Червень	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,033	0,039	0,044	0,050	0,055	0,061	0,066	0,072	0,077
Липень	0,003	0,005	0,011	0,016	0,021	0,027	0,032	0,037	0,043	0,048	0,053	0,059	0,064	0,069	0,075
Серпень	0,003	0,005	0,011	0,016	0,022	0,027	0,032	0,038	0,043	0,049	0,054	0,059	0,065	0,070	0,076
Вересень	0,002	0,004	0,007	0,011	0,014	0,018	0,021	0,025	0,028	0,032	0,035	0,039	0,042	0,046	0,049
Жовтень	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,027
Листопад	0,001	0,001	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018
Грудень	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015

Таблиця 2.5 – Безрозмірний комплекс Y

Величина	Безрозмірний комплекс Y														
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Місяці															
Січень	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,013	0,013
Лютий	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,022	0,022	0,022
Березень	0,002	0,004	0,009	0,013	0,017	0,022	0,026	0,030	0,034	0,039	0,043	0,047	0,050	0,051	0,052
Квітень	0,005	0,010	0,020	0,031	0,041	0,051	0,061	0,071	0,082	0,092	0,102	0,112	0,117	0,120	0,122
Травень	0,013	0,026	0,053	0,079	0,105	0,131	0,158	0,184	0,210	0,236	0,263	0,289	0,302	0,309	0,315
Червень	0,025	0,049	0,098	0,148	0,197	0,246	0,295	0,345	0,394	0,443	0,492	0,542	0,566	0,579	0,591
Липень	0,026	0,051	0,102	0,153	0,204	0,255	0,307	0,358	0,409	0,460	0,511	0,562	0,588	0,600	0,613
Серпень	0,022	0,045	0,089	0,134	0,179	0,224	0,268	0,313	0,358	0,402	0,447	0,492	0,514	0,525	0,537
Вересень	0,010	0,020	0,040	0,061	0,081	0,101	0,121	0,142	0,162	0,182	0,202	0,222	0,233	0,238	0,243
Жовтень	0,003	0,006	0,012	0,019	0,025	0,031	0,037	0,043	0,050	0,056	0,062	0,068	0,071	0,073	0,075
Листопад	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,011	0,011
Грудень	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,008	0,009	0,009	0,009	0,010

Таблиця 2.6 – Коефіцієнт заміщення f

Величина	Коефіцієнт заміщення f													
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	23,5
Місяці														
Січень	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,009	0,010	0,011	0,012	0,012	0,012
Лютий	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,020	0,021	0,022
Березень	0,002	0,004	0,009	0,013	0,017	0,022	0,026	0,030	0,035	0,039	0,043	0,047	0,049	0,050
Квітень	0,005	0,010	0,021	0,031	0,041	0,051	0,061	0,071	0,081	0,091	0,101	0,111	0,116	0,118
Травень	0,013	0,027	0,053	0,079	0,105	0,130	0,155	0,179	0,204	0,228	0,251	0,275	0,286	0,292
Червень	0,025	0,050	0,098	0,146	0,192	0,237	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Липень	0,026	0,052	0,102	0,151	0,199	0,246	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Серпень	0,023	0,045	0,089	0,133	0,175	0,216	0,257	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Вересень	0,010	0,020	0,041	0,061	0,081	0,100	0,120	0,139	0,158	0,177	0,196	0,214	0,224	0,228
Жовтень	0,003	0,006	0,012	0,019	0,025	0,031	0,037	0,043	0,050	0,056	0,062	0,068	0,071	0,072
Листопад	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,010	0,010
Грудень	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,007	0,007	0,008	0,009	0,009

2.2 Розрахунок системи сонячного теплопостачання без системи опалення

2.2.1 Початкові дані для розрахунку системи сонячного теплопостачання без системи опалення

Початкові дані:

- місце розташування ССТ – Запоріжжя;
- число жителів - $N = 50$;
- розміри будівлі - $a \cdot b \cdot h = 48 \cdot 24 \cdot 3,8$, м;
- вид геліосистеми - рідинна;
- тип колектора - селективні, 2 покриття;
- площа колектора, m^2 , $A =$ від 1 до 23;
- орієнтація колектора (азимут) $\alpha = 0,9$;
- кут нахилу колектора до горизонту $\beta = 42,5^\circ$;
- ефективність проміжного теплообмінника $\varepsilon_{пр} = 0,67$;
- спосіб визначення - програмним методом (Microsoft Excel);
- питомий об'єм бака-акумулятора, m^3/m^2 - 0,07;
- питома об'ємна витрата антифризу через колектор $1,5 \cdot 10^5$ кг/($m^2 \cdot c$);
- щільність антифризу, $\rho_{антифр} = 927$ кг/ m^3 .

2.2.2 Визначання характеристик колектора

Для вказаного типу колектора набудемо значень $F_R = 0,83$, $U_L = 3,85$, $\tau = 0,91$, $\alpha = 0,9$.

Теплообмінник встановлюється в рідинних системах, якщо в якості теплоносія в контурі колектора використовують антифриз.

Відношення $\frac{F'_R}{F_R}$ знаходять з вираження

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \frac{F_R U_L}{G_M C_p} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right]^{-1} = \left[1 + \frac{0,83 \cdot 3,85}{0,013905 \cdot 3350} \left(\frac{1}{0,67} - 1 \right) \right]^{-1} = 0,9673 ,$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ - ефективність проміжного теплообмінника;

C_p - теплоємність антифризу, Дж/кг · К ;

$G_M = G_V \cdot \rho_{\text{антифр}}$ - витрата антифризу через колектор, кг/с.

2.2.3 Вплив орієнтації колектора на довгострокові характеристики

Відношення середньомісячних приходів прямої радіації на похилу і горизонтальну поверхні

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \frac{\pi}{180} \omega' \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta},$$

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(0,663 - 0,925) \cos(-0,365) \sin 1,268 + \frac{\pi}{180} 1,268 \sin(0,663 - 0,925) \sin(-0,365)}{\cos(0,663) \cos(-0,365) \sin 1,268 + \frac{\pi}{180} 1,268 \sin 0,663 \sin(-0,365)},$$

$$\overline{R_b} = 0,8405.$$

Годинний кут заходу сонця на горизонтальній поверхні

$$\omega = \arccos(-tg \varphi tg \delta),$$

$$\omega = \arccos(-tg(0,663) tg(-0,365)),$$

$$\omega = 1,141.$$

Годинний кут заходу сонця на похилій поверхні

$$\omega' = \min[\omega; \arccos(-tg(\varphi - \beta) tg \delta)],$$

$$\omega' = \min[1,268; \arccos(-tg(0,663 - 0,925) tg(-0,365))],$$

$$\omega'_s = 1,141,$$

де δ - нахил сонця.

Для кожного місяця вибираємо значення ρ залежно від наявності снігу в цьому місяці.

Знайдемо значення коефіцієнта відношення загальної радіації на похилу поверхню до радіації на горизонтальну поверхню по формулі

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}.$$

Середньомісячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню H_T , кДж/(м² · добу)

$$\bar{H}_T = \bar{R} \cdot \bar{H}.$$

Числові значення середньомісячного добового вступу сумарної H і дифузною H_d сонячної радіації, МДж/(м² · добу), на горизонтальну поверхню, коефіцієнту ясності атмосфери K_y , температури зовнішнього повітря T_B , °С занесені у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Середньомісячний добовий вступ сумарної H і дифузною H_d сонячної радіації, МДж/(м² · добу), на горизонтальну поверхню, коефіцієнт ясності атмосфери K_y , температура зовнішнього повітря T_B , °С

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
H	4,05	6,26	10,8	15,84	20,25	23,07	23,62	20,11	14,73	9,18	4,03	2,70
H_d	2,56	3,87	5,8	8,48	9,18	10,0	9,04	7,83	5,98	4,32	2,36	1,83
K_y	0,37	0,39	0,45	0,49	0,53	0,56	0,59	0,58	0,55	0,50	0,34	0,29
T_B	-3,6	-2,6	2,5	9,3	15,6	19,2	21,4	20,5	15,7	10,0	3,9	-1,0

2.2.4 Розрахунок навантаження тепlopостачання

Об'єм будівлі по зовнішньому обміру, м³

$$V_H = a \cdot b \cdot h = 48 \cdot 24 \cdot 3,8 = 4377,6.$$

Коефіцієнт обліку району будівництва будівлі

$$a = 0,54 + \frac{22}{(t_B - t_{н.р.})} = 0,54 + \frac{22}{(20 - (-22))} = 1,063.$$

Питома теплова характеристика будівлі, Вт/(м³ · К)

$$g = 1,16 \cdot \frac{(1 + 2d) \cdot A_c + S}{V_H} = 0,5083,$$

де d - доля скління що захищають конструкція (набуваємо значення $d=0,2$);

A_c, S - площа зовнішніх стін і підлоги будівлі в плані відповідно, м².

Величина UA_3 , Вт/К

$$UA_3 = a \cdot g \cdot V_H = 1,063 \cdot 0,5083 \cdot 4377,6 = 2366,947,$$

де U - повний коефіцієнт теплових втрат, Вт/(м² · К);

A_3 - площа зовнішніх поверхонь будівлі, м².

Число градусо-днів в місяці, К · доба

$$H_{г.с.} = (18 - T_B) \cdot N = (18 - (-3,6)) \cdot 31 = 669,6,$$

де $T_B = 18$ °С.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.8.

Навантаження ГВС для січня, ГДж

$$Q_{\text{Г.В.С.}} = \rho \cdot C_p \cdot V_{\text{Г.В.}} \cdot (T_{\text{Г.В.}} - T_{\text{Х.В.}}) \cdot N \cdot n_{\text{д}},$$

$$Q_{\text{Г.В.С.}} = 1000 \cdot 4187 \cdot 0,1 \cdot (50 - 5) \cdot 50 \cdot 31 = 29,204,$$

де ρ – щільність води, кг/м³;

C_p – теплоємність води, Дж/(кг · К);

$V_{\text{Г.В.}}$ – добова витрата гарячої води на 1 людину, м³;

$T_{\text{Г.В.}}$ – температура гарячої води, °С;

N – число мешканців;

$n_{\text{д}}$ – число днів у відповідному місяці;

$T_{\text{Х.В.}}$ – температура холодної води, для середньої смуги можна приймати:

- $T_{\text{В}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{\text{Х.В.}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $T_{\text{В}} > 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{\text{Х.В.}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $0 \text{ } ^\circ\text{C} < T_{\text{В}} < 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, то $T_{\text{Х.В.}} = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Середньомісячне навантаження тепlopостачання, ГДж

$$Q_{\text{Н}} = Q_{\text{Г.В.С.}} = 29,2043.$$

Розрахунок середньомісячних навантажень тепlopостачання приведений в розрахунковій таблиці 2.9.

Річне навантаження тепlopостачання, ГДж

$$Q_{\text{Н}}^{\text{год}} = \sum_{i=1}^{12} Q_{\text{Н}}^i = 988,7606.$$

Таблиця 2.8 – Розрахунок приходу радіації на похилу поверхню

Місяці	$\overline{H}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$	$K_{\text{я}}$	$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$	$1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$	\overline{R}_b	$(1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}})\overline{R}_b$	$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2}$	\overline{R}	$\overline{H}_T, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{доб}}$	$\overline{H}_T^{\text{міс}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$
Січень	4,05	0,37	0,498	0,502	0,841	0,422	0,364	0,92	3,728	115,56
Лютий	6,26	0,39	0,475	0,525	0,934	0,49	0,347	0,972	6,085	170,38
Березень	10,8	0,45	0,413	0,587	0,991	0,582	0,302	1,02	10,994	340,81
Квітень	15,84	0,49	0,377	0,623	0,979	0,61	0,276	1,02	16,153	484,59
Травень	20,25	0,53	0,344	0,656	0,963	0,614	0,252	1	20,254	627,86
Червень	23,07	0,56	0,321	0,679	0,908	0,616	0,235	0,986	22,741	682,23
Липень	23,62	0,59	0,299	0,701	0,921	0,646	0,218	0,99	23,597	731,5
Серпень	20,11	0,58	0,306	0,694	0,964	0,669	0,224	1,03	20,651	640,18
Вересень	14,73	0,55	0,329	0,671	0,992	0,666	0,24	1,04	15,333	459,98
Жовтень	9,18	0,5	0,369	0,631	0,96	0,606	0,27	1,01	9,274	287,49
Листопад	2,36	0,34	0,537	0,463	0,869	0,402	0,392	0,93	2,193	65,79
Грудень	2,7	0,29	0,611	0,389	0,807	0,314	0,446	0,895	2,417	74,93

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок навантаження теплопостачання

Місяці	$Q_{гвс},$ ГДж	n_d	$T_B,$ °С	a	$g,$ $\frac{Вт}{м^3 \cdot К}$	$UA,$ Вт/К	$H_{г.с.},$ °С · сут	$Q_H,$ ГДж
Січень	29,204	31	-3,6	1,06	0,75	2366,947	669,6	29,204
Лютий	26,378	28	-2,6				576,8	26,378
Березень	27,257	31	2,5				480,5	27,257
Квітень	21,982	30	9,3				261	21,982
Травень	22,714	31	15,6				74,4	22,714
Червень	21,982	30	19,2				0	21,982
Липень	22,714	31	21,4				0	22,714
Серпень	22,714	31	20,5				0	22,714
Вересень	21,982	30	15,7				69	21,982
Жовтень	22,714	31	10				248	22,714
Листопад	26,378	30	3,9				423	26,378
Грудень	29,204	31	-1,0				589	29,204
Рік	295,225					295,225		

2.2.5 Розрахунок довгострокових характеристик ССТ для січня

Безрозмірний комплекс X

$$X = \frac{A \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (90 - T_B) \cdot \Delta\tau}{Q_H},$$

$$X = \frac{1 \cdot 0,879 \cdot 3,75 \cdot (90 - (-3,6)) \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 31}{29,204 \cdot 10^9} = 0,00283,$$

де A - площа сонячного колектора, м²;

F'_R - ефективний коефіцієнт відведення тепла, що враховує вплив теплообмінника;

U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, Вт/(м² · К);

T_B – середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С;

Q_H - повне місячне теплове навантаження, Дж.

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.10

Безрозмірний комплекс Y

$$Y = \frac{A \cdot F'_R \cdot (\overline{\tau\alpha}) \cdot H_T^{\text{мес}}}{Q_H} = \frac{1 \cdot 0,879 \cdot 0,9016 \cdot 115,561}{29,204 \cdot 1000} = 0,003139,$$

де $\overline{\tau\alpha}$ - середньомісячна приведена поглинальна здатність;

$H_T^{\text{мес}}$ - місячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню колектора, Дж/м².

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.11.

Коефіцієнт заміщення

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3,$$

$$f = 1,029 \cdot 0,003139 - 0,065 \cdot 0,002832 - 0,245 \cdot 0,003139^2 + 0,0018 \cdot 0,002832^2 + 0,0215 \cdot 0,003139^3 = 0,0030435.$$

Результати розрахунків для різних значень площі приведені в таблиці 2.12.

2.3 Розрахунок потужності електричного котла

Теплотехнічна потужність електричного котла, кВт

$$W = S \cdot W_{\text{уд}} / 10 = 1152 \cdot 0,7 / 10 = 80,$$

де W - потужність котла, кВт;

S – площа приміщення, м²;

Таблиця 2.10 – Безрозмірний комплекс X

Величина	Безрозмірний комплекс X														
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Місяці															
Січень	0,003	0,006	0,011	0,017	0,023	0,028	0,034	0,040	0,045	0,051	0,057	0,062	0,068	0,074	0,079
Лютий	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,034	0,039	0,045	0,050	0,056	0,062	0,067	0,073	0,078
Березень	0,003	0,006	0,011	0,017	0,023	0,028	0,034	0,040	0,045	0,051	0,057	0,062	0,068	0,074	0,079
Квітень	0,003	0,006	0,013	0,019	0,025	0,031	0,038	0,044	0,050	0,057	0,063	0,069	0,075	0,082	0,088
Травень	0,003	0,006	0,012	0,017	0,023	0,029	0,035	0,041	0,046	0,052	0,058	0,064	0,069	0,075	0,081
Червень	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,033	0,039	0,044	0,050	0,055	0,061	0,066	0,072	0,077
Липень	0,003	0,005	0,011	0,016	0,021	0,027	0,032	0,037	0,043	0,048	0,053	0,059	0,064	0,069	0,075
Серпень	0,003	0,005	0,011	0,016	0,022	0,027	0,032	0,038	0,043	0,049	0,054	0,059	0,065	0,070	0,076
Вересень	0,003	0,006	0,012	0,017	0,023	0,029	0,035	0,040	0,046	0,052	0,058	0,064	0,069	0,075	0,081
Жовтень	0,003	0,006	0,012	0,019	0,025	0,031	0,037	0,044	0,050	0,056	0,062	0,068	0,075	0,081	0,087
Листопад	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,033	0,039	0,045	0,050	0,056	0,061	0,067	0,073	0,078
Грудень	0,003	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,033	0,039	0,044	0,050	0,055	0,061	0,066	0,072	0,077

Таблиця 2.11 – Безрозмірний комплекс Y

Величина	Безрозмірний комплекс Y														
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Місяці															
Січень	0,003	0,006	0,013	0,019	0,025	0,031	0,038	0,044	0,050	0,057	0,063	0,069	0,072	0,074	0,075
Лютий	0,005	0,010	0,020	0,031	0,041	0,051	0,061	0,072	0,082	0,092	0,102	0,113	0,118	0,120	0,123
Березень	0,010	0,020	0,040	0,060	0,079	0,099	0,119	0,139	0,159	0,179	0,198	0,218	0,228	0,233	0,238
Квітень	0,017	0,035	0,070	0,105	0,140	0,175	0,210	0,245	0,280	0,315	0,350	0,385	0,402	0,411	0,420
Травень	0,022	0,044	0,088	0,132	0,175	0,219	0,263	0,307	0,351	0,395	0,439	0,482	0,504	0,515	0,526
Червень	0,025	0,049	0,098	0,148	0,197	0,246	0,295	0,345	0,394	0,443	0,492	0,542	0,566	0,579	0,591
Липень	0,026	0,051	0,102	0,153	0,204	0,255	0,307	0,358	0,409	0,460	0,511	0,562	0,588	0,600	0,613
Серпень	0,022	0,045	0,089	0,134	0,179	0,224	0,268	0,313	0,358	0,402	0,447	0,492	0,514	0,525	0,537
Вересень	0,017	0,033	0,066	0,100	0,133	0,166	0,199	0,232	0,266	0,299	0,332	0,365	0,382	0,390	0,398
Жовтень	0,010	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120	0,141	0,161	0,181	0,201	0,221	0,231	0,236	0,241
Листопад	0,002	0,004	0,008	0,012	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,044	0,046	0,046	0,047
Грудень	0,002	0,004	0,008	0,012	0,016	0,020	0,024	0,028	0,033	0,037	0,041	0,045	0,047	0,048	0,049

Таблиця 2.12 – Коефіцієнт заміщення f

Величина	Коефіцієнт заміщення f													
А, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28
Місяці														
Січень	0,003	0,006	0,012	0,018	0,024	0,030	0,036	0,042	0,048	0,054	0,060	0,066	0,069	0,070
Лютий	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,099	0,109	0,114	0,116
Березень	0,010	0,020	0,040	0,059	0,079	0,098	0,117	0,136	0,154	0,173	0,191	0,209	0,218	0,222
Квітень	0,018	0,035	0,070	0,104	0,138	0,171	0,203	0,235	0,266	0,297	0,327	0,356	0,371	0,378
Травень	0,022	0,044	0,088	0,130	0,172	0,212	0,252	0,291	0,329	0,366	0,402	0,438	0,455	0,463
Червень	0,025	0,050	0,098	0,146	0,192	0,237	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Липень	0,026	0,052	0,102	0,151	0,199	0,246	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Серпень	0,023	0,045	0,089	0,133	0,175	0,216	0,257	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Вересень	0,017	0,034	0,067	0,099	0,131	0,162	0,193	0,224	0,253	0,283	0,312	0,340	0,354	0,361
Жовтень	0,010	0,020	0,040	0,060	0,079	0,099	0,118	0,137	0,156	0,174	0,193	0,211	0,220	0,224
Листопад	0,002	0,004	0,007	0,011	0,015	0,018	0,022	0,026	0,029	0,033	0,037	0,040	0,042	0,043
Грудень	0,002	0,004	0,008	0,011	0,015	0,019	0,023	0,027	0,030	0,034	0,038	0,042	0,043	0,044

$W_{уд}$ – питома потужність котла на 10 м^2 , встановлювана окремо для кожного регіону (для Запоріжжя цей показник дорівнює 0,7-0,9).

Обсяг ємнісного водонагрівача, л

$$V_в = V \cdot \frac{T - T'}{T'' - T'} = 500 \cdot \frac{40 - 10}{60 - 10} = 300,$$

де $V_в$ – необхідний об'єм водонагрівача, м^3 ;

V - необхідна кількість теплої води, л;

T – необхідна температура теплої води, $^{\circ}\text{C}$;

T' - температура води, з якою змішується гаряча вода з нагрівача, $^{\circ}\text{C}$;

T'' - температура нагрітої води у водонагрівачі, $^{\circ}\text{C}$.

Час нагріву води, хв

$$T = m \cdot CB \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{P} = 300 \cdot 4,2 \cdot \frac{60 - 10}{80} = 13,$$

де T – час нагріву води, $^{\circ}\text{C}$;

m – маса води в бойлері, кг;

CB - питома теплоємність води, дорівнює $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

t_2 - температура, до якої повинна бути нагріта вода, $^{\circ}\text{C}$;

t_1 - початкова температура води в бойлері, $^{\circ}\text{C}$;

P – потужність котла, кВт.

2.4 Розрахунок потужності теплового насосу

2.4.1 Розрахунок потужності теплового насосу на будівлю

Тепловтрати будинку, ккал/год

$$Q = k \cdot V \cdot \Delta T = 2 \cdot 4377,6 \cdot 38 = 332697,$$

де V – об'єм приміщення, м^3 ;

ΔT - максимальна різниця між температурою повітря ззовні та всередині приміщення в зимовий час, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі будівлі.

Потреба у вжитку тепла (опалювальне навантаження будівлі) складає від 7,7 кВт. Енергозбереженні організації надають час блокування 2 x 2 ч. Чинник блокування часу Z складає 1,1. За допомогою цих даних розраховується потужність теплового насоса, Q_{wp} , кВт

$$Q_{wp} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z = (18,3 + 1,0) \cdot 1,1 = 21,2 ,$$

$$Q_{E-stab} = Q_{wp} - Q_{wp Tn} = 21,2 - 4,2 = 17,$$

де Q_G - опалювальне навантаження будівлі, кВт;

Q_{ww} - споживана потужність для водопідготовки, кВт;

Q_{E-stab} - потужність нагрівального елемента, кВт;

$Q_{wp Tn}$ – потужність теплового насоса при нормальному розташуванні, кВт;

Z – чинник блокування часу.

2.4.2 Розрахунок потужності теплового насоса на басейн

Тепловтрати будинку, ккал/год

$$Q = k \cdot V \cdot \Delta T = 2 \cdot 242 \cdot 38 = 18392 ,$$

де V – об'єм приміщення, м^3 ;

ΔT - максимальна різниця між температурою повітря ззовні та всередині приміщення в зимовий час, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі будівлі.

Потреба у вжитку тепла (опалювальне навантаження будівлі) складає від 7,7 кВт. Енергозбереженні організації надають час блокування 2 х 2 ч. Чинник блокування часу Z складає 1,1. За допомогою цих даних розраховується потужність теплового насоса, Q_{wp} , кВт

$$Q_{wp} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z = (12,7 + 1,0) \cdot 1,1 = 15,07,$$

$$Q_{E-stab} = Q_{wp} - Q_{wp Tn} = 15,07 - 4,2 = 10,87,$$

де Q_G - опалювальне навантаження будівлі, кВт;

Q_{ww} - споживана потужність для водопідготовки, кВт;

Q_{E-stab} - потужність нагрівального елемента, кВт;

$Q_{wp Tn}$ - потужність теплового насоса при нормальному розташуванні, кВт;

Z - чинник блокування часу.

2.5 Вибір обладнання сонячного колектора

Сонячний колектор SP - С - 150 л [65]. Безнапірна термосифонна система з напірним теплообмінником (бак, вакуумні трубки, рама, наповнювальний бак 5 л).

Комплектація: Внутрішній бак нержавіюча сталь, зовнішній чорний метал з порошковим фарбуванням, посилена рама з порошковим фарбуванням, наповнювальний бак 5 л та вбудований спіральний теплообмінник.

Усі системи комплектуються електричним тенем, потужністю 1,5 кВт. (220 В, 7.5 А), кількість трубок в системі 15 штук, тип трубок D58-1800, сумарна апертурна площа поглинання 1,42 м², місткість баку 150 л. маса зібраною і заповненою водою системи 303 кг.

Основні робочі характеристики:

- сонячний водонагрівач відрізняється високою стійкістю до таких погодних явищ, як вітер і град, а також важким температурним умовам (українські високі/низькі температури);

- тривала підтримка високої температури, що досягається за рахунок більшої товщини шару пенополиуретана, завдяки чому досягається значне зниження тепловтрат, температура може зберігатися на протязі понад 48 годин, і навіть після 100 годин вода у баку буде все ще теплою;

- зовнішній бак і каркас виробу піддані антикорозійній обробці;

- ущільнення з кремнійорганічного (силіконового) каучуку: не токсично, не має запаху, сприяє збереженню чистоти і підтримці високої температури води, характеризується тривалим експлуатаційним ресурсом;

- повністю мікропроцесорне управління: проста у використанні система комп'ютеризованого управління;

- мінералізація води за допомогою системи анодного електролітичного очищення від забруднення (опція).

Рекомендації по установці:

- у зв'язку з тим, що установка сонячного водонагрівача зв'язана з роботами, що виконуються на висоті, не забувайте про відповідні норми техніки безпеки;

- перед установкою слід уважно прочитати і, по можливості, дотримуватися представлених рекомендацій і опису процедури установки або запросити професійних монтажників для виконання установки;

- тиск водопровідної води яка подається в наповнювальний бак не повинно перевищувати 0.3 МПа (3 Bar = 3 атм). Якщо тиск води буде більше вказаного значення, замочний клапан може не перекрити приплив води і у результаті можливе ушкодження бака і вакуумних трубок;

- у разі відсутності водопровідної води висота подання води в систему повинна перевищувати на 3-4 м висоту установки сонячного водонагрівача, або повинен використовуватися допоміжний насос для подання води;

- будьте уважливими обережні під час транспортування і установки трубок, щоб запобігти їх ушкодженню;

- встановлюйте водяний бак строго перпендикулярно вакуумним трубкам. Після монтажу трубки відстань від трубки до краю отвору у баку, на всіх напрямках по радіусу отвору, має бути однакою. Невиконання цієї вимоги може бути причиною порушення герметичності ущільнень трубок і течі води в точці установки трубок;

- для оптимальної роботи сонячного водонагрівача в похмуру погоду слід використати догріває води за допомогою вбудованого електронагрівача;

- якщо сонячний водонагрівач встановлюється на даху і не оснащений громовідводом, встановіть громовідвід;

- сонячний водонагрівач має бути встановлений в сонячному місці, рама, що несе, і водяний бак мають бути міцно закріплені;

- перед установкою необхідно усунути осад з водяного бака щоб уникнути розриву водяного бака при засміченому повітрязбірнику;

- встановлюючи трубки, слід використати мастило в місцях з'єднань (технічний вазелін, силіконове мастило, мильний розчин) і дуже акуратно монтувати трубки для того, щоб не пошкодити кільце ущільнювача;

- щоб зменшити втрату тепла при використанні системи, краще використати високоміцну полімерну трубку, чим сталеву;

- якщо сонячний водонагрівач обладнаний електричним нагрівачем, то слід встановити захист від витоку (заземлити систему) і відповідні запобіжники; кабель має бути трижильним і мати гумову ізоляцію; площа поперечного перерізу провідників має бути не менше 1,5 мм².

2.6 Вибір обладнання теплового насоса

У дипломній роботі використовуватиметься тепловий насос HYDRO-PRO 22t для плавального басейну для опалювання басейну він воду у басейні і підтримуватиме постійну температуру, при температурі

навколишнього повітря від -10 C до 43C . Уявляє собою систему «повітря - вода» [66]. Дане обладнання є погодозалежним, тому в якості джерела тепла використовується зовнішнє повітря. Ефективність теплового насосу коливається в межах показників від $1,0\text{ кВт/кВт}$ до $4,1\text{ кВт/кВт}$.

Нагрівальна здатність 22 кВт , що охолоджує здатність 11 кВт , вхідна потужність $3,45\text{ кВт}$, максимальний об'єм 120 м^2 , робочий струм $6,6\text{ А}$. Використовується титановий теплообмінник, спіральний компресор, хладоагент R410a, витрата повітря 3500 м^3 , вхідна потужність вентилятора 200 Вт , частота обертання вентилятора $830\text{-}870\text{ об/хв}$, повітряний потік, – вертикальний, рівень шуму 47 дБ(А) . Розміри нетто $865/685/910$, вага 125 кг . Розміри моделі показані на рисунку 2.1.

Пристрій працюватиме правильно, в будь-якому місці, за наявності трьох умов:

- свіже повітря;
- електрика;
- фільтри плавального басейну.

Прилад може бути встановлений практично в будь-якому місці при дотриманні мінімальної відстані до інших об'єктів. На рисунку 2.2 показано відстань об'єкту до огорожуючих конструкцій.

2.6.1 Відстань від плавального басейну

Тепловий насос зазвичай встановлюється в межах периметра території, що тягнеться на $7,5\text{ м}$. Чим більше відстань від басейну, тим більше втрати тепла в трубах. Оскільки труби знаходяться в основному більше втрати тепла в трубах. Оскільки труби знаходяться в основному під землею, низька втрата тепла буде на відстані до 30 м (15 м від і до насоса; 30 м в цілому), якщо земля не мокра або рівень ґрунтових вод невисокий.

Груба оцінка втрат тепла на 30 м складає $0,6\text{ кВт}$ (2.000 БТЕ) за кожних $5\text{ }^\circ\text{C}$ різниця між температурою води в басейні і температурою ґрунту, що

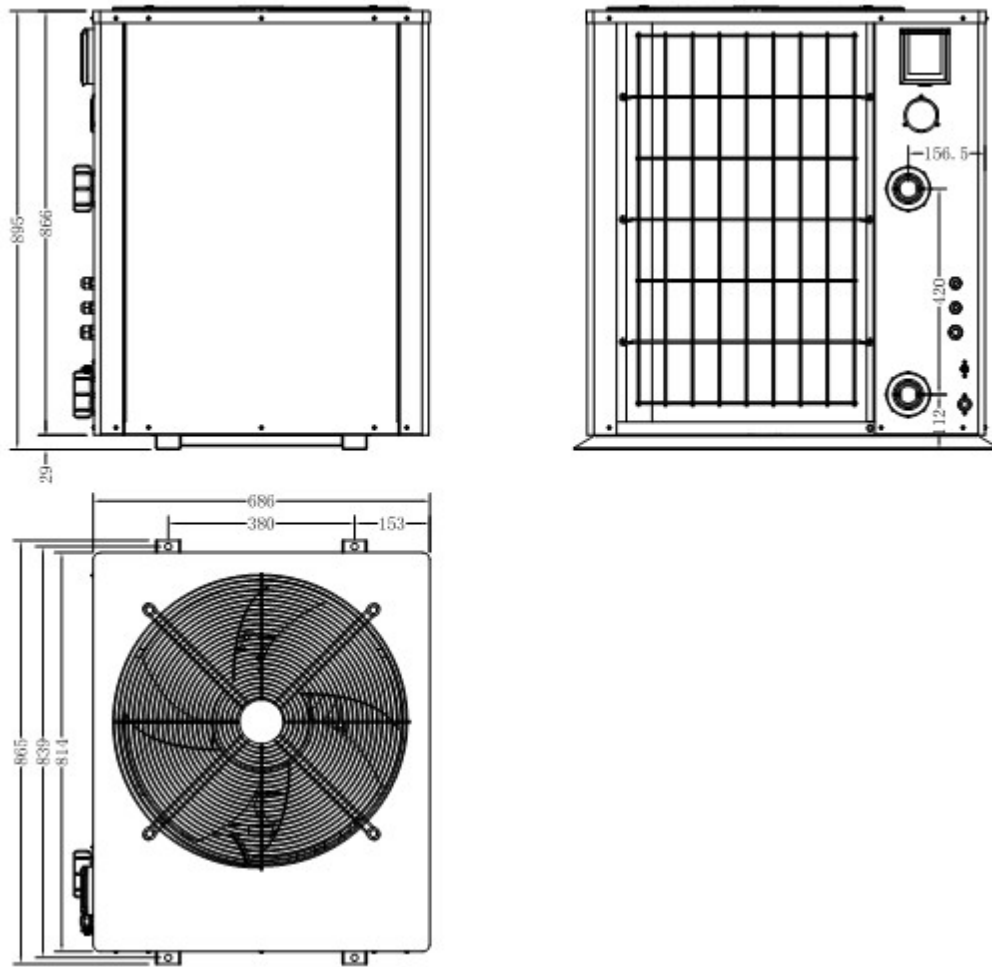


Рисунок 2.1 – Розміри моделі HYDRO-PRO 22T

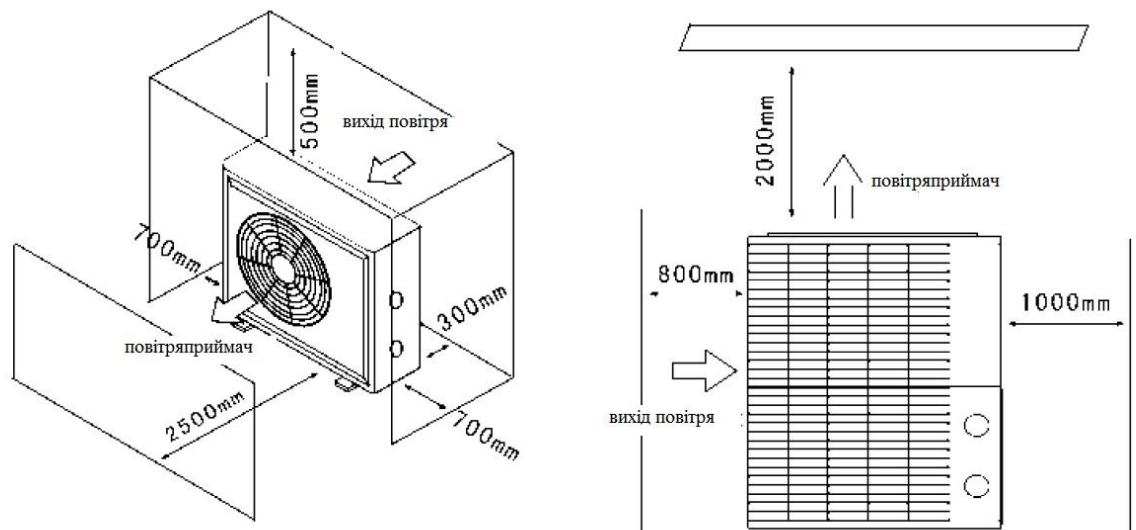


Рисунок 2.2 – Відстань об'єкту до огорожуючих конструкцій

оточує трубу. Це збільшує час роботи від 3 % до 5 %.

2.6.2 Конденсація

Всмоктуване повітря значно охолоджується в результаті роботи теплового насоса при нагріві води в басейні, і вода може конденсуватися на ребрах випарника. При високій вологості, це може навіть скласти декілька літрів в годині Інколи помилково це сприймається як витік води [67].

Були проведені дослідження теплового насосу та її електричної складової. Та визначено показники ефективності теплового насосу COP, які приведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Показники ефективності теплового насосу

Величина	Місяці року											
	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Середньоміс споживання електроенергії, кВт г	45,2	47	56,4	65,1	70,2	46,7	43,6	40,6	32,9	23,2	25	29,1
Середньоміс температура зовнішнього повітря, °С	+9	+3	-1	-3	-1	+2	+10	+16	+20	+22	+21	+16
COP, кВт г / кВт г	3,6	3,47	2,89	2,5	2,32	3,48	3,74	4,01	4,95	7	6,5	5,6

До переваг теплових насосів в першу чергу слід віднести економічність. Ще однією перевагою теплових насосів є можливість перемикання з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку. Тепловий насос надійний, його роботою керує автоматика.

Основним недоліком теплового насоса є зворотна залежність його ефективності від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем. Це

накладає певні обмеження на використання систем типу «повітря - вода». Реальні значення ефективності сучасних теплових насосів становлять близько COP = 2.0 при температурі джерела -20 °С, і порядку COP = 4.0 при температурі джерела +7 °С.

2.7 Вибір обладнання електрокотла

В дипломній роботі буде використовуватиметься електрокотел Bosch TRONIC 5000 H 60kW [68].

Характеристики котла: потужність 60 кВт, напруга 380 В, ККД 99 %, споживання електричної енергії 60.2 кВт/год, площа перерізу кабелю 25 мм², струм 88 А, частота 50 ГЦ, вага 62 кг. Розміри 615*870*335 мм. Робочий тиск контуру опалювання: мінімальне 0,6 бар, максимальне 2,5 бар. Температура контуру опалювання 90 °С.

Застосування електрокотла Bosch Tronic 5000 H 60kw:

- закриті системи опалювання з примусовою циркуляцією теплоносія;
- закриті системи опалювання з теплоакumuлюючими місткостями і примусовою циркуляцією теплоносія;
- завдяки великому об'єму води в теплообміннику ідеально підходять для модернізації діючих систем опалювання;
- можливість використання як резервного котла.

2.7.1 Опис та розміри електрокотла

На рисунку 2.3 показані розміри електрокотла Bosch Tronic 5000 H 60kW.

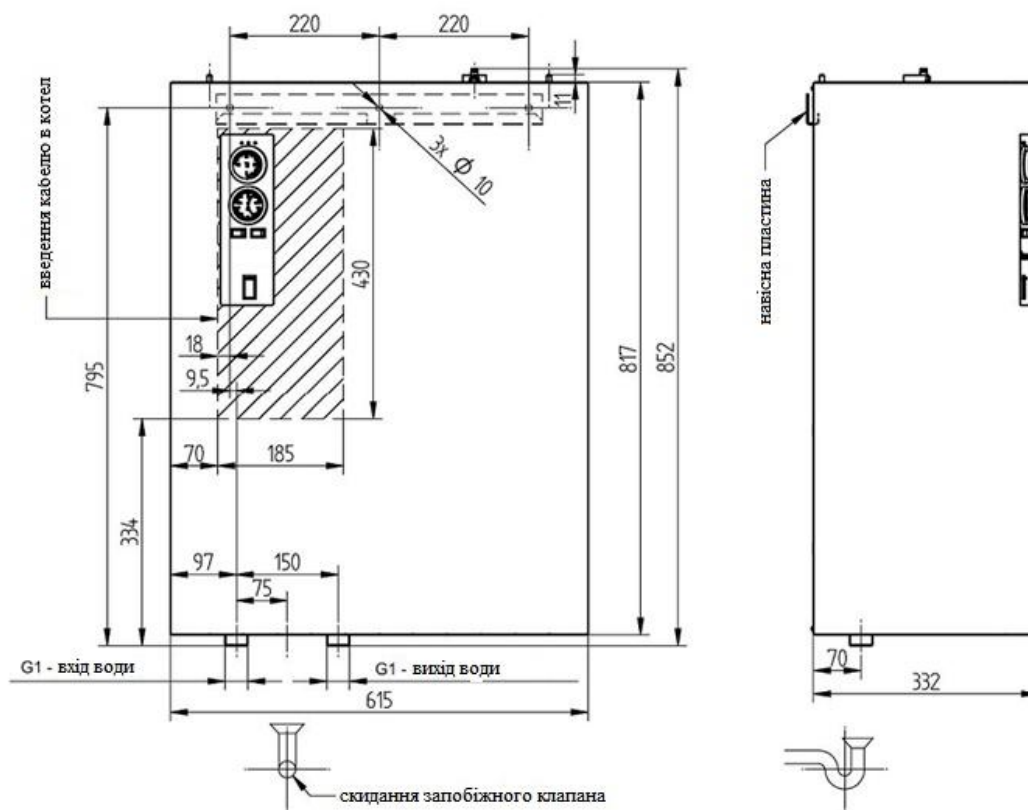


Рисунок 2.3 - Розміри електрочотла Bosch Tronic 5000 H 60kW

Опис електрочотла Bosch Tronic 5000 H 60kW:

- міра захисту електроустаткування IP40;
- теплообмінник з легованої сталі завтовшки 4 мм з вертикальним розміщенням електричних нагрівальних елементів в нижній частині теплообмінника;
- теплоізоляція теплообмінника з усіх боків з екологічно чистих негорючих мінеральних матеріалів завтовшки 20 мм;
- мідні електричні нагрівальні елементи Backer Elektro CZ (NIBE Group);
- низькошумові контактори Telemecanique (Schneider Electric);
- головний вимикач OEZ;
- вбудований трьохшвидкісний циркуляційний насос WILO RS 15/7-3;
- датчик тиску теплоносія;
- автоматичний повітрявідводчик.

Високий рівень економічності, надійності і безпеці роботи котла забезпечується завдяки наступним технічним рішенням:

- застосуванням схеми затримки при включенні східців потужності котла що не допускає високих стрибків пускового струму і навантаження на електромережу;

- високонадійною схемою автоматики управління стійкої до скачок напруги в електромережі (без використання напівпровідникової електроніки);

- великим об'ємом теплообмінника, що забезпечує рівномірний тепловий спуск з усіх нагрівальних елементів, тим самим подовжуючи ресурс їх роботи. Також ця схема виключає закипання теплоносія при зупинках котла у разі відключення електроенергії;

- розташуванням електричних нагрівальних елементів ТІЛЬКИ в нижній частині теплообмінника, що виключає їх перегрівання у разі попадання невеликої кількості повітря в теплообмінник з системи опалювання;

- застосуванням потужних комутаційних пристроїв (контакторів) що мають найвищий ресурс роботи [69].

Панель управління складається з:

- головного вимикача;
- сигнальних ламп станів котла ("мережа", "робота", "помилка");
- вимикачів східців потужності;
- термостата контура опалювання;
- блокувального термостата;
- термоманометра.

Функції автоматики електрокотла Bosch Tronic 5000 H 60kW:

3 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Склад витрат у будівлі

Для визначення річного економічного ефекту і економії на приведених витратах, необхідно знати статті витрат будівлі.

Витрати можна представити у вигляді наступної формули, грн/рік

$$\sum Z = Z_{\text{п}} + Z_{\text{в}} + Z_{\text{ел}} + \text{ФОТ} + Z_{\text{Пнар}} , \quad (3.1)$$

де $Z_{\text{п}}$ – витрати на паливо;

$Z_{\text{в}}$ – витрати на воду;

$Z_{\text{ел}}$ – витрати на електроенергію;

ФОТ – фонд оплати праці працівників;

$Z_{\text{Пнар}}$ – величина нарахувань на фонд оплати праці.

По прийнятій методиці калькуляції всі витрати по планують і враховують по даному об'єкту

$$\sum Z = 1300313 + 8161,4 + 36870,84 + 17914 + 6588,77 = 1369848,01.$$

3.1.1 Розрахунок річних витрат на паливо

Ціна 1 куб.м. складається з преїскурантної ціни, встановленої франко-станція відправлення, і витрат на транспортування палива до станції призначення по формулі, грн/куб.м

$$C_T = C_{\text{пр}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{нр}} = 7,19 + 0,52 + 0 = 7,71 , \quad (3.2)$$

де $C_{\text{пр}}$ – преїскурантна ціна палива, яку знаходять залежно від заданого виду

палива за преїскурантами цін: на вугілля, на нафтопродукти, на природний газ [91];

$C_{тр}$ – вартість перевезень, визначена за діючим тарифом залежно від відстані і виду транспорту, грн;

$C_{нр}$ – знижка або надбавка до преїскурантної ціни палива залежно від його фактичної вологості, зольності і змісту сірки в ньому (у розрахунку приймається 0,1 грн/куб.м.), грн.

Річні витрати на паливо визначають по формулі, грн/рік

$$Z_{п} = B_{год}^H \left(1 + \frac{\alpha_H}{100} \right) \cdot C_{п} = 105408 \left(1 + \frac{0,6}{100} \right) \cdot 7,71 = 1300313, \quad (3.3)$$

де $B_{год}^H$ – річна витрата натурального палива в котельній, куб.м./рік;

α_H – втрати твердого палива в дорозі до станції призначення в межах норм природного спаду (0,5 ... 0,8 %);

$C_{п}$ – ціна 1т натурального палива до станції призначення грн/куб.м.

3.1.2 Розрахунок річних витрат на воду

Річні витрати на воду визначають по формулі, грн/рік

$$Z_B = B_B^{год} \cdot C_B = 730 \cdot 16,72 = 8161,4, \quad (3.4)$$

де B_B – річна витрата води, м³;

C_B – ціна на воду, грн/м³ [92].

3.1.3 Розрахунок річних витрат на електроенергію

Річні витрати на електроенергію визначають по формулі, грн/рік

$$Z_{\text{ел}} = \Phi \cdot C_e = 20148 \cdot 1,68 = 36870,84 \text{ ,} \quad (3.5)$$

де Φ – число годин роботи в рік, годин;

C_e – ціна електроенергії [93].

3.1.4 Розрахунок фонду заробітної платні на рік

Фонд оплати праці складається з основної та додаткової заробітної платні робітників, грн

$$\text{ФОТ} = \text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{доп}} \text{ .} \quad (3.6)$$

Основна заробітна платня, грн

$$\text{ЗП}_{\text{осн}} = n \cdot \text{ЗП}_{\text{мин}} \cdot n_{\text{мес}} = 1 \cdot 4173 \cdot 12 = 50076 \text{ ,} \quad (3.7)$$

де n - кількість працюючих;

$\text{ЗП}_{\text{мин}}$ - мінімальна ЗП;

$n_{\text{мес}}$ - кількість місяців роботи в році.

Додаткова заробітна платня дорівнює одноразовій виплаті премії у розмірі однієї заробітної платні, тобто $\text{ЗП}_{\text{доп}}=4173$ [94].

Фонд оплати праці, грн

$$\text{ФОТ}=50076+4173=51454.$$

Нарахування на фонд оплати праці складає 36,78 % (3 клас професійного ризику виробництва) [95]

$$\text{ЗП}_{\text{нар}} = \text{ФОТ} \cdot \frac{36,78 \%}{100 \%} = 51454 \cdot \frac{36,78\%}{100 \%} = 18924,78 \quad (3.8)$$

3.2 Розрахунок економічних показників системи сонячного теплопостачання з системою опалення

3.2.1 Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку тільки за рахунок використання електричної енергії, кВт/год , [96]

$$Q_{\text{без ск}} = \frac{Q_n \cdot 10^6}{3600} = \frac{166,14 \cdot 10^6}{3600} = 46150. \quad (3.9)$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 3.1.

3.2.2 Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, кВт/ч

$$Q_{\text{с ск}} = \frac{Q_n \cdot 10^6 (1-f)}{3600} = \frac{166,14 \cdot 10^6 (1-0,001)}{3600} = 46125. \quad (3.10)$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 3.2.

3.2.3 Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн/рік

$$S = Q_{\text{с ск}} \cdot T = 46125,4 \cdot 1,68 = 84178,85, \quad (3.11)$$

де T - тариф на електроенергію, грн/кВт, [93].

Результати розрахунків з урахуванням усіх значень площ приведені в таблиці 5.3.

3.2.4 Капітальних витрат на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

$$KZ_{\text{к с ск}} = \frac{Q_{\text{с ск}} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{46125,4 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 92994,75. \quad (3.12)$$

Таблиця 3.1 - Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку тільки за рахунок використання електроенергії $Q_{\text{без СК}}$, кВт

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$Q_{\text{без СК}}$, кВт	46150	40093	34867,13	20932,6	10536	6106,04	6309,58	6309,58	10025,7	20397,65	31356,5	41571,4

Таблиця 3.2 - Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, кВт

		$Q_{\text{с ск}}$, кВт													
Місяць / A, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	23,5	
Січень	46125,4	46100,7	46051,3	46002	45952,6	45903,3	45854,1	45804,8	45755,6	45706,4	45657,3	45608,1	45585,1	45575	
Лютий	40056,1	40018,8	19944,3	39869,9	39795,5	39721,2	39647	39572,9	39498,8	39424,8	39350,8	39277	39241,44	39224,9	
Березень	34791,3	34715,5	34564,2	34413,3	34262,6	34112,3	33962,2	33812,5	33663,1	33514	33365,3	33216,8	33144,1	33109,2	
Квітень	20824,1	20715,9	20500,2	20285,6	20072	19859,5	19648,1	19437,7	19228,4	19020,1	18812,8	18606,6	18505,1	18455,7	
Травень	10395,3	10255,4	9978,4	9704,8	9434,8	9168,2	8905	8645,3	8389	8136	7886,3	7640	7519,3	7460,4	
Червень	5953,3	5802,5	5506	5216,7	4934,3	4658,7	0	0	0	0	0	0	0	0	
Липень	6145,8	5984,1	5666,5	5356,8	5054,8	4760,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Серпень	6166,3	6024,6	5745,6	5472,8	5205,8	4944,8	4689,6	0	0	0	0	0	0	0	
Вересень	9922,8	9820,4	9617,1	9415,8	9216,4	9019,1	8823,6	8630,2	8438,6	8249	8061,3	7875,5	7784,4	7740,2	
Жовтень	20333,8	20270	20142,8	20015,9	19889,4	19763,3	19637,6	19512,3	19387,3	19262,8	19138,6	19014,8	18954,3	18925,4	
Листопад	31342,9	31329,3	31302,2	31275	31247,9	31220,8	31193,7	31166,6	31139,5	31112,4	31085,4	31058,3	31046,1	31041,4	
Грудень	41555,9	41540,4	41509,3	41478,3	41447,3	41416,2	41385,2	41354,2	41323,3	41292,3	41261,3	41230,4	41216,4	41210,8	

Таблиця 3.3 - Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

Sc ск, грн														
Місяць А, м ²	1	4	7	10	13	16	19	22	23	23,5	20	22	23	23,5
Січень	84179	84133,8	84043,7	83953,6	83863,6	83773,6	83683,7	83593,8	83504,0	83414,2	83324,5	83234,9	83192,8	83175
Лютий	73102	73034,3	72898,4	72762,6	72626,9	72491,3	72355,8	72220,5	72085,3	71950,2	71815,3	71680,5	71615,5	71586
Березень	63494	63355,8	63079,7	62804,2	62529,2	62254,9	61981,1	61707,8	61435,2	61163,1	60891,6	60620,7	60488,0	60424
Квітень	38004	37806,5	37412,9	37021,2	36631,5	36243,7	35857,8	35473,8	35091,8	34711,7	34333,4	33957,1	33771,9	33682
Травень	18971	18716,1	18210,5	17711,3	17218,5	16732,0	16251,7	15777,7	15309,9	14848,2	14392,6	13943,0	13722,6	13615
Червень	10865	10589,5	10048,5	9520,4	9005,0	8502,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Липень	11216	10920,9	10341,3	9776,1	9225,0	8687,9	0	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	11254	10994,8	10485,8	9987,8	9500,7	9024,3	8558,5	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	18109	17922,2	17551,2	17183,8	16820,0	16459,8	16103,1	15750,0	15400,5	15054,4	14711,8	14372,7	14206,6	14126
Жовтень	37109	36992,8	36760,6	36529,0	36298,2	36068,1	35838,7	35609,9	35381,9	35154,6	34927,9	34702,0	34591,6	34539
Листопад	57201	57176,0	57126,5	57076,9	57027,4	56977,9	56928,4	56879,0	56829,6	56780,2	56730,8	56681,5	56659,2	56651
Грудень	75840	75811,2	75754,6	75697,9	75641,3	75584,7	75528,1	75471,5	75414,9	75358,4	75301,9	75245,5	75219,9	75210
Рік	499344	497454	493714	490025	486387	482800	463087	452484	450453	448435	446430	444438	443468	443006

3.2.5 Капітальних витрат на придбання і установку сонячного колектора, грн

$$KZ_{ск} = (A \cdot 10000 + 40000A \cdot 0,075 + 1000 + 2000 \cdot 5 + 5000 + 3000) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 33324,2, \quad (3.13)$$

де 10000 - вартість 1 м² колектора, грн;

40000 - вартість 1 м³ БА, грн;

1000 - вартість повітряного теплообмінника, грн;

2000·5 - вартість насосної групи (5 шт.), грн;

5000 - вартість трубопроводів, грн;

3000 - витрати на ізоляцію труб, грн;

1,05 - коефіцієнт запасу, що враховує, на вартість проекту;

1,2 - коефіцієнт запасу, що враховує, на вартість робіт;

1,1 - коефіцієнт запасу, що враховує, на вартість транспортування і доставки.

3.2.6 Капітальних витрат на котел при теплопостачанні будинку тільки за рахунок використання електроенергії, грн

$$KZ_{к без ск} = \frac{Q_{без ск} \cdot 1500}{24 \cdot 31} = \frac{46150,1 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 93044,6. \quad (3.14)$$

3.2.7 Економія коштів на котел за рахунок установки СК, грн

$$\Delta KZ = KZ_{к без ск} - KZ_{к с ск} = 93055,6 - 92994,75 = 49,81. \quad (3.15)$$

3.2.8 Сумарні капітальні витрати, грн

$$KZ = KZ_{ск} - \Delta KZ = 33324,2 - 49,81 = 33274,41. \quad (3.16)$$

3.2.9 Річна економія коштів за рахунок установки СК, грн

$$\mathcal{E} = \sum S_{\text{без СК}}^{\text{год}} - \sum S_{\text{с СК}}^{\text{год}} = 501246,7 - 499343,8 = 1902,9. \quad (3.17)$$

3.2.10 Термін окупності (порівняльний), рік

$$T_{\text{ор}} = \frac{KЗ}{\mathcal{E}} = \frac{33274,41}{1902,9} = 17,5. \quad (3.18)$$

Результати розрахунків пп. 3.2.4 - 3.2.10 зведені в таблицю 3.4.

3.2.11 На основі даних таблиці 3.4 побудуємо графік залежності терміну окупності СК від його площі (див. рис. 3.1).

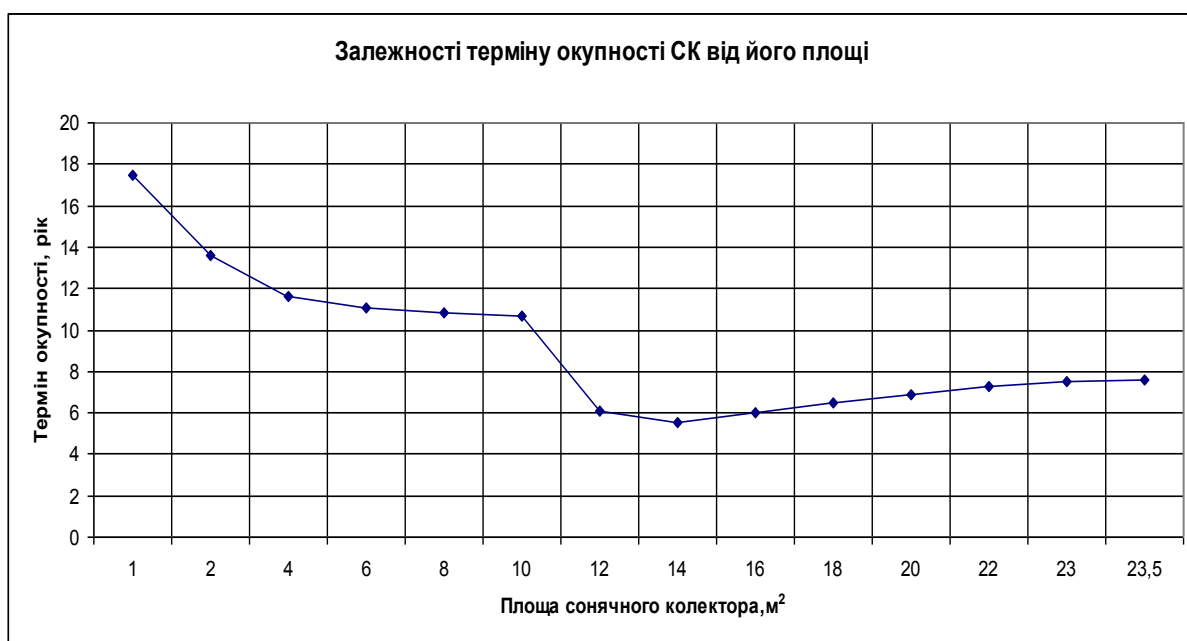


Рисунок 3.1 - Графік залежності терміну окупності СК від його площі

Амортизаційні відрахування проводяться з метою накопичення засобів в так званому амортизаційному фонді, який використовується для відтворення зношених основним фондів.

Амортизаційні відрахування на обладнання, грн/рік

$$Z_a^o = \frac{K_{\text{об}}}{H_a} = \frac{442222,6}{5} = 88444,5, \quad (3.19)$$

Таблиця 3.4 - Розрахунок терміну окупності установки

А, м ²	КЗк с ск,грн	КЗск,грн	КЗк без ск, грн	ΔКЗ,грн	КЗ,грн	Э,грн	Т _{ор} , рік
1	92994,7	33324,2	93044,6	49,8108	33274,41	1902,9	17,5
2	92945	51548,1		99,6078	51448,5	3792,721	13,6
4	92845,4	87995,9		199,16	87796,73	7533,155	11,7
6	92745,9	124444		298,658	124145	11221,87	11,1
8	92646,5	160891		398,1	160493,3	14859,45	10,8
10	92547,1	197339		497,487	196841,7	18446,47	10,7
12	92447,7	233787		596,819	233190,2	38159,75	6,1
14	92994,7	270235		49,8108	270185	48762,52	5,5
16	92348,5	306683		696,096	305986,5	50793,64	6
18	92249,2	343130		795,318	342335	52811,72	6,5
20	92150,1	379578		894,485	378683,6	54816,83	6,9
22	92051	416026		993,597	415032,3	56809,04	7,3
23	91951,9	434250		1092,65	433157,1	57778,71	7,5
23,5	91905,4	443362	1139,15	442222,6	58240,72	7,6	

де $K_{об}$ - капітальні вкладення в обладнання;

N_a - норма амортизаційних відрахувань на обладнання, $N_a = 5$ років, [95].

3.3 Розрахунок економічних показників системи сонячного теплопостачання без системи опалення

3.3.1 Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку тільки за рахунок використання електричної енергії, розраховано по формулі (3.9), кВт

$$Q_{без\ ск} = \frac{29,2 \cdot 10^6}{3600} = 8112,3.$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 3.5.

3.3.2 Повне місячне теплове навантаження у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, розраховано по формулі (3.10), кВт

$$Q_{с\ ск} = \frac{29,2 \cdot 10^6 (1 - 0,003)}{3600} = 8087,6.$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 3.6.

3.3.3 Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, розраховано по формулі (3.11), грн/рік

$$S = 8087,6 \cdot 1,83 = 14759,9.$$

Результати розрахунків з урахуванням усіх значень площ приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.5 - Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку тільки за рахунок використання електроенергії $Q_{\text{без СК, кВт}}$

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопа д	Грудень
$Q_{\text{СК, кВт}}^{\text{без}}$	8112,3	737,3	7571,5	6106	6309,6	6106	6309,6	6309,6	6106	6309,6	7327,3	8112,3

Таблиця 4.6 - Повне місячне теплове навантаження у разі тепlopостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, кВт

Q _{с ск, кВт}														
Місяць A, м ²	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	23,5
Січень	8087,6	8063	8013,8	7964,8	7915,9	7867,2	7818,6	7770,2	7721,9	7673,8	7625,9	7578,1	7555,7	7546
Лютий	7290	7252,8	7178,8	7105,1	7031,9	6958,9	6886,4	6814,2	6742,4	6671	6599,9	6529,2	6495,3	6479,8
Березень	7495,8	7420,5	7270,9	7122,7	6976	6830,7	6686,9	6544,5	6403,4	6263,8	6125,5	5988,7	5922,1	5890,4
Квітень	5997,9	5890,6	5678,8	5470,6	5265,9	5064,7	4867,1	4672,9	4482,1	4294,7	4110,7	3930	3842,1	3799,8
Травень	6169,1	6030,2	5756,7	5488,9	5227	4970,7	4720	4474,8	4235,1	4000,8	3771,8	3548,1	3439,4	3386,7
Червень	5953,3	5802,5	5506	5216,7	4934,3	4658,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Липень	6145,8	5984,1	5666,5	5356,8	5054,8	4760,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	6166,3	6024,6	5745,6	5472,8	5205,8	4944,8	4689,6	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	6003,3	5901,4	5700	5501,8	5306,9	5115,1	4926,5	4741	4558,7	4379,3	4203	4029,8	3945,4	3904,6
Жовтень	6245,8	6182,4	6056,4	5931,7	5808,2	5685,9	5564,8	5445	5326,3	5208,8	5092,5	4977,4	4921,6	4895,1
Листопад	7313,7	7300,1	7273	7246	7219	7192,1	7165,2	7138,4	7111,6	7084,9	7058,2	7031,6	7019,7	7015
Грудень	8096,8	8081,3	8050,3	8019,4	7988,5	7957,7	7927	7896,4	7865,8	7835,2	7804,8	7774,4	7760,6	7755,2

Таблиця 3.7 - Вартість електроенергії при повному місячному тепловому навантаженні у разі теплопостачання будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, грн

Sc ск, грн														
Місяць А, м ²	1	4	7	10	13	16	19	22	23	23,5	20	22	23	23,5
Січень	12293,2	12255,7	12181,0	12106,4	12032,1	11958,1	11884,3	11810,7	11737,3	11664,2	11591,3	11518,7	11484,7	11470,0
Лютий	11080,8	11024,3	10911,8	10799,8	10688,4	10577,6	10467,3	10357,6	10248,5	10139,9	10031,9	9924,4	9872,9	9849,2
Березень	11393,6	11279,1	11051,7	10826,5	10603,6	10382,7	10164,1	9947,6	9733,2	9520,9	9310,8	9102,8	9001,7	8953,4
Квітень	9116,8	8953,7	8631,7	8315,2	8004,2	7698,4	7398,0	7102,8	6812,8	6528,0	6248,3	5973,6	5840,1	5775,6
Травень	9377,1	9165,9	8750,1	8343,2	7945,0	7555,4	7174,4	6801,7	6437,4	6081,2	5733,2	5393,1	5227,8	5147,7
Червень	9049,1	8819,7	8369,1	7929,3	7500,1	7081,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Липень	9341,6	9095,8	8613,1	8142,3	7683,3	7235,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Серпень	9372,8	9157,3	8733,4	8318,6	7912,9	7516,1	7128,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Вересень	9125,0	8970,1	8664,0	8362,8	8066,5	7775,0	7488,3	7206,4	6929,1	6656,6	6388,6	6125,2	5997,0	5935,0
Жовтень	9493,6	9397,2	9205,8	9016,2	8828,4	8642,6	8458,5	8276,3	8096,0	7917,4	7740,7	7565,7	7480,8	7440,5
Листопад	11116,8	11096,2	11055,0	11013,9	10972,9	10931,9	10891,1	10850,3	10809,6	10769,0	10728,5	10688,1	10669,9	10662,9
Грудень	12307,1	12283,5	12236,4	12189,4	12142,5	12095,8	12049,1	12002,5	11956,0	11909,6	11863,2	11817,0	11796,2	11787,9
Рік	123068	121498,5	118403,1	115363,7	112379,9	109450,9	93103,2	84355,9	82759,9	81186,9	79636,5	78108,7	77371,1	77022,3

3.3.4 Капітальних витрат на електричний котел при теплопостачанні будинку за рахунок використання електроенергії із застосуванням сонячного колектора, розраховано по формулі (5.12), грн

$$KZ_{к с ск} = \frac{8087,6 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 16305,69.$$

3.3.5 Капітальних витрат на придбання і установку сонячного колектора, розраховано по формулі (3.13), грн

$$KZ_{ск} = 33324,22 .$$

3.3.6 Капітальних витрат на котел при теплопостачанні будинку тільки за рахунок використання електроенергії, розраховано по формулі (3.14), грн

$$KZ_{к без ск} = \frac{8112,3 \cdot 1500}{24 \cdot 31} = 16355,5.$$

3.3.7 Економія коштів на котел за рахунок установки СК, розраховано по формулі (3.15), грн

$$\Delta KZ = 16355,5 - 16305,69 = 49,81.$$

3.3.8 Сумарні капітальні витрати, розраховано по формулі (3.16), грн

$$KZ = 33324,22 - 49,81 = 33274,4.$$

3.3.9 Річна економія коштів за рахунок установки СК, розраховано по формулі (3.17), грн

$$\mathcal{E} = 149663 - 147761,9 = 1900,93.$$

3.3.10 Термін окупності (порівняльний), розраховано по формулі (3.18), рік

$$T_{op} = \frac{33274,4}{1900,93} = 17,5.$$

Результати розрахунків пп. 3.3.4 - 3.3.10 зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 - Розрахунок терміну окупності установки

A, м ²	КЗк с ск, грн	КЗск, грн	КЗк без ск, грн	ΔКЗ, грн	КЗ	Э, грн	T _{op} , рік
1	16305,69	33324,22	16355,5	49,7784	33274,4	1900,93	17,504
2	16255,99	51548,109		99,4785	51448,6	3784,72	13,594
4	16156,83	87995,886		198,643	87797,2	7501,3	11,704
6	16057,97	124443,66		297,496	124146	11150,5	11,134
8	15959,43	160891,44		396,035	160495	14733,1	10,894
10	15861,21	197339,22		494,263	196845	18249,8	10,786
12	15763,29	233786,99		592,179	233195	37877,8	6,157
14	16305,69	270234,77		49,7784	270185	48380,3	5,59
16	15665,68	306682,55		689,75	305993	50296,5	6,084
18	15568,39	343130,33		787,08	342343	52185,2	6,56
20	15471,4	379578,1		884,066	378694	54046,6	7,007
22	15374,73	416025,88		980,742	415045	55881,1	7,427
23	15278,36	434249,77		1077,11	433173	56766,7	7,631
23,5	15233,29	443361,71		1122,18	442240	57185,4	7,733

Амортизаційні відрахування проводяться з метою накопичення засобів в так званому амортизаційному фонді, який використовується для відтворення зношених основних фондів.

Амортизаційні відрахування на обладнання, розраховано по формулі (3.19), грн/рік

$$Z_a^o = \frac{446037,849}{5} = 89207,6.$$

3.3.11 На основі даних таблиці 3.8 побудуємо графік залежності терміну окупності СК від його площі (див. рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Графік залежності терміну окупності СК від його площі

3.4 Економічний розрахунок електричного котла

Необхідні дані для економічного обґрунтування:

- капітальні витрати – 186010 грн;
- кількість виробленої за рік енергії $W_{\text{Авт}} = 0$ кВт\год;
- кількість енергії, узятій з мережі $W_{\text{Вх}} = 242880$ кВт\год;
- кількість електроенергії, відданої в мережу $W_{\text{Вых}} = 0$ кВт\год.

Капітальні вкладення в подальші роки роботи проекту для здійснення планових ремонтів визначаємо по формулах

$$K_{fn} = K_1 \cdot k_n, \quad (3.20)$$

$$K_{fc} = K_1 \cdot k_c, \quad (3.21)$$

де $k_n=0,01$ для поточного ремонту;

$k_c = 0,05$ для капітального ремонту.

Капітальний ремонт проводимо кожен 10 рік роботи проекту.

Поточний ремонт - щороку.

Визначаємо річні витрати на поточний ремонт, грн

$$K_{fn} = 186010 \cdot 0,01 = 1860,1 .$$

3.4.1 Розрахунок виробничих витрат

Для розрахунку виробничих витрат оцінюємо кількість обслуговуючого персоналу і його заробітну плату. Крім того, виходячи з даних попереднього розрахунку, визначаємо вартість енергії, узятої з енергомережі в холодну пору року. Вироблення електричної енергії не покривається, тому необхідна потужність $N_{\text{эл.эн}} = 242880$ кВт .

3.4.2 Розрахунок фонду заробітної платні на рік

Фонд оплати праці складається з основної та додаткової заробітної платні робітників, розраховано по формулі (3.6). Основна заробітна платня, розраховано по формулі (3.7), грн

$$ЗП_{\text{осн}} = 1 \cdot 4173 \cdot 12 = 50076 .$$

Фонд оплати праці, грн

$$\text{ФОТ} = 50076 + 4173 = 54249 .$$

Нарахування на фонд оплати праці складає 36,78 % (3 клас професійного ризику виробництва), розраховано по формулі (3.8)

$$ЗП_{нар} = 19529,64$$

3.4.3 Розрахунок терміну окупності системи без дисконтування фінансових потоків

$$T_{op} = \frac{K}{\Pi}, \quad (3.22)$$

де K - капітальні витрати в перший рік роботи системи;

Π – річний економічний ефект, грн/рік.

Річний економічний ефект визначаємо, якщо порівняльні об'єкти відсутні, то порівнюємо собівартість продукції з ціною продукції, грн/рік

$$\Pi = Z_{ел1} - Z_{ел2}, \quad (3.23)$$

де $Z_{ел1}$ – витрати на електроенергію спожитої будівлею до реконструкції, грн;

$Z_{ел2}$ – витрати на електроенергію, яка буде спожита після встановлення електрокотла, грн.

Визначуваний термін окупності системи без урахування капітальних ремонтів, років

$$T_{op} = \frac{186010}{1369848,01 - 865939,97} = 3,69.$$

3.4.4 Розрахунок витрат на щорічні амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування проводяться з метою накопичення засобів в так званому амортизаційному фонді, який використовується для

відтворення зношених основних фондів. Застосовуємо прямолінійний метод розрахунку амортизаційних відрахувань, по якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на очікуваний період часу використання об'єкту основних фондів. При використанні цього методу вартість об'єкту основних засобів списується однаковими частинами в перебігу всього періоду його експлуатації на собівартість продукції.

Амортизаційні відрахування на обладнання, розраховано по формулі (3.19), грн/рік

$$Z_a^o = \frac{186010}{5} = 37202 .$$

3.5 Економічний розрахунок теплового насосу (опалення на будівлю)

Необхідні дані для економічного обґрунтування:

- капітальні витрати – 138126 грн;
- кількість виробленої за рік енергії $W_{\text{Авт}} = 0$ кВт\год;
- кількість енергії, узятої з мережі $W_{\text{Вх}} = 180072$ кВт\год;
- кількість електроенергії, відданої в мережу $W_{\text{Вых}} = 0$ кВт\год.

Капітальні вкладення в подальші роки роботи проекту для здійснення планових ремонтів визначаємо по формулах (3.20) та (3.21). Капітальний ремонт проводимо кожен 10 рік роботи проекту. Поточний ремонт - щороку.

Визначаємо річні витрати на поточний ремонт, грн.

$$K_{fn} = 138126 \cdot 0,01 = 1381,26 .$$

3.5.1 Розрахунок виробничих витрат

Для розрахунку виробничих витрат оцінюємо кількість обслуговуючого персоналу і його заробітну плату. Крім того, виходячи з

даних попереднього розрахунку, визначаємо вартість енергії, узятої з енергомережі в холодну пору року. Вироблення електричної енергії не покривається, тому необхідна потужність $N_{\text{эл.эн}}=180072$ кВт.

3.5.2 Розрахунок фонду заробітної платні на рік

Фонд оплати праці складається з основної та додаткової заробітної платні робітників, розраховано по формулі (3.6). Основна заробітна платня, розраховано по формулі (3.7), грн

$$ЗП_{\text{осн}} = 1 \cdot 4173 \cdot 12 = 50076 .$$

Фонд оплати праці, грн

$$\text{ФОТ}=50076+4173=54249.$$

Нарахування на фонд оплати праці складає 36,78 % (3 клас професійного ризику виробництва), розраховано по формулі (3.8)

$$ЗП_{\text{нар}} = 19529,64$$

3.5.3 Термін окупності системи

Розрахунок терміну окупності системи без дисконтування фінансових потоків, розраховано по формулі (3.22)

$$T_{op} = \frac{138126}{1369848,01 - 1033856,22} = 4,11.$$

3.5.4 Розрахунок витрат на щорічні амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування проводяться з метою накопичення засобів в так званому амортизаційному фонді, який використовується для відтворення зношених основних фондів. Застосовуємо прямолінійний метод розрахунку амортизаційних відрахувань, по якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на очікуваний період часу використання об'єкту основних фондів. При використанні цього методу вартість об'єкту основних засобів списується однаковими частинами в перебігу всього періоду його експлуатації на собівартість продукції.

Амортизаційні відрахування на обладнання, розраховано по формулі (3.19), грн/рік

$$Z_a^o = \frac{138126}{5} = 27625,2 .$$

3.6 Економічний розрахунок теплового насосу (опалення на басейн)

Необхідні дані для економічного обґрунтування:

- капітальні витрати – 138126 грн;
- кількість виробленої за рік енергії $W_{\text{Авт}} = 0$ кВт\год;
- кількість енергії, узятій з мережі $W_{\text{Вх}} = 175200$ кВт\год;
- кількість електроенергії, відданої в мережу $W_{\text{Вых}} = 0$ кВт\год.

Капітальні вкладення в подальші роки роботи проекту для здійснення планових ремонтів визначаємо по формулах (3.20) та (3.21). Капітальний ремонт проводимо кожен 10 рік роботи проекту. Поточний ремонт - щороку.

Визначаємо річні витрати на поточний ремонт, грн.

$$K_{fn} = 138126 \cdot 0,01 = 1381,26 .$$

3.6.1 Розрахунок виробничих витрат

Для розрахунку виробничих витрат оцінюємо кількість обслуговуючого персоналу і його заробітну плату. Крім того, виходячи з даних попереднього розрахунку, визначаємо вартість енергії, узятій з енергомережі в холодну пору року. Вироблення електричної енергії не покривається, тому необхідна потужність $N_{\text{эл.эн}}=175200$ кВт.

3.6.2 Розрахунок фонду заробітної платні на рік

Фонд оплати праці складається з основної та додаткової заробітної платні робітників, розраховано по формулі (3.6). Основна заробітна платня, розраховано по формулі (3.7), грн

$$ЗП_{\text{осн}} = 1 \cdot 4173 \cdot 12 = 50076 .$$

Фонд оплати праці, грн

$$\text{ФОТ}=50076+4173=54249.$$

Нарахування на фонд оплати праці складає 36,78 % (3 клас професійного ризику виробництва), розраховано по формулі (3.8)

$$ЗП_{\text{нар}} = 19529,64$$

3.6.3 Термін окупності системи

Розрахунок терміну окупності системи без дисконтування фінансових потоків, розраховано по формулі (3.22)

$$T_{op} = \frac{138126}{1369848,01 - 1197291,97} = 8,01.$$

3.6.4 Розрахунок витрат на щорічні амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування проводяться з метою накопичення засобів в так званому амортизаційному фонді, який використовується для відтворення зношених основних фондів. Застосовуємо прямолінійний метод розрахунку амортизаційних відрахувань, по якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на очікуваний період часу використання об'єкту основних фондів. При використанні цього методу вартість об'єкту основних засобів списується однаковими частинами в перебігу всього періоду його експлуатації на собівартість продукції.

Амортизаційні відрахування на обладнання, розраховано по формулі (3.19), грн/рік

$$Z_a^o = \frac{138126}{5} = 27625,2.$$

3.7 Техніко – економічні показники

«Клініка природної медицини» за рік витрачає такі ресурси:

- 730 м³ холодної води;
- 849,73 Гкал. теплової енергії;
- 20148 кВт електричної енергії.

За новими тарифами на енергоресурси сумарні витрати за рік 1345688,13 грн. Техніко-економічні показники проекту наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Техніко-економічні показники проекту

Найменування показника	Система сонячного теплопостачання з опаленням	Система сонячного теплопостачання без опалення	Тепловий насос (опалення на будівлю)	Тепловий насос (опалення на басейн)	Електричний котел
Капітальні вкладення, грн	270235	270234,77	138126	138126	186010
Витрати на енергоресурси за рік, грн:					
паливо	-	-	-	-	-
вода	3130,4	3130,4	5107,5	4024,8	9838,4
електроенергія	13046,16	13046,16	329531,76	320616	444470,4
ФОП виробничих робітників, грн	19529	19529	19529	19529	19529
Нарахування на ФОП, грн	6588,77	6588,77	6588,77	6588,77	6588,77
Амортизаційні відрахування, грн	88444,5	89207,6	27625,2	27625,2	37202
Термін окупності капітальних вкладень, років	5,5	5,59	4,11	8,01	3,69

3.8 Вибір обладнання на основі техніко-економічного обґрунтування

На основі зроблених розрахунків до впровадження застосовуються системи сонячного теплопостачання без системи опалення, електричного котла, теплового насосу (опалення на басейн).

Сумарні капітальні витрати складуть – 594370,77 грн.

Сумарні витрати на енергоресурси, грн:

- Вода – 17011,6;
- електроенергія – 778132,56.

Порівняльні дані джерел теплопостачання обраних систем наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Порівняльні дані джерел теплопостачання

Найменування показника	Існуюча система	Система сонячного теплопостачання без опалення	Тепловий насос (опалення на басейн)	Електричний котел
Наймен. установки	КВГМ 100 КВГМ 35 КВГМ 30	SP-C-150	Hydro-pro 22t	Tronic 5000 H
Потужність установки, кВт (Гкал/час)	100 35 30	1,5	22	60
Кількість спожитої теплової енергії, Гкал	849,73	-	-	-
Кількість спожитої електричної енергії, кВт·ч	20148	8087,6	175200	242880
Кількість спожитої холодної води, м ³	730	280	360	880

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Охорона праці – це система правових у соціально-економічних, організаційно - технічних, санітарно — гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах: пріоритету життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства і, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці; комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень, в галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища; соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань; встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності [71].

На людину в процесі праці діє безліч чинників: вид трудової діяльності, її тяжкість і напруженість, умови в яких вона здійснюється (шкідливі речовини, освітленість і так далі), психофізіологічні можливості людини (передусім антропометричні характеристики людини, швидкість реакції на різні подразники, особливості сприйняття людиною кольору і так далі) [72].

4.1 Поняття небезпечних і шкідливих виробничих чинників

В процесі життєдіяльності під якими зазвичай розуміють явища, процеси, об'єкти, здатні в певних умовах завдавати збитку здоров'ю людини безпосередньо або побічно, тобто викликати різні небажані наслідки. Людина піддається дії небезпек і у своїй трудовій діяльності. Ця діяльність здійснюється в просторі, що називається виробничим середовищем. В умовах

виробництва на людину в основному діють техногенні, тобто пов'язані з технікою, безпеки, які прийнято називати небезпечними і шкідливими виробничими чинниками [73].

Небезпечним виробничим чинником (НВЧ) називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або до іншого раптового різкого погіршення здоров'я.

Травма - це ушкодження тканин організму і порушення його функцій зовнішньою дією. Травма є результатом нещасного випадку на виробництві, під яким розуміють випадок дії небезпечного виробничого чинника на працюючого при виконанні їм трудових обов'язків або завдань керівника, робіт.

Шкідливим виробничим чинником (ШВЧ) називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності. Захворювання, що виникають під дією шкідливих виробничих чинників, називаються професійними .

Об'єктом дослідження є робоче місце інженера по обладнанню в спортивному комплексі «Клініка природної медицини». Кабінет інженера по обладнанню є прямокутним приміщенням розміром 3 м x 7 м, заввишки 3,8 м. У приміщенні знаходяться робочий стіл, стіл для робочих пристроїв, 2 шафи з документами, сейф і інші прилади. Устаткування в кабінеті: комп'ютер, принтер, сканер і так далі.

4.1.1 Обов'язки інженера по обладнанню

До посадових обов'язків інженера по обладнанню відносяться:

- виконувати з використанням засобів обчислювальної техніки, комунікацій і зв'язку інформаційні роботи та закупівлю необхідного обладнання для роботи;

- слідувати за виконанням норм методичних і нормативних документів, а також вносить пропозиції по покращенню енергетичного становлення на об'єкті;
- вести технічну документацію з встановленого обладнання;
- знаходити можливості скорочення циклу виконання робіт (послуг), сприяє підготовці процесу їх виконання, забезпеченню підрозділів підприємства необхідними технічними даними, документами, матеріалами, устаткуванням і тому подібне;
- обслуговувати устаткування, яке знаходиться на об'єкті;
- вивчати і аналізувати інформацію, технічні проводить необхідні розрахунки, використовуючи сучасну електронно-обчислювальну техніку;
- складати графіки робіт, замовлення, заявки, інструкції, пояснювальні записки, карти, схеми і іншу технічну документацію, а також встановлену звітність по затверджених формах і у встановлені терміни;
- слідувати за справністю обладнання та можливим ремонтом цього обладнання;
- здійснювати експертизу технічної документації, нагляд і контроль над станом і експлуатацією устаткування;
- стежити за дотриманням встановлених вимог, діючих норм, правил і стандартів;
- організовувати роботу по підвищенню науково-технічних знань працівників;
- сприяти розвитку творчої ініціативи, раціоналізації, винахідництва, впровадженню досягнень вітчизняної і зарубіжної науки, техніки, використанню передового досвіду, що забезпечують ефективну роботу організації;
- виконувати окремі службові доручення свого безпосереднього керівника.

4.1.2 Шкідливі виробничі чинники при роботі інженера по обладнанню

У зоні роботи інженера можуть мати місце наступні шкідливі виробничі чинники: недостатня освітленість, підвищена або знижена температура, надмірна вологість, наявність шуму.

Під час роботи на працюючих впливають різні шкідливі фактори виробничого середовища. Шкідливі фактори за характером свого впливу поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [74].

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Охорона здоров'я працівників, забезпечення сприятливих умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму є однією з основних турбот керівника підприємства. Це виявляється в комплексі економічних, технічних, санітарно-гігієнічних і правових заходів, спрямованих на прискорення технічного прогресу, автоматизацію та механізацію виробничих процесів, заміну ручної праці машинами, подальше поліпшення умов праці [75].

Разом з тим, рівень розвитку техніки поки що не може забезпечити створення в усіх випадках і всім працівникам належних умов праці, що виключають вплив шкідливих умов праці на людський організм. Тому для таких працівників законодавством передбачені різні пільги і компенсації. Нажаль, не всі підприємства, які ставлять під сумнів життя своїх робітників дотримуються цих засобів, а деякі з них не контролюються державою, або зовсім відсутні у законодавчих документах об охороні праці.

Треба зазначити, що основними засобами компенсації впливу на працівників шкідливих умов праці є:

- лікувально-профілактичне харчування для працівників, зайнятих на роботах з особливо шкідливими умовами праці, для зміцнення їх здоров'я і попередження професійних захворювань згідно з переліком виробництв,

професій і посад, робота в яких дає право на безкоштовне одержання лікувально-профілактичного харчування у зв'язку з особливо шкідливими умовами праці;

- додаткова відпустка до основної і встановлюється скорочений робочий день згідно зі списком виробництв, цехів, професій і посад із шкідливими умовами праці, робота в яких дає право на додаткову відпустку та скорочений робочий день. При скороченні робочого дня людина працює і відчуває на собі вплив шкідливих речовин не повний нормований робочий день (вісім годин), а на певний визначений час менше;

- направлення на лікування за рахунок коштів соціального страхування першочергово осіб, які перебувають на диспансерному обліку;

- видачі лікувальні путівки працівникам відповідно до висновку лікарської комісії та оформленої чергової відпустки (передусім інвалідам війни, ветеранам війни, репресованим, ліквідаторам аварії на ЧАЕС, ветеранам праці, донорам);

- відшкодування витрати на лікування і професійну реабілітацію потерпілих від нещасних випадків і професійних захворювань відповідно до рецептів лікаря та чеків на придбання ліків;

- розподіл лікувально-профілактичного харчування, миючих засобів, медикаментів, засобів індивідуального захисту та спецодягу здійснювати за погодженням з відділом охорони праці;

- забезпечити проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичного (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, задіяних на роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. Сприяти першочерговому оздоровленню хронічно хворих працівників;

- передбачити в кошторисі підприємств не менше 2 % витрат з позабюджетних коштів на заходи з умов і охорони праці з метою забезпечення прав працівників, які тривало працюють у шкідливих умовах;

- атестаційній комісії проводити обстеження умов і охорони праці на робочих місцях в підрозділах підприємств;
- встановити доплати і надбавки за роботу у важких і шкідливих умовах праці у розмірі 12 %, а в особливо важких і особливо шкідливих умовах – 24 % ставки чи посадового окладу;
- за поданням керівників підрозділів встановити додаткову відпустку тривалістю до 4-х календарних днів за особливий характер праці працівникам, які постійно працюють на комп'ютерах не менше 80 % робочого часу.

4.3. Виробнича санітарія

Гігієна праці - це наука, що вивчає вплив виробничого процесу та навколишнього середовища на організм працюючих з метою розробки санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, які направлені на створення найбільш сприятливих умов праці, забезпечення здоров'я та високого рівня працездатності людини.

Виробнича санітарія - це система організаційних та технічних заходів, які направлені на усунення потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів і запобігання професійних захворювань.

До організаційних заходів належать:

- дотримання вимог охорони праці жінок та осіб віком до 18 років;
- проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах;
- забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально-профілактичним обслуговуванням тощо.

4.3.1 Виробничий шум

Шум - це сукупність безладних коливань матеріальних частинок або тіл, які передаються твердими, рідкими або газоподібними середовищам і сприймаються людським органом слуху. З фізіологічної точки зору шум - шкідливий дратівливий чинник, який діє на органи слуху людини і на увесь його організм, заважає нормально виконувати робочі функції і нормально сприймати необхідні звукові сигнали і мову. Шум, як фізичне явище - сукупність звуків різної частоти (висоти) і інтенсивності (гучність) [76].

Звук - цей хвилевий рух, пов'язаний з поширенням пружних коливань в повітрі. Діапазон чутних частот звуку лежить у межах 16-20000 Гц. При частоті нижче 16 Гц - інфразвуки, понад 20 кГц - ультразвуки.

Функціональні зміни серцево-судинної і нервової систем, важкі форми вібраційної хвороби ведуть до часткової або повної втрати працездатності.

На робочому місці інженера по обладнанню джерелами шуму, як правило, являються технічні засоби - комп'ютер, принтер, вентиляційне устаткування, а також зовнішній шум. Саме ці фактори можуть порушити умови праці інженера. Зовнішній шум видає досить незначний шум, тому в приміщенні досить використати звукопоглинання. Зменшення шуму, проникаючого в приміщення ззовні, досягається ущільненням по периметру притворів вікон і дверей. Під звукопоглинанням розуміють властивість акустично оброблених поверхонь зменшувати інтенсивність відбитих ними хвиль за рахунок перетворення звукової енергії в теплову. Звукопоглинання є досить ефективним заходом по зменшенню шуму [77].

4.3.2 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення - невід'ємний елемент умов трудової діяльності людини. При правильно організованому освітленні робочого місця забезпечується збереження зору людини і нормальний стан його нервової

системи, а також безпека в процесі виробництва. Продуктивність праці і якість продукції, що випускається, знаходяться в прямій залежності від освітлення. В приміщенні, якому знаходиться інженер по обладнанню достатньо освітлення. На стелі знаходяться лампи накаливання по 100 Вт, та на кожному столі індивідуальний освітлювальний пристрій [78].

Раціональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших чинників, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, застережливих травматизм і професійні захворювання.

Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці інженера по обладнанню має бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати свою роботу.

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, послабляє увагу, призводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Усі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому такий важливий правильний розрахунок освітленості [79].

Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. Використовуватимемо енергозберігаючі лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають істотні переваги:

- по спектральному складу світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- мають більш високий ККД (у 1.5 - 2 рази вище, ніж ККД ламп розжарювання);
- мають підвищену світловидатність (у 3 - 4 рази вище, ніж у ламп розжарювання);
- триваліший термін експлуатації.

В процесі праці у виробничому приміщенні людина перебуває під впливом певних метеорологічних умов, або мікроклімату - клімату внутрішнього середовища цих приміщень. До основних нормованих показників мікроклімату повітря робочої зони відносяться температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

4.3.3 Параметри мікроклімату

Параметри мікроклімату можуть мінятися в широких межах, тоді як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійності температури тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здібності організму регулювати віддачу тепла в довкілля. Допустимі і оптимальні значення параметрів мікроклімату приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4. 1 - Допустимі і оптимальні значення параметрів мікроклімату для категорії Па (середньої важкості)

Пора року	Зона	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період	Оптимальна	18 - 21	60 – 40	< 0.2
Переходний період	Допустима	17 - 21	< 75	< 0.3
Теплий період року (t > 10 °С)	Оптимальна	20 - 25	60 – 40	< 0.3
	Допустима	< 28 о 13 годині найжаркішого міс.	< 75	< 0.5

Основний принцип нормування мікроклімату - створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з довкіллям. У державних нормах [87] встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні) для робочих приміщень з надмірним тепловиділенням до 20 ккал/м³.

Виробничі чинники на робочому місці інженера по обладнанню це шум, мікроклімат, освітлення і ЕМП. Системи опалювання і системи кондиціонування слід встановлювати так щоб ні тепле, ні холодне повітря не спрямовувалося на людей, працюючих в приміщенні.

4.3.4 Вимір і оцінка рівня шуму

Для виміру та оцінки рівня шуму були зроблені виміри рівня шуму в кабінеті інженера по обладнанню на протязі 8 годин. Результати вимірів приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати виміру шуму

Джерела шуму	Характер шуму	Час дії, годин	Фактичний рівень звуку, дБА
Явних джерел шуму немає	Широкосмуговий, переривчастий	8	85

Фактичний рівень звуку 85 дБА, що перевищує максимальний рівень звуку (80 дБА) на 5 дБА, [76].

4.3.5 Розробка заходів по зниженню рівня шуму

Оцінка шумової дії показала необхідність зниження рівня шуму на 5 дБА, щоб створити допустимі умови праці.

Для цього необхідно провести облицювання приміщення. Довжина приміщення - 3 м, висота приміщення – 3,8 м, ширина приміщення - 7 м. У приміщенні є 1 вікно шириною 2,5 м і заввишки 2 м, а також 1 вхідний отвір, що має двері, шириною 1,5 м і заввишки 2,5 м.

Облицювання робиться акустичними плитами з мінераловатного волокна з коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_2 = 0,45$.

Коефіцієнт звукопоглинання стелі і стін $\alpha_1 = 0,01$, коефіцієнт звукопоглинання скла $\alpha_1' = 0,035$.

Площа поверхні складається з площ стін, підлоги, стелі і зашкленних віконних отворів, за вирахуванням площі дверних отворів.

4.3.5.1 Сумарне звукопоглинання до облицювання визначається по формулі

$$A_1 = \alpha_1 \cdot S + \alpha_1' \cdot S_{\text{ок}} = 0,01 \cdot 109,25 + 0,035 \cdot 5 = 1,2675 ,$$

де α_1 - коефіцієнт звукопоглинання не облицьованої поверхні;

α_1' - коефіцієнт звукопоглинання скла;

S - площа поверхні підлоги, стін і стелі, м^2 ;

$S_{\text{ок}}$ - площа зашкленних отворів вікон, м^2 .

4.3.5.2 Сумарне звукопоглинання після облицювання

$$A_2 = \alpha_0 \cdot S_0 + \alpha_1 \cdot (S - S_0) + \alpha_1' \cdot S_{\text{ок}} ,$$

де α_0 - коефіцієнт звукопоглинання облицювання;

S_0 - площа облицювання, м².

4.3.5.3 Площа поверхні підлоги, стін і стелі, м²

$$S = 2 \cdot 3,8 \cdot 3 + 2 \cdot 7 \cdot 3 + 2 \cdot 3,8 \cdot 7 - 2,5 \cdot 2 - 1,5 \cdot 2,5 = 109,25 .$$

4.3.5.4 Площа зашкленених віконних отворів, м²

$$S_{\text{ок.}} = 2,5 \cdot 2 = 5 .$$

Виходячи з підпунктів 4.3.5.1 - 4.3.5.4 можна розрахувати площу облицювального матеріалу для зниження рівня шуму на 5 дБА.

4.3.5.5 Площа облицювального матеріалу, м²

$$S_0 = (\alpha_1 \cdot S (10^{0,5} - 1) + \alpha'_1 \cdot S_{\text{ок.}}) / (\alpha_2 - \alpha_1) ,$$

$$S_0 = (0,01 \cdot 109,25 (10^{0,5} - 1) + 0,035 \cdot 5) / (0,45 - 0,01) = 5,77 .$$

Так для зниження рівня шуму на 5 дБА досить облицювати акустичними плитами з мінераловатного волокна з коефіцієнтом звукопоглинання $\alpha_0 = 0,45$ стіну площею 6 м² біля джерела шуму.

На підставі проведених розрахунків, були проведені заходи по зниженню рівня шуму на 5 дБА, шляхом облицювання стіни площею 6 м² біля джерела шуму акустичними плитами.

Атестація робочих місць — комплексна оцінка всіх факторів виробничого середовища і трудового процесу. Карта атестації за умовами праці робочого місця інженера приведена у таблиці 3.3.

Включає облік та комплексну оцінку відповідності кожного робочого місця вимогам стандартів, методикам виконання вимірювань, санітарним нормам і правилам, техніки безпеки та пожежної безпеки. Основна мета

атестації полягає в регулюванні відносин між власником або уповноваженим ним органом і працівниками з метою реалізації прав на здоров'я і безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги та компенсації за роботу в несприятливих умовах [80].

Таблиця 4. 3 - Карта атестації за умовами праці робочого місця інженера по обладнанню. Найменування організації спортивний комплекс «Клініка природної медицини»

Найменування виробничого чинника	Одиниця виміру	ПДУ, ГДК	Фактичний рівень	Величина відхилення	Клас умов праці	Тривалість дії, годин
Шум	дБА	80	85	5	3.1	8
Температура повітря	°С	20-24	23	0	2.0	8
Вологість	%	50-60	50	0	2.0	8
Освітленість	лк	300	200	100	3.1	8
Швидкість руху повітря	м/с	0,0-0,2	0,10	-	2.0	8

4.4 Електробезпека

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають

відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Напруга на об'єкті досліджень 220 В.

При організації робочих місць операторів електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв і у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку [81].

Об'єкті дослідження отримує електроенергію через району мережу. За призначенням в будівлі мережа загального призначення (для електропостачання побутових та спортивних пристроїв).

4.4.2.1 Захист від ураження електричним струмом

Для захисту від поразки електричним струмом при дотику до частин електроустаткування, що нормально не знаходяться під напругою, але що можуть виявитися під напругою при пошкодженні ізоляції або по інших причинах, застосовують: ізолюючі засоби (гумові рукавички, галоші, килимки), заземлення, занулення, захисне відключення.

Ізолюючі засоби зазвичай застосовуються під час ремонту і обслуговування електроустановок і в даному посібнику не розглядаються.

Захисним зануленням якої-небудь частини електроустановки або іншої установки називається навмисне електричне з'єднання цієї частини з провідником, який називається зануляючим, або нульовим захисним провідником. При випадковому з'єднанні фази з корпусом електроустановки, станеться коротке замикання і спрацюють запобіжники. Отже, і в цьому випадку, електричний ланцюг знеструмиться і небезпека поразки струмом зникне. Однофазні мережі, виконані по сучасних стандартах, забезпечуються трьохконтактними розетками, до яких підключаються три провідники: фазний, нульовий, зануляючий. Цей зануляючий провідник сполучений з глухозаземленою нульовою точкою (нейтралю) трансформатора в мережах змінного струму і з глухозаземленою середньою точкою джерела електропостачання в трипровідних мережах постійного струму.

Захисним відключенням називається система захисту, що забезпечує автоматичне відключення швидкодіючим пристроєм всіх фаз аварійної ділянки з повним часом відключення з моменту виникнення однофазного замикання не більше 0,2 с. Іншими словами, захисне відключення нагадує швидкодіючий запобіжник, що спрацьовує при виникненні небезпеки поразки струмом [85].

На об'єкті дослідження використовується занулення пристроїв. Також встановлено запобіжники.

4.5 Пожежна безпека

В останні роки проблема безпеки офісу стала особливо актуальною, відзначають фахівці, у зв'язку зі зростанням випадків пожежі та несанкціонованого проникнення в приміщення. Відбувається це внаслідок того, що часто протипожежне обладнання не відповідає висунутим вимогам,

монтаж здійснюється некваліфікованими фахівцями а також внаслідок незнання співробітниками організацій елементарних правил пожежної безпеки. Багато людей ще не усвідомлюють наслідки пожежі або вважають, що з ними такого не станеться і проводять в своїх компаніях протипожежні заходи лише для «галочки».

В офісі в цілях пожежної безпеки обов'язково повинна бути встановлена пожежна сигналізація, перебувати вогнегасники і план евакуації. Так само обов'язково вести журнал реєстрації протипожежного інструктажу, мати інструкцію про заходи пожежної безпеки, інструкцію про порядок дії персоналу при спрацьовуванні пожежної автоматики. Обов'язково повинен бути призначений відповідальний за пожежну безпеку співробітник, який повинен мати скоринки, що свідчать про закінчення навчання в навчальному центрі МНС. Будівля, яка є об'єктом дипломної роботи відноситься до категорії Г (помірна пожежонебезпека). До цієї категорії входять речовини і матеріали, які знаходяться в будівлі: негорючі матеріали в гарячому, розжареному розплавленому стані горючі газу, рідини, тверді речовини, що спалюються як паливо [86].

4.5.1. Вимоги до пожежної сигналізації в офісних приміщеннях

Система пожежної сигналізації оповіщає людей в офісі, як це не банально, про пожежу або задимлення в приміщенні.

Під час пожежі весь перелік організаційно-технічних заходів на об'єкті має одну головну мету - порятунок життя людей. Тому на перше місце тут виходять завдання раннього виявлення спалаху і сповіщення персоналу. Вирішення цих завдань і покладено на пожежну сигналізацію, основні функції якої сформульовані в її визначенні. Пожежна сигналізація (по ГОСТ 26342-84) - це одержання, обробка, передача і уявлення в заданому вигляді споживачам за допомогою технічних засобів інформації про пожежу на об'єктах, що охороняються.

Основні функції пожежної сигналізації забезпечуються різними технічними засобами. Для виявлення пожежі служать сповіщувачі, для обробки і протоколювання інформації і формування сигналів тривоги - приймально-контрольна апаратура і периферійні пристрої (підключаються до контрольної панелі через зовнішні лінії зв'язку). Крім цих функцій, пожежна сигналізація повинна формувати команди на включення автоматичних установок пожежогасіння та димовидалення, систем оповіщення про пожежу, технологічного, електротехнічного і іншого інженерного устаткування об'єктів [87]. Сучасна апаратура має власну розвинену функцію трансляції та оповіщення про пожежу.

4.5.2. Вимоги до вогнегасників

В офісах встановлюють порошкові або вуглекислотні вогнегасники. До складу вуглекислотних вогнегасників входять «чисті» вогнегасні склади (вогнегасна речовина (по ГОСТ 8050-85) - двоокис вуглецю (CO_2), яка, потрапляючи на палаюче речовина, охолоджує його і виробляє гасіння, випаровуючись, вона не залишає слідів), не пошкоджують офісну техніку та інші об'єкти, але коштують такі вогнегасники на порядок дорожче. Кількість вогнегасників у приміщенні розраховується за спеціальною таблицею (НПБ 166-97 "Пожежна техніка. Вогнегасники. Вимоги до експлуатації") Але приблизно показники наступні: Якщо площа приміщення - менше 100 м^2 , то встановлюється один вогнегасник ВП-4 або ОУ-, якщо 100 м^2 і більше - два і більше вогнегасників, з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше.

Крім того, слід передбачати по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3кг і більше:

- на 20 м^2 площі підлоги в таких приміщеннях: офісні приміщення з ПЕОМ, комори, електрощитові, вентиляційні камери та інші технічні приміщення;

- на 50 м² площі підлоги приміщень архівів, машзалів, бібліотек, музеї.

Вогнегасники слід розташовувати на об'єкті, відповідно до вимог ГОСТ 12.4.009 таким чином, щоб вони захищені від дії прямих сонячних променів, будь-яких механічних впливів і інших несприятливих чинників, таких як вібрація, підвищена вологість та інших. Вогнегасники повинні розміщуватися в легкодоступних і помітних місцях. Не допускається зберігання та експлуатація вогнегасників в місцях, де температура може перевищувати 50 °С і під прямими променями сонця. Необхідно дотримуватися обережності при випуску вогнегасної речовини з розтруба вуглекислотного вогнегасника, так як температура на його поверхні знижується до (60..70)°С. При гасінні електроустановок, що знаходяться під напругою, не допускається підводити розтруб ближче 1 м до електроустановки та полум'я. Після застосування вогнегасника в закритому приміщенні, приміщення необхідно провітрити. Кожен співробітник офісу в обов'язковому порядку повинен бути ознайомлений з правилами експлуатації вогнегасників.

Вогнегасники слід розміщувати у легкодоступних і помітних місцях, а також поблизу місць, де найбільш імовірна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від дії сонячних променів, опалювальних і нагрівальних приладів, а також хімічно агресивних речовин (середовищ), які можуть негативно вплинути на їх працездатність.

Підходи до місця розташування вогнегасників мають бути завжди вільними. У приміщеннях, у яких немає постійного перебування працівників, вогнегасники слід розміщувати ззовні приміщень або біля входу до них [88].

4.5.3. Вимоги до плану евакуації

План евакуації повинен включати в себе графічну та текстову частину. Графічна частина являє собою креслення поверхових планів будівлі, які не

повинні захарашуватися другорядними деталями. Суцільними зеленими стрілками показують основні рекомендовані шляхи евакуації, пунктирними стрілками вказують резервні шляхи евакуації. На планах евакуації повинно бути умовними знаками показано розміщення вогнегасників, пожежних кранів, телефонів. Текстова частина виконується у вигляді таблиці. Вона повинна містити інструкції про дії при пожежі, доповнені для наочності знаками безпеки і символами [89].

4.6 Засоби індивідуального захисту

Засіб індивідуального захисту (ЗІЗ) - це засіб захисту, що одягається на тіло працівника (або його частину) або використовується під час праці. ЗІЗ застосовують тоді, коли безпека робіт не може бути забезпечена конструкцією та розміщенням устаткування, організацією виробничих процесів, архітектурно-планувальними рішеннями та іншими засобами колективного захисту.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненнями або несприятливими метеорологічними умовами робітникам та службовцям безоплатно видаються спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Порядок видачі, зберігання та використання ЗІЗ визначається "Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту". Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників ЗІЗ і дотримання вимог Положення покладається на роботодавця. Він зобов'язаний забезпечити за свій рахунок придбання, комплектування, видачу та утримання ЗІЗ відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці та колективного договору.

При визначенні на підприємстві тих професій і посад, що мають право на одержання ЗІЗ керуються Типовими галузевими нормами безоплатної

видачі працівникам спеціального одягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту. ЗІЗ видаються працівникам згідно з встановленими нормами і термінами носіння незалежно від форми власності підприємства та виду його діяльності. ЗІЗ, що видаються працівникам, вважаються власністю підприємства, обліковуються як інвентар і підлягають обов'язковому поверненню при: звільненні, переведенні на тому ж підприємстві на іншу роботу, для якої видані ЗІЗ не передбачені нормами, а також по закінченні строків їх носіння замість одержаних нових ЗІЗ.

Відповідно до ГОСТу 12.4.011-89 засоби індивідуального захисту залежно від призначення або частини тіла, яку потрібно захистити, поділяють на 12 класів: ізолювальні костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту голови, рук, обличчя, органів слуху, очей, захисні дерматологічні засоби, запобіжні засоби та пристосування, комплексні засоби захисту [90].

ВИСНОВКИ

Робота присвячена аналізу техніко-економічного обґрунтування спортивного комплексу з метою підвищення його ефективності.

В першому розділі було розглянуто існуючу систему теплопостачання, виявлено недоліки існуючої системи. Також була розглянута загальна характеристика стану енергоефективності в Україні та проведено аналіз комбінованих систем теплопостачання, які поєднують традиційні і поновлювальні джерела енергії. На основі зробленого аналізу було вибрано три системи для подальшого розрахунку, такі як, тепловий насос, сонячний колектор та електрокотел.

В другому розділі було проведено розрахунки вибраних систем, визначено необхідну потужність цих установок та обрано обладнання для застосування.

В третьому розділі розраховано статті витрат будівлі, економічні показники обраних систем теплопостачання. На основі розрахунків до впровадження прийнято системи електричного котла, теплового насосу (опалення на басейн) та сонячного теплопостачання без системи опалення. Сумарні капітальні витрати склали 594370,77 грн.

З точки зору економічного ефекту результат перевищує дохід від проектного заходу над витратами на його розробку і впровадження.

Фінансово-економічний ефект разом з економічним ефектом дає ефект поліпшення фінансової стійкості та можливість стати незалежними від центрального теплопостачання.

Соціальний ефект відображує поліпшення якості життя людей, що спонукає до підвищення кваліфікації працівника. Можливість відвідувачів займатися спортом в кращих умовах.

Екологічний ефект означає зменшення шкідливих впливів на довкілля, впровадження альтернативних джерел теплопостачання та підвищення рівня екологічної безпеки проекту.

В четвертому розділі описуються основні шкідливі і небезпечні фактори виробничого середовища; обов'язки інженера по обладнанню; заходи з поліпшення умов праці; виробничий шум; ступінь електробезпеки; розглядається освітлення; параметри мікроклімату; розглядається необхідність вентиляції; характеризуються приміщення по пожежній безпеці.

З наведених результатів можна зробити висновок, що вибрані джерела теплопостачання є енергозберігаючими, екологічними та впровадження комбінованої системи теплопостачання є вигідною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Клиника естественной медицины [Электронный ресурс] – Режим доступа: \www/ URL: <http://clinic.zp.ua/sauna.html>– Загл. с экрана.
2. Энергоэффективность и кризисные явления в экономике начального периода государственности [Электронный ресурс] / Бурячок Т.А., Буцьо З.Ю.– Режим доступа: \www/ URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-2/section-2/2-2> – Загл. с экрана.
3. Прогнозы мировой энергетики – 2014 [Электронный ресурс] / К. Вершпян. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.noravank.am> – 05.02.2015 г. – Загл. с экрана.
4. Гулій, В. Наукові засади стратегії розвитку паливно-енергетичного комплексу України [Текст] : книга / В. Гулій, В. Михайлов, Г. Лепігов // Стратегічні пріоритети. – 2012. – №4 – С. 140–141.
5. Мортенсен, Х.К. Будущее за централизованным теплоснабжением [Текст] : учебное пособие / Х.К. Мортенсен. - Новости Датского совета по центральному теплоснабжению, 1999. – Спецвыпуск. – 1–4 с.
6. Мортенсен, Х.К. Будущее за централизованным теплоснабжением [Текст] : учебное пособие / Х.К. Мортенсен. - Новости Датского совета по центральному теплоснабжению, 1999. – Спецвыпуск. – 1–4 с.
7. Ахметзянов, И.Р. Анализ инвестиций: методы оценки эффективности финансовых вложений [Текст] : учебное пособие / И.Р. Ахметзянов; под ред. д.э.н. Г.А. Маховиковой. – М.: Эксмо, 2007. – 272 с.
8. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії [Текст]. – К., 2008. – 54 с.
9. Базілінська, О.Я. Фінансовий аналіз: теорія та практика [Текст] : підручник / О.Я. Базілінська. – 2-ге видання. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 328 с.
10. Михайлишин, Е. В. Комбинированные системы теплоснабжения

- [Текст] : учеб / Е.В. Михайлишин, Ю.И. Толстова, М.А. Разживина // ФГАО ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»; Опубликовано в журнале СОК №3. - 2011. – 78 с.
11. Кравченко, Г.М. Оценка эффективности работы водяных систем отопления [Текст] : учебник / Г.М. Кравченко. – Теплоэнергетик, 2004. – №4. – 72-75 с.
 12. Ахмедов, Р.Б. Гелиоэнергетика. Солнечные электрические станции [Текст] : учебник / Р.Б. Ахмедов. – К.: ВИНТИ, 1986. – 120 с.
 13. Жовтянський, В.А. Стратегія енергозбереження в Україні [Текст] : аналітично-довідкові матеріали / В.А. Жовтянський, М.М. Кулика, Б.С. Стогній; колективна монографія в 2 т. – Т. 1: Загальні засади енергозбереження. – К. : Академперіодика, 2006. – 510 с.
 14. Овчаренко, В.А. Використання теплових насосів [Текст] : посібник / В.А. Овчаренко. –Холод М+Т, 2006. – №2. – 34–36 с.
 15. Михайлишин, Е.В. Комбинированные системы теплоснабжения [Текст] : учеб. пособие / Е.В. Михайлишин, Ю.И. Толстова, М.А. Разживина; ФГАО ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». – Опубликовано в журнале СОК №3, 2011. – 26 с.
 16. Преимущество солнечный коллекторов [Электронный ресурс] / «Теплотоп». – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.teplopol.pro/heat-alternative/solar/features/> – Загл. с экрана.
 17. Сотникова, О. А. Принципиальная экономическая оценка использования различных источников теплоснабжения [Текст] / О. А. Сотникова // Воронежская государственная архитектурно-строительная академия журнала "АВОК". – 2000. – №6. – 3 с.
 18. Милеев, Л. Электрические котлы: плюсы и минусы [Текст] / Л. Милеев // Учебно-демонстрационный центр "ПРОФ2". – №3.

19. Возможности индивидуального теплоснабжения: состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / Individual Heating Opportunities: Status and Future Perspectives. - Режим доступа: \www/ URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5586 – Загл. с экрана.
20. Милеев, Л. Электрические котлы: плюсы и минусы [Текст] / Л. Милеев // Учебно-демонстрационный центр "ПРОФ2". – №2.
21. Возможности индивидуального теплоснабжения [Электронный ресурс] / А.Л.Наумов, вице-президент «АВОК». - Режим доступа: \www/ URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5586– Загл. с экрана.
22. Альтернативные технологии для нагрева бытовой воды [Электронный ресурс] / F. V. Caredda, N. Mandas «Solare termico e acqua calda sanitaria». - Режим доступа: \www/ URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5062 – Загл. с экрана.
23. Сотникова, К. Комбинированные системы теплоснабжения. Имитационное моделирование [Текст] / К. Сотникова // LAP LAMBERT Academic Publishing. – опубли. 01.02.2012
24. Применение теплонасосных установок в квартальных тепловых сетях [Текст] : III Международная конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». СПбГУНиПТ, 13-15 ноября 2007 г. / автор Л. М. Шит, А. А. Попонова, Б. М. Шит, Д. В. Тимченко. – 117-124 с.
25. Николаев, Ю.Е. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ [Текст] : учеб. / Ю.Е Николаев, А.Ю. Бакшеев – К. : Промышленная энергетика, 2007. – №9. – 14-17 с.
26. Андриященко, А. И. Комбинированные системы теплоснабжения [Текст] : учебное пособие / А. И. Андриященко. – К. : Теплоэнергетика, 1997. – №5. – 2–6 с.

27. BP Statistical Review of World Energy [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> - June 2007 - Загл. с экрана.
28. Шкода, А. Н. Совершенствование технологий комбинированного теплоснабжения [Текст] : учебник / А. Н. Шкода, В. Н. Шкода, В. М. Кухарчик. – «Электрические станции», 2008. – №10. – 16–17с.
29. Juravleov, M. The use of heat pump systems in district heating [Text] : book / A. Juravleov, M. Sit, B. Sit, O. Poponova, D. Timcenco. – Vol. II. – Analele Universităţii din Craiova. – Inginerie Electrica, 2007. – 229–232 p.
30. Новое теплообменное оборудование для промышленных энергоустановок и систем теплоснабжения / Отраслевой каталог – М.: ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1998 г.
31. Key World Energy Statistics. – Paris: International Energy Agence, 2008. – 80 p.
32. Рей, Д Тепловые насосы [Текст] : учебник / Д. Рей, Д. Макмайл – М.: Энергоиздат, 1982. – 219 с.
33. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] : сб. науч. тр. – Киев, 2009.
34. Инвестиции в энергоэффективность. Секретариат энергетической хартии [Текст] : сб. науч. тр. – 2004.
35. Накоряков, В.Е. Энергетическая эффективность комбинированных отопительных установок на базе тепловых насосов с электроприводом [Текст] : учебник / В. Е. Накоряков, С. Л. Елистратов. – Промышленная энергетика, 2008. – №3. – 28–33 с.
36. Клименко, А.В. Теплоэнергетика и теплотехника [Текст] : учебник / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 632 с.
37. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] : учебник / К. В. Тихомиров, С. С. Сергеенко; учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1991. – 480 с.

38. Общая характеристика тепловых насосов [Электронный ресурс] / Официальный Интернет-сайт фирмы ООО "Тепловые насосы" – Режим доступа: \www/ URL: [http://www. Teplovie-nasosi.com.ua](http://www.Teplovie-nasosi.com.ua) – 2015 г. – Загл. с экрана.
39. Макух, В.В. Проекти альтернативної енергетики у країнах Близького Сходу [Текст] : підручник / В. В. Макух – К. :Стратегічна панорама, 2009. – №3. – 125 - 131 с.
40. Beck, A. The art of financing renewable energy projects in the U.S. [Text] : book / A. Beck, G. Gene, 2015. – 595 p.
41. Васильев, Г. П. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии [Текст] : учеб. пособие/ Г. П. Васильев, Л. В. Хрустачев, А. Г. Розин, И. М. Абуев и др. – Правительство Москвы Москомархитектура. – ГУП "НИАЦ", 2001. — 66 с.
42. Муниципальна енергетика: шляхи підвищення ефективності [Електронний ресурс] / А. І. Шевцов, М.Г. Земляний, В.В. Вербицький. – Режим доступу: \www/ URL: <http://www.db.niss.gov.ua/monitor/comments.php?id=342&catid=6> – Загл. з екрану.
43. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \www/ URL: www.cfin.ru/press/management/2001-6/13.pshtml.www.raoes.ru/ru/refirming/foreign/mo-/England.pdf. – Загл. з екрану.
44. Перспективы использования тепловых насосов в Украине [Электронный ресурс] / Интернет-сайт фирмы "Холод_ОК". - Режим доступа: \www/ URL: http://www.holod_ok.com.ua - 18.12.2014 г. – Загл. с экрана.
45. Тепловые насосные установки [Текст] // Журнал "Мир климата". – 2008. – №32.

46. Васильев, Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низко-потенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли [Текст] : монография / Г. П. Васильев. – М. : Красная звезда, 2006.— 220 с.
47. Оптимальная мощность отопительного геотермального теплового насоса [Текст] // Энергосбережение в зданиях. – 2010. – № 2 (51).
48. Калнинь, И.М. Тепловые насосы: вчера, сегодня, завтра [Текст] : учеб. / И. М. Калнинь, И. К. Савицкий. – М. : Холодильная техника, 2000. – №10. – 1 с.
49. International Energy Technology Collaboration IEA Implementing Agreements [Text] // Energy Technology at the Cutting Edge. – 2005. – International Energy Agency.
50. Бекман, У. Расчет системы солнечного теплоснабжения [Текст] : учеб. / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
51. Клименко, Л.П. Техноекологія [Текст] : посібник / Л.П. Клименко, 2000. – 542 с.
52. Волеваха, И.М. Нетрадиционные источники энергии [Текст] : учеб. / И.М. Волеваха – К.: Вища школа, 1988. – 262 с.
53. Екологічні проблеми електроенергетичної промисловості [Текст] : учеб. – К.: 1992. – 328 с.
54. Отопление, кондиционирование и вентиляция на базе альтернативных/возобновляемых источников энергии (тепловые насосы, солнечные коллекторы) [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: [http:// www.HeatPumps.com.ua](http://www.HeatPumps.com.ua)– Загл. с экрана.
55. Корчевой, Ю. П. Котлобудування – необхідний елемент розвитку енергетики [Текст] : посібник / Ю.П. Корчевой, О.Ю. Майстренко, Н.І. Дунаєвська, А.А. Потапов. – Енергетика и електрифікація, 2004. – №12. – 7–9 с.

56. Электрические котлы: достоинства и недостатки [Электронный ресурс] / Рубин А. - Режим доступа: \www/ URL: <http://www.4living.ru/items/article/electric-heater/>- 2015 г. – Загл. с экрана.
57. Электроотопление частного дома – комфорт с минимальными усилиями [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: // <http://gidroguru.ru/otoplenie/1022-elektrootoplenie-chastnogo-doma> – Загл. с экрана.
58. Экономичный электрокотел с высоким КПД [Электронный ресурс] /- Режим доступа: \www/ URL:// <http://teplo.guru/kotly/elektricheskie/ekonomichnyi-elektrokotel.html>– Загл. с экрана.
59. Схема и принцип работы электрокотла [Электронный ресурс] /- Режим доступа: \www/ URL: // <http://energomir.net/otoplenie/princip-raboty-elektricheskogo-kotla.html>– Загл. с экрана.
60. Днепров, Ю.В. Монтаж котельных установок малой и средней мощности [Текст] : учеб. / Ю. В. Днепров, Д. Н. Сморнов, М. С. Файнштейн. – М.: Высш. школа, 1980. – 334 с.
61. Электрокотлы для отопления частного дома: выбор оптимального варианта [Электронный ресурс] /- Режим доступа: \www/ URL: // <http://www.postroj-dom.ru/otoplenie/177-elektrokotly-dlya-otopleniya-chastnogo-doma.html>– Загл. с экрана.
62. Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения [Текст] : учеб. / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. – М.: Энергоиздат, 1982. - 80 с.
63. Щекин, Р.В. Расчет систем центрального отопления [Текст] : учеб. / Р. В. Щекин, В. А. Березовский, В. А. Потапов. – К.: Вища школа, 1975. - 216 с.
64. Шперный, А. В. Низкопотенциальные и альтернативные источники энергии [Текст] : метод. указание / А.В.Шперный, С.Е. Чижов, Н.Ю. Бердышев. – Запорожье: ЗГИА, 2003. – 36 с.

65. Технические характеристики вакуумного солнечного коллектора Altek SP-C-15 [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: <http://rosteplo.org/altek-sp-c-15-vakuumnyu-sezonnyu-solnechnyy-kollektor-napornaya-sistema> - 2015 г. – Загл. с экрана.
66. Технические характеристики теплового насоса HYDRO-PRO 22T [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: <http://www.watermart.ua/oborudovanie-dlya-basseynov/teplovye-nasosy-dlya-basseynov-ru/teplovoy-nasos-hydro-pro-22-t.html> - 2015 г. – Загл. с экрана.
67. Технические характеристики теплового насоса HYDRO-PRO 22T [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: http://www.industryua.com.ua/ru/store/pools_and_equipment/thermal_pumps/25067/#.VhRnFFTtmko - 2015 г. – Загл. с экрана.
68. Характеристика электрического котла Bosch TRONIC 5000 H 60kW [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: <http://ingrant.com.ua/otoplen/kotly-i-kolonki/elektricheskie-kotly/bosch/elektricheskij-kotel-bosch-tronic-5000-h-60kw-detail.html> - 2015 г. – Загл. с экрана.
69. Характеристика электрического котла Bosch TRONIC 5000 H 60kW [Электронный ресурс] / - Режим доступа: \www/ URL: <http://www.in-ua.com/products/bosch-tronic-5000-h-60kw> - 2015 г. – Загл. с экрана.
70. Пазюк, М. Ю. Автоматизація технологічних процесів [Текст]: методичні вказівки / М.Ю. Пазюк, І.А. Овчинникова. – Запоріжжя, 2005 – 75 с.
71. Свириденко, Ю.П. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Охрана окружающей среды» с использованием ЭВМ для студентов всех специальностей [Текст]: методические указания / Ю.П. Свириденко, С. П. Панасейко, В.М. Билюшов. – Запорожье, 1989. – 28 с.

72. Бегун, В.В. Безпека життєдіяльності [Текст] : навч. посібник / В. В. Бегун, І. М. Науменко. – К.: МОНУ, 2004. – 328 с.
73. Тарасов, В. К. Безпека технологічних процесів та обладнання [Текст] : навч. посібник / В.К. Тарасов. – Запоріжжя, 2005. – 117с.
74. Князевского, Б. А. Охрана труда в энергетике [Текст]: методические указания / Б.А. Князевского. – М.: Энергия, 1983. – 336 с.
75. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-86. [Текст] : пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
76. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Текст]. – К. : Изд-во стандартів, 1999.
77. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. [Текст]. – К.: 1994.
78. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности [Текст]: справочник. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
79. ДБН В.2.2-10-2001. Заклади охорони здоров'я. [Текст]. – К. : Изд-во держбуд України, 2001.
80. Новак, С.М. Защита от вибрации и шума в строительстве [Текст] : учеб. / С. М. Новак, А. С. Логвинец. – К.: Будивельник, 1990. – 184 с.
81. Рижков, В. Г. Електробезпека. Методичні вказівки до дипломного та курсового проектування, контрольних робіт і практичних занять для студентів ЗДІА спеціальності “Теплоенергетика” спеціалізації “Охорона праці та екологія енергетичного виробництва” денної та заочної форм навчання / Укл. В.Г.Рижков. – Запоріжжя, 2004. – 60 с.
82. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках [Текст] : учеб. / П. А. Рижков. – М.: Энергоиздат, 1984. – 448 с.
83. Князевский, Б. А. Охрана труда в электроустановках [Текст] : учеб. / Под ред. Б.А. Князевского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
84. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-86. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

85. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст] : справочник / Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергия, 1976. – 391 с.
86. Смирнов, Н.В. Пожарная безопасность предприятий [Текст] : учеб. / Н. В. Смирнов, Л. М. Коган. – М.: Металлургия, 1989. – 432 с.
87. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Текст]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
88. Щербина, Я.Я. Основы противопожарной защиты [Текст] : учеб. / Я. Я. Щербина, И. Я. Щербина. – К.: Вища школа, 1985. – 255 с.
89. Годжелло, М.Г. Расчёт площади легкобрасываемых конструкций для зданий и сооружений взрывоопасных производств [Текст] : учеб. / М. Г. Годжелло. – М.: Стройиздат, 1981. – 35 с.
90. Баратов, А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст]: Справ. изд. в двух книгах / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 137 с.