



Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця»

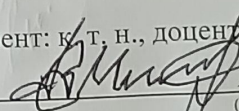
08-15.МКР.001.00.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-22м
спеціальності 144 – «Теплоенергетика»
(шифр і назва спеціальності)

 Лисак І.В.
(прізвище та ініціали)
Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

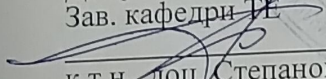
 Остапенко О.П.
(прізвище та ініціали)

« 05 » 12 2023 р.

Опонент: к. т. н., доцент каф. БМГА
 Андрухов В.М.
(прізвище та ініціали)

« 18 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ

 К.т.н., доц. Степанов Д. В.
(прізвище та ініціали)
« 18 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

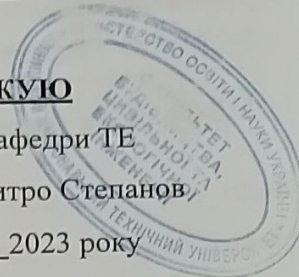
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 144 – Теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро Степанов

«20» 09 2023 року



**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Лисак Іванні Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця»
керівник роботи Остапенко О. П., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247

2. Термін подання студентом роботи 8 грудня 2023р
3. Вхідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп} = 2,4$ МВт;
потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 0,6$ МВт;
температурний графік теплової мережі 95/70 °С; паливо – природний газ;
котли Колві 3000; теплота згорання палива – 34,126МДж/м³.
4. Зміст текстової частини Аналітичний літературний огляд, варіантний аналіз проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні, технологія монтажу обладнання теплонасосних установок, автоматизація теплової схеми котельні, техніко - економічні показники проектних рішень, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема теплової котельні з теплонасосною установкою, план котельні з теплонасосною установкою; календарний план монтажних робіт; схема монтажна аксонометрична; функціональна схема автоматизації парової котельні; результати дослідження варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні (8 листів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завершив
ОПБНС	Кобилянська І. М. доц. каф. БЖДПБ		
ЕЧ	Лялюк О.Г. доц. каф. БМГА		
Інші розділи	доц. каф. ТЕ Остапенко О.П.		

7. Дата видачі завдання 20.09.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Примі
		початок	закінчення	
1	Аналітичний літературний огляд	21.09.2023	3.10.2023	
2	Варіантний аналіз проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні	4.10.2023	25.10.2023	
3	Технологія монтажу теплонасосного обладнання	25.10.2023	24.10.2023	
4	Схема автоматизації водогрійної котельні з теплонасосною установкою	15.10.2023	27.11.2023	
5	Економічна частина	27.11.2023	15.12.2023	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.11.2023	5.12.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	15.11.2023	5.12.2023	

Студент

Лисак І.В

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Остапенко О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Лисак І.В. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 93 с. На укр. мові. Бібліогр.: 62 назв; рис.: 66; табл. 22.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються проблеми підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні по вулиці Князів Коріатовичів, що досягається шляхом застосування теплонасосної установки. В роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах, оцінено технічні можливості застосування промислових теплових насосів, враховано європейський досвід їх впровадження, виконаний аналіз проваджених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі. В роботі розроблено математичну модель та проведені дослідження показників ефективності варіантів впровадження теплонасосної установки в тепловій схемі котельні. Розроблено функціональну схему автоматизації котельні, розроблено технологію монтажу когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі котельні, виконано розробку кошторису та економічних показників впровадження когенераційної теплонасосної установки в котельні заводу, розроблено заходи з охорони праці.

Ілюстративна частина складається з 16 аркушів.

Ключові слова: теплонасосна установка, водогрійна котельня, витрата палива, енергоефективність

ABSTRACT

Lysak I.V. Increasing the energy efficiency in the thermal scheme of the boiler house in Vinnytsia City. Master's qualification work in the specialty 144 - Heat Power Engineering, educational program - Heat Power Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 93 p. In Ukrainian language. Bibliogr .: 62 titles; fig .: 66; table 22.

In this master's qualification work the problems of increasing the efficiency of energy use in the thermal scheme on Knyaziv Koriatovychiv Street, which is achieved by using a heat pump unit. In the work, an analytical review of literary information on increasing the efficiency of energy use in technological processes was performed, the technical possibilities of using industrial heat pumps were evaluated, the European experience of their implementation was taken into account, an analysis of ongoing projects on the use of industrial heat pumps in Europe was performed. In the work, a mathematical model was developed and research was carried out on the efficiency indicators of options for the introduction of a heat pump unit in the thermal scheme of the boiler room. A functional scheme of automation of the boiler room was developed, the technology of installation of a cogeneration heat pump unit in the thermal scheme of the boiler room was developed, an estimate and economic indicators of the introduction of a cogeneration heat pump unit in the boiler room of the plant were developed, labor protection measures were developed.

The graphic part consists of 16 sheets.

Keywords: heat pump installation, steam industrial boiler room, fuel consumption, energy efficiency

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Теплові насоси як засіб ефективного та екологічного опалення	10
1.2 Європейський досвід в використанні теплонасосних установок.....	12
1.3 Перспективи використання теплонасосного устаткування на котельнях в Україні	17
1.4 Висновки до розділу	18
2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ	20
2.1 Опис математичної моделі теплової схеми котельні з теплонасосною установкою.....	20
2.2 Математичне програмне забезпечення розрахунків	22
2.3 Результати математичного моделювання та їх аналіз	25
2.4 Висновки до розділу 2	64
3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК	65
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....	68
5 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	70
5.1 Локальний кошторис об'єкту.....	70
5.2 Загальні техніко-економічні показники.....	71
5.3 Висновки до розділу 5	71
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	88

Додаток А (обов'язковий) ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	95
Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	96
Додаток В (Довідковий) МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ.....	104
Додаток Г (довідковий) ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ З ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	123
Додаток Д (довідковий). ЛОКАЛЬНИЙ КОШТОРИС НА БУДІВЕЛЬНІ РОБОТИ.....	135
Додаток Е. ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	138

ВСТУП

Актуальність теми. У глобальному контексті зростаючі витрати на традиційні джерела енергії та загострення проблем екології вимагають пошуку нових, ефективних рішень. Використання теплових насосів у системах опалення котельень представляє собою інноваційний підхід, який може внести значущий внесок у трансформацію сфери енергозабезпечення.

Застосування теплових насосів у котельнях відкриває можливість зниження витрат на енергоресурси та сприяє інтеграції відновлюваної енергії в енергетичні системи. Це стимулює раціональне використання теплових резервів і є важливим кроком у вирішенні проблем сталого розвитку та відповіді на екологічні стандарти. Цим підтверджується актуальність теми МКР.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана у відповідності з тематикою досліджень наукового напрямку досліджень кафедри теплоенергетики ВНТУ.

Метою роботи є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в м. Вінниці, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки.

Для досягнення мети МКР сформульовані та розв'язані такі **завдання**:

1. Провести аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності використання енергії шляхом застосування теплонасосних установок.
2. Розробити математичну модель для проведення досліджень та виконання варіантного аналізу проектів із підвищення ефективності використання енергії в тепловій схемі котельні.
3. Розробити технологію монтажу когенераційних теплонасосних установок для теплової схеми котельні.
4. Розробити принципові рішення з автоматизації основного обладнання у тепловій схемі парової котельні.

5. Здійснити оцінку економічних показників впровадження когенераційної теплонасоної установки на котельні.

6. Розробити заходи з охорони праці в контексті впровадження когенераційної теплонасоної установки.

Об'єкт дослідження є теплова схема котельні в м. Вінниці, що відпускає теплоту на опалення та гаряче водопостачання.

Предметом дослідження є способи та засоби з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні.

Методи дослідження

При виконанні МКР використано методи математичного моделювання, а також, методи аналізу та синтезу складних енергетичних систем.

Новизна отриманих результатів

Здобули подальший розвиток методи підвищення ефективності енерговикористання та забезпечення економії палива для опалювальних водогрійних котелень шляхом встановлення когенераційних теплонасосних установок з використанням теплоти вторинних енергоресурсів котельні.

На основі використаного програмного забезпечення досліджено, проаналізовано та оцінено ефективність варіантів проектів із застосування когенераційних теплонасосних установок з використанням теплоти вторинних енергоресурсів котельні.

Апробація роботи

Основні матеріали та результати досліджень було представлено та обговорено на двох Всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати проведених в МКР наукових досліджень опубліковані у 2 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1 - 2].

Структура та обсяг роботи. Магістерська кваліфікаційна робота складається: із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, технічного завдання та додатків. Загальний об'єм роботи 92 сторінки. МКР містить ілюстрації, графічні залежності, необхідні креслення.

2 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Теплові насоси як засіб ефективного та екологічного опалення

У сучасному світі, де енергетичні та екологічні проблеми набувають все більшого значення, завдання по підвищенню енергоефективності котельні стає надзвичайно актуальним. Запити на стабільність в постачанні енергоресурсів, ріст цін на них та постійні вимоги до екологічної безпеки визначають необхідність новаторських рішень у галузі опалення та теплопостачання.

Аналіз сучасних технологій вказує на кілька ключових напрямків, які можуть вплинути на енергоефективність котельні. Зокрема, використання передових технологій теплоізоляції може суттєво знизити тепловтрати. Оптимізація теплового обміну, використання технологій рециркуляції тепла та перехід до відновлюваних джерел енергії є важливими чинниками підвищення продуктивності котельні.

Системи автоматизації та регулювання визначають новий рівень управління котельні. Це означає, що можливості оптимізації роботи обладнання стають більш гнучкими та ефективними. Також, технічний огляд обладнання є важливою складовою, оскільки дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми та усувати їх перед виникненням серйозних несправностей.

Наукові дослідження та впровадження інноваційних стратегій грають важливу роль у підвищенні енергоефективності. Розробка нових матеріалів для теплоізоляції та впровадження передових технологій теплогенерації може вирішити багато завдань щодо оптимізації роботи котельні.

Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні батареї, вітрові установки та біомаса, стає дедалі важливішим аспектом. Інтеграція цих рішень у сучасну енергетичну систему котельні дозволяє забезпечити стійке, ефективне та екологічно чисте виробництво тепла.

Підвищення енергоефективності котельні вимагає не лише інтеграції наявних технологій, але й розвитку нових стратегій та підходів. Комплексне

використання технічних, технологічних, та науково-дослідницьких рішень дозволяє досягти значних результатів у напрямку створення стійкої та енергоефективної системи теплопостачання. Розробка та впровадження цих заходів має стратегічне значення для підтримання економічної та екологічної стійкості в сучасному світі.

В сучасному світі, де зростають вимоги до сталості та ефективності енергетичних систем, питання опалення набуває нового виміру. Традиційні методи опалення, зокрема газові та нафтові системи, нерідко виявляються не лише менш ефективними, але й проблемними з точки зору викидів, залежності від нестабільних ресурсів, високих витрат та інших аспектів.

Один із ключових недоліків традиційних систем - викиди забруднюючих речовин. Газові та нафтові опалювальні системи випускають у повітря значну кількість парникових газів та інших забруднюючих речовин, що має серйозні наслідки для екології та здоров'я населення. Однак теплові насоси, які використовують відновлювальні джерела енергії, дозволяють зменшити цей негативний вплив.

Залежність від нестабільних ресурсів є іншою серйозною проблемою традиційних методів опалення. Вартість природного газу та нафти може значно змінюватися через геополітичні події або інші фактори, що робить енергосистему вразливою. Теплові насоси використовують відновлювальні джерела енергії, такі як тепло з повітря, ґрунту та води, що надає більшу стабільність та незалежність.

Велика вартість пального, особливо в сучасних умовах зростання цін на енергоносії, стає значущим обтяжливим фінансовим тягарем для багатьох господарств. У порівнянні з цим, теплові насоси, які використовують відновлювальні джерела енергії та мають високий коефіцієнт корисної дії, можуть допомогти зменшити витрати на опалення, забезпечуючи економічну вигоду для споживачів.

Традиційні системи опалення, часто маючи низьку ефективність, використовують значну кількість енергії, часто витрачаючи її марно через низький коефіцієнт корисної дії. Теплові насоси, натомість, можуть здійснювати

перетворення енергії ефективніше, що призводить до зменшення витрат електроенергії та економії ресурсів.

Використання традиційних систем опалення може також призводити до потенційного забруднення навколишнього середовища через викиди та витіки пального. Теплові насоси, які використовують тепло з природних джерел, менше вразливі до цих проблем та сприяють екологічній безпеці.

Обмежена гнучкість та потреба у регулярному обслуговуванні є ще однією негативною рисою традиційних систем. Теплові насоси, завдяки своїй гнучкості та меншому обсягу технічного обслуговування, можуть надати більше комфорту та економії часу для користувачів.

Отже, враховуючи супутність та недоліки традиційних методів опалення, можна визначити теплові насоси як передовий та ефективний варіант опалення, який здатний вирішити сучасні енергетичні та екологічні виклики. Застосування цих новітніх технологій в опалювальних системах відкриває перспективи для забезпечення не лише комфортного та надійного опалення, але й створення сталого та екологічно чистого енергетичного майбутнього.

Проте існують різноманітні проблеми, які ускладнюють впровадження теплових насосів серед споживачів, зокрема обмеження, пов'язані з процесом їхньої установки, відсутність інформації про переваги теплових насосів та розподіл інтересів між власниками будівель та орендарями. Навіть якщо ці труднощі менш конкретні за своєю суттю, ніж фінансові витрати, вони суттєво призводять до небажання багатьох споживачів обирати тепловий насос над іншими системами опалення.

1.2 Європейський досвід в використанні теплонасосних установок

Сьогодні в основному для опалення будівель та виробництва тепла використовуються природні ресурси, багато з яких імпортуються, що створює ризик перебоїв у постачанні енергії. Лише опалення та нагрів води у будівлях вимагають значних обсягів газу в Європейському Союзі, що робить цю сферу

однією з найбільш споживаючих газових ресурсів у ЄС. Окрім цього, ураховуючи роль газу у виробництві електроенергії та централізованому тепlopостачанні, опалення становить понад 40% використання газу в Європейському Союзі. Такий же високий показник споживання газу в опаленні відзначається у США та деяких інших країнах, особливо на північній півкулі [3].

Російське вторгнення в Україну знову актуалізувало питання енергетичної безпеки, особливо в Європі, де існує реальний ризик перебоїв у постачанні газу, що може призвести до того, що мільйони людей залишаться без необхідного опалення, від чого можуть страждати їх комфорт та здоров'я. Застосування теплових насосів у поєднанні з підвищенням енергоефективності будівель може допомогти знизити залежність від імпортного палива, що використовується для опалення. Така проблема особливо актуальна для Європейського Союзу, Японії та Кореї, які в значній мірі залежать від імпортованих видів палива для опалення та виробництва електроенергії та централізованого тепла. У 2021 році більше половини енергії для опалення в Європейському Союзі було отримано безпосередньо чи опосередковано через імпорт палива, з найбільшим використанням газу [4]. У Японії та Кореї цей показник практично дорівнює 90%, де основними імпортними видами палива є нафта та газ. Китай також має певну залежність від імпортованого палива для опалення будівель, але в меншій мірі. В Європейському Союзі та інших країнах, завдяки впровадженню теплових насосів, спостерігається зменшення залежності від імпортованих видів палива для опалення (Рис.1.1) [5].

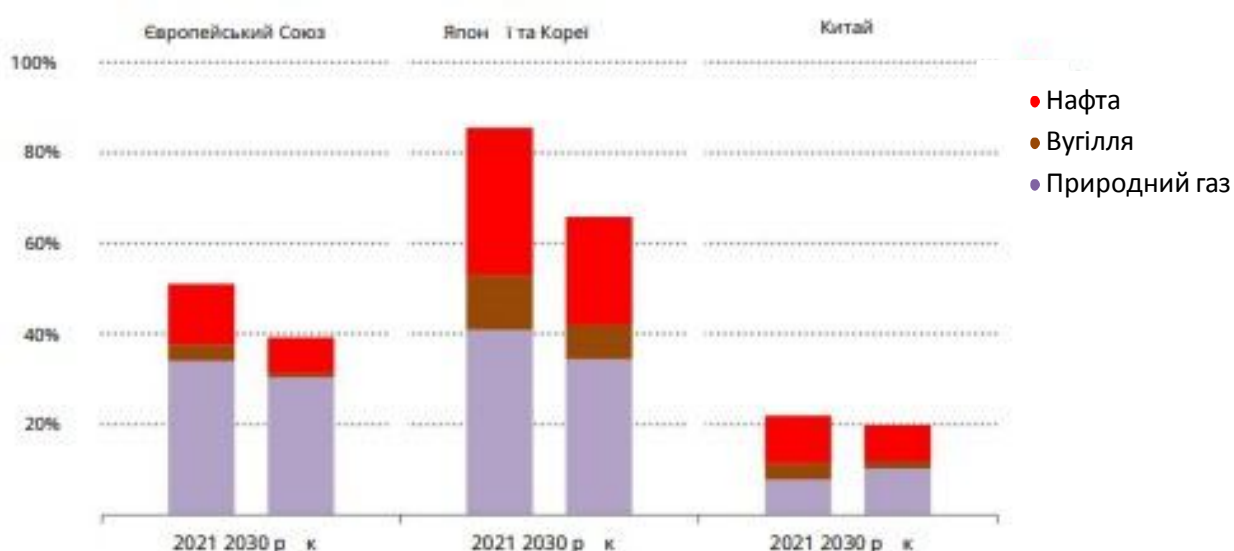


Рисунок 1.1 – Частка опалення, яке забезпечується імпортним паливом

Теплові насоси для індивідуального опалення можуть не завжди бути найвигіднішим вибором в умовах, таких як густонаселені міські райони або промисловість, через технічні, економічні або інші обмеження. У таких ситуаціях або для ефективнішого використання наявних джерел тепла раціональним рішенням може стати централізоване теплопостачання. Великі теплові насоси можуть бути використані для централізованого опалення будівель, комерційних приміщень і промислових об'єктів через розширення існуючих мереж або будівництво нових. Наприклад, в Європейському Союзі наразі понад 60 мільйонів людей отримують централізоване теплопостачання, а ще 80 мільйонів мешканців проживають у містах з наявною мережею.

Запаси для декарбонізації централізованого теплопостачання наразі значно невикористані: викопне паливо все ще забезпечує більше 90% світового централізованого теплопостачання, а цей показник ще вищий на ринках Китаю та Росії. В Європі, де припадає 20% світового виробництва централізованого теплопостачання, викиди CO₂ перевищують середні світові стандарти на більше третини, незважаючи на те, що лише чверть теплопостачання генерується з відновлюваних джерел, а теплові насоси використовуються лише на 1%. Чотири європейські країни (Австрія, Данія, Фінляндія та Швеція) встановлюють цілі

декарбонізації своїх мереж централізованого теплопостачання до 2030-2040 року, а Данія планує забезпечити майже третину централізованого теплопостачання за допомогою теплових насосів до 2030 року [6].

Системи централізованого теплопостачання, які використовують теплові насоси для видобутку тепла зі стічних вод, існують з 1980-х років. У більш пізніх проектах застосовуються або плануються використання відходів тепла від центрів обробки даних, метрополітенів, промислових об'єктів чи електролізерів. Хаммарбіверкет у Стокгольмі, побудований у 1986 році, є найбільшою в світі системою централізованого теплопостачання з тепловими насосами і важливою частиною загальної теплової мережі міста. У 2006 році під парком Катрі Вала в Гельсінкі була побудована велика комбінована теплоцентраль. Вона використовує тепло стічних вод для одночасного централізованого опалення та нагрівання води, а також холодної морської води для централізованого охолодження. Проекти використання тепла стічних вод успішно реалізовані в інших країнах Європи, а також в Австралії, Канаді, Китаї, Японії та США.

На ринку з'являються інші технології теплових насосів для централізованих систем теплопостачання. Новий великоформатний тепловий насос для використання тепла від холодильної установки офісів у Берліні в міській системі централізованого теплопостачання був недавно побудований компаніями Siemens Energy та Vattenfall Wärme Berlin AG і розпочав роботу наприкінці 2022 року. Теплова потужність становить до 8 мегаватт (МВт) і може забезпечувати гарячою водою близько 30 000 домогосподарств влітку та теплом і гарячою водою 3 000 домогосподарств взимку.

Система централізованого теплопостачання у Сараєво, яке є столицею та найбільшим містом Боснії і Герцеговини, використовує енергію природного газу або мазуту. Тим часом, будинки, які не мають доступу до централізованої системи опалення, в основному користуються дровами чи вугіллям для обігріву. Це викликає серйозні проблеми із якістю повітря у місті, оскільки рівні оксидів сірки, азоту та твердих часток узимку регулярно перевищують безпечні норми. З метою зменшення залежності міста від традиційних джерел енергії, Європейський банк

реконструкції та розвитку (ЄБРР) взявся за впровадження проектів з використанням великомасштабних централізованих теплових насосів, які функціонують на воді.

Два таких проекти, які вже обговорюються, можуть стати важливим кроком у цьому напрямку. Один із них передбачає витрати у розмірі 25 мільйонів євро на будівництво теплової станції потужністю 18 МВт, яка використовуватиме очищені стічні води зі станції очищення стічних вод із середньорічною температурою 10 °С. Інший проект, вартість якого складає приблизно 21 мільйон євро, передбачає спорудження теплової станції потужністю 21 МВт, яка використовуватиме питну воду міста із середньорічною температурою 12 °С. Реалізація обох проектів може призвести до збільшення частки виробництва енергії за допомогою теплових насосів у системі централізованого теплопостачання Сараєво майже на 40%.

У 2021 році глобальний обсяг продажів теплових насосів зріс на 13% у порівнянні з рівнем 2020 року, а найвищий темп зростання, а саме близько 35%, зафіксований в Європейському Союзі (рис. 1.2). Незважаючи на цей позитивний тренд у продажах протягом останніх років, теплові насоси наразі задовольняють лише близько 10% всесвітнього попиту на опалення будівель за даними 2021 року [7].

На сьогоднішній день теплові насоси в житлових та комерційних приміщеннях мають потужність понад 1 000 гігаватт (ГВт), із яких 2 ГВт розташовані в Північній Америці. Багато з цих систем використовуються в регіонах з помірним або теплим кліматом, де вони основним чином використовуються для охолодження, але є ключовим ресурсом для опалення протягом кількох місяців на рік.

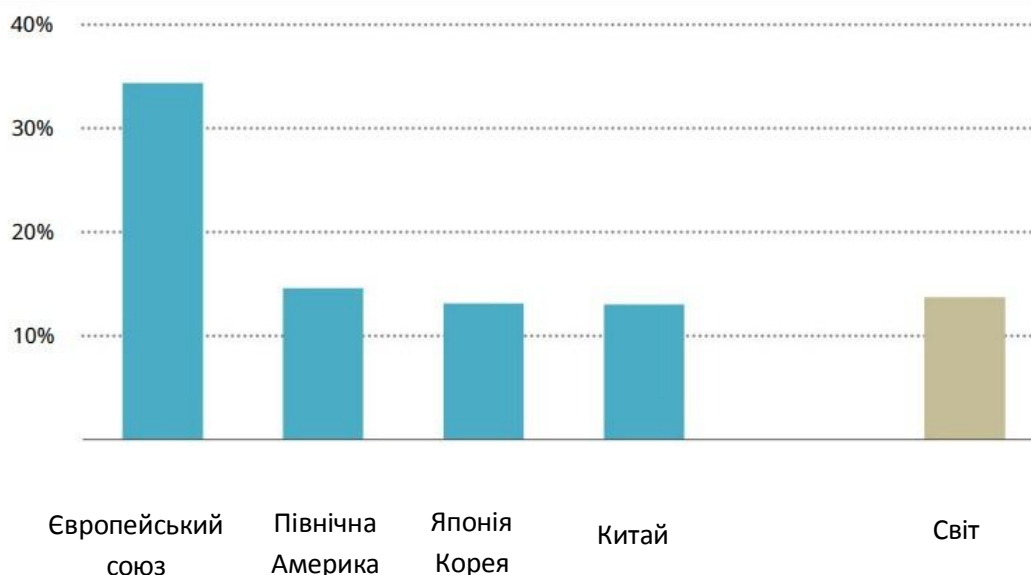


Рисунок 1.2 - Річний приріст продажів теплових насосів у вибраних регіонах в 2021 році

Однак на сьогодні проникнення теплових насосів є найбільш високим саме в найхолодніших регіонах Європи: завдяки довготривалій політичній підтримці, вони задовольняють 60% загальних потреб у опаленні будівель в Норвегії та понад 40% в Швеції та Фінляндії [8].

1.3 Перспективи використання теплонасосного устаткування на котельнях в Україні

Впровадження теплонасосних установок в теплових схемах українських котелень може відігравати важливу роль у зміцненні енергетичної безпеки та самостійності країни. Застосування теплових насосів дозволить зменшити залежність від імпортного газу та перейти до використання місцевих та відновлювальних джерел енергії, таких як геотермальна енергія та атмосферне тепло. Це може стати ключовим кроком у забезпеченні стабільності постачання енергії та уникненні ризиків, пов'язаних із зовнішньою залежністю.

Впровадження теплонасосних котелень сприятиме активізації процесу модернізації житлового фонду в Україні. Зокрема, стимулюватиметься попит на

будівництво та реконструкцію енергоефективних будівель. Теплонасосні системи ефективно функціонують у добре ізольованих будівлях, що може призвести до поширення та впровадження нових технологій у будівництві, спрямованих на підвищення енергоефективності.

Встановлення теплонасосних котелень може призвести до зниження витрат на опалення для кінцевих споживачів. Однією з основних переваг є менша залежність від імпортного газу, що дозволяє оптимізувати витрати на енергію та знижувати витрати на опалення для кінцевих споживачів, що в свою чергу може позитивно позначитися на економічній ситуації населення.

Впровадження теплонасосних котелень може стати важливим інструментом для створення нових робочих місць і розвитку ринку відновлювальних технологій в Україні. Розробка, виробництво, установка та обслуговування теплонасосних систем вимагатиме участі кваліфікованих спеціалістів, що збагатить ринок праці новими можливостями.

Використання теплонасосних технологій відповідає світовим стандартам екологічної безпеки та зменшення викидів парникових газів. Україна, приймаючи такі екологічно орієнтовані рішення, демонструє свою згоду з глобальними ініціативами щодо збереження природних ресурсів та обмеження впливу на зміну клімату.

Впровадження теплонасосних технологій вимагатиме підготовки кваліфікованих фахівців, що сприятиме розвитку системи освіти в галузі відновлювальної енергетики. Навчальні програми та курси для фахівців з інсталяції та обслуговування теплонасосів сприятимуть створенню кадрового резерву для подальшого розвитку галузі в Україні.

1.4 Висновки до розділу

У цьому розділі проведено аналітичний огляд наявної літературної інформації щодо підвищення ефективності використання енергії в технологічних процесах. Визначені технічні можливості використання промислових теплових

насосів, а також враховано досвід їх застосування в Європі. Це дало можливість сформулювати мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

Основною метою роботи є підвищення ефективності використання енергії в тепловій схемі котельні міста Вінниця. Це досягається за допомогою впровадження когенераційної теплонасосної установки. Для досягнення цієї мети визначені наступні завдання:

7. Провести аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності використання енергії шляхом застосування теплонасосних установок.

8. Розробити математичну модель для проведення досліджень та виконання варіантного аналізу проектів із підвищення ефективності використання енергії в тепловій схемі котельні.

9. Розробити технологію монтажу когенераційних теплонасосних установок для теплової схеми котельні.

10. Розробити принципові рішення з автоматизації основного обладнання у тепловій схемі парової котельні.

11. Здійснити оцінку економічних показників впровадження когенераційної теплонасосної установки на котельні.

12. Розробити заходи з охорони праці в контексті впровадження когенераційної теплонасосної установки.

2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ

2.1 Опис математичної моделі теплової схеми котельні з теплонасосною установкою

Початковими даними для виконання досліджень показників теплонасосних установок з використанням математичної моделі є [9-13]:

- вид та термодинамічні властивості холодоагентів;
- температура джерел низькотемпературної та високотемпературної теплоти на вході та на виході;
- витрати теплоносіїв у випарнику та конденсаторі теплового насоса;
- потужність випарника та споживачів опалення та гарячого водопостачання.

Математичний опис, закладений у модель для досліджень наведений нижче.

Питома дійсна робота компресора теплового насоса, кДж/кг

$$l_{\text{км}} = h_2 - h_1 = \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_{oi}^{\text{км}}} = \frac{l_{\text{кмо}}}{\eta_{oi}^{\text{км}}} \quad (2.1)$$

Питома підведена робота електродвигуна теплового насоса, кДж/кг

$$l_{\text{ед}} = l_{\text{під}} = \frac{l_{\text{км}}}{\eta_{\text{ем}}} = \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_{oi}^{\text{км}} \cdot \eta_{\text{ем}}} \quad (2.2)$$

Питома теплота, що відводиться з конденсатора теплового насоса, кДж/кг

$$q_k = h_2 - h_3 = h_2 - (h_2'' - r) \quad (2.3)$$

Питома теплота, яка підводиться від низькотемпературного джерела у випарник, кДж/кг

$$q_v = h_1 - h_4 \quad (2.4)$$

Рівняння енергетичного балансу теплового насоса, кДж/кг

$$l_{km} + q_v = q_k = q_{тн\text{у}},$$

або

$$l_{kmo} / \eta_{oi} + q_v = q_k = q_{тн\text{у}}, \quad (2.5)$$

Температура води після конденсатора теплового насоса, °С

$$t_{тн} = t_k - \theta, \quad (2.6)$$

Масова витрата холодоагенту, що циркулює в контурі теплового насоса, кг/с

$$G_{ха} = \frac{Q_{тн\text{у}} \cdot 10^3}{q_k \cdot \eta_{го}}, \quad (2.7)$$

Потужність, яка витрачається на компресор теплового насоса, МВт

$$N_{\text{км}} = \frac{G_{\text{ха}} \cdot H_p}{\eta_{\text{ем}} \cdot 10^3}, \quad (2.8)$$

Теплова потужність випарника теплового насосу, МВт

$$Q_{\text{в}} = G_{\text{ха}} \cdot q_{\text{в}} \cdot 10^{-3}. \quad (2.9)$$

2.2 Математичне програмне забезпечення розрахунків

Моделювання здійснювалось у програмі HP FAT Calculator Programme-2023 [14] Данського Технологічного Інституту.

Використана програма для моделювання та розрахунків HP FAT (Heat Pump First Assessment Tool) є безкоштовною програмою, яка базується на основі комерційного пакету Engineering Equation Solver (EES) і відповідному математичному описі.

Engineering Equation Solver (EES) є комерційним пакетом програмного забезпечення, що забезпечує одночасне розв'язування систем лінійних та нелінійних рівнянь. В ньому закладена значна кількість спеціалізованих функцій та відповідних рівнянь з термодинаміки та теплопередачі. EES містить значення термодинамічних властивостей, виконує ітераційне розв'язання, спрощуючи задачу визначення термодинамічних властивостей з використанням вбудованих функцій.

Пакет EES має параметричні таблиці, що забезпечує порівняння декількох варіантів одночасно. EES забезпечує оптимізації, що мінімізують або максимізують вибрану змінну.

Програму розроблено компанією F-Chart Software, EES включено як прикладене програмне забезпечення для ряду студентських підручників з термодинаміки, теплопередачі та механіки рідини від McGraw-Hill [15].

HP FAT призначений для оцінки ефективності застосування теплового насоса, дозволяє виконати оцінку потужностей та визначити прості фінансові показники.

На рис. 2.1 – 2.4 показані результати моделювання трьох режимів роботи теплонасосних установок для параметрів у відповідності з показниками теплової схеми водогрійної котельні. Проведено визначення енергетичних та економічних показників.

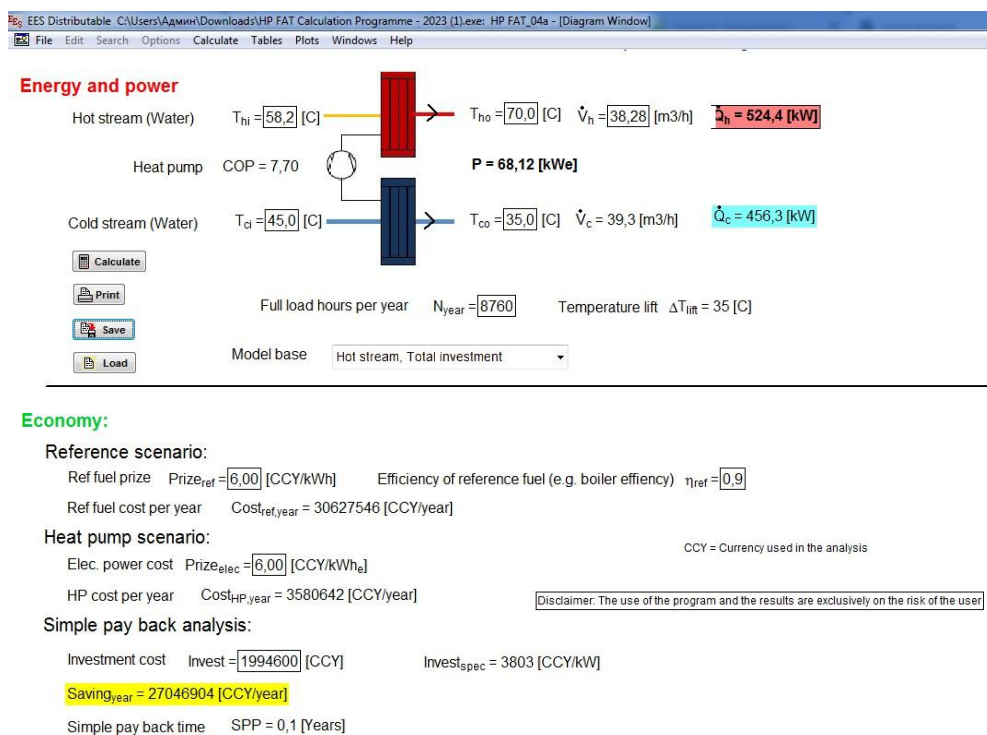


Рисунок 2.1 - Результати моделювання першого режиму роботи теплонасосних установок

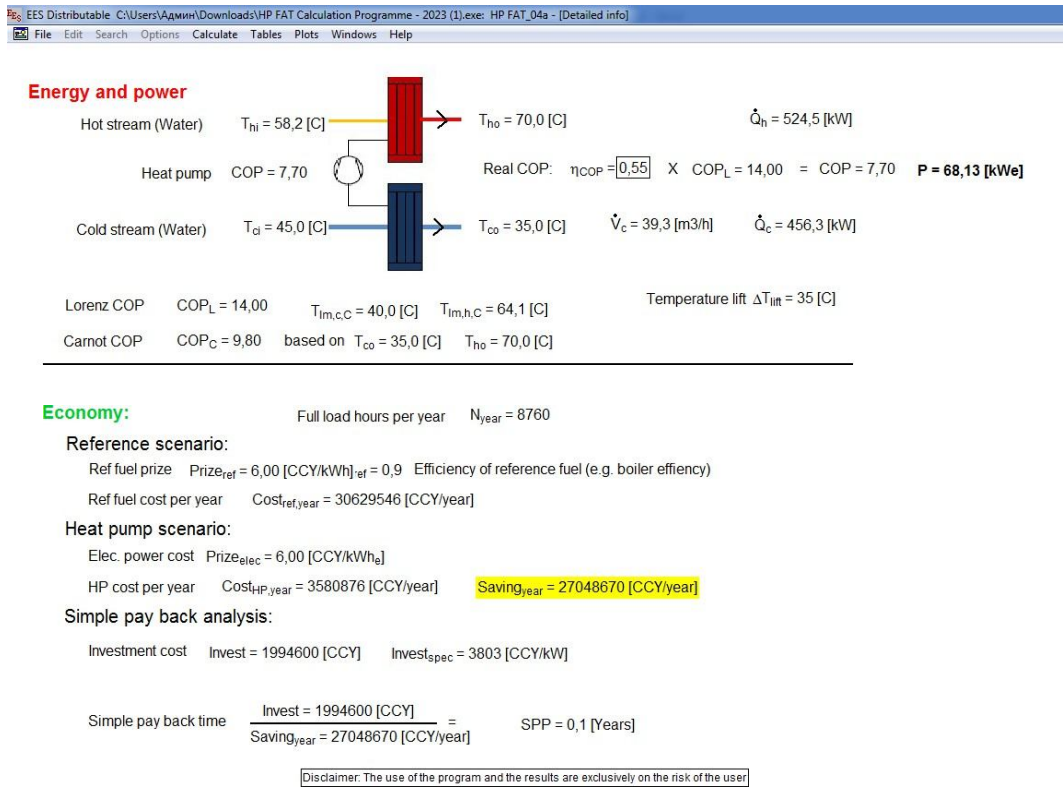


Рисунок 2.2 - Результати моделювання другого режиму роботи теплонасосних установок

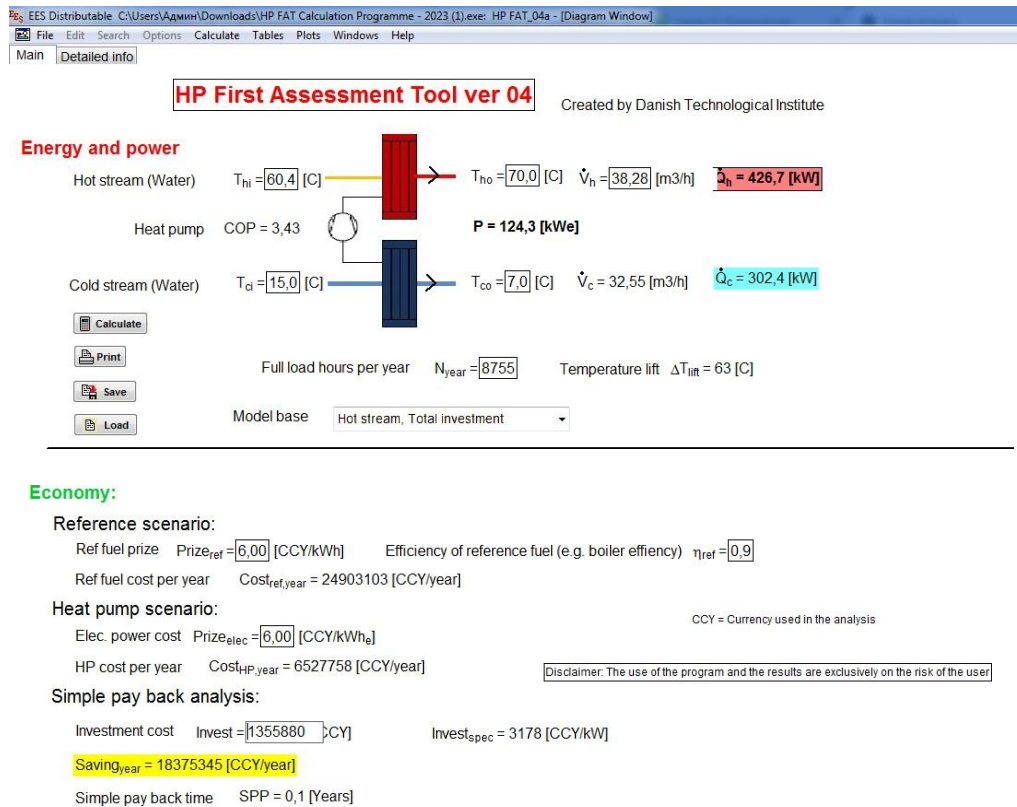


Рисунок 2.3 - Результати моделювання третього режиму роботи теплонасосних установок

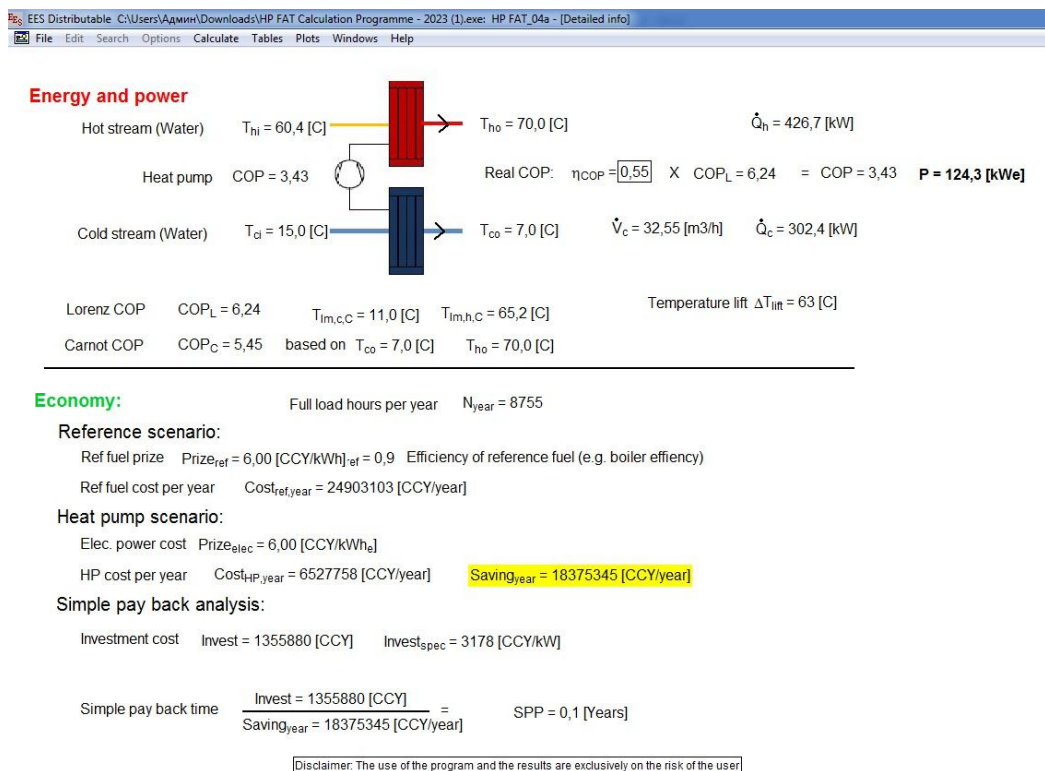


Рисунок 2.4 - Результати моделювання четвертого режиму роботи теплонасосних установок

Використано програмний продукт компанії Treeze Ltd з оцінки життєвого циклу [16]. В оцінці життєвого циклу вплив продукції на навколишнє середовище визначається кількісно від видобутку ресурсів до виробництва, використання та обробки наприкінці життєвого циклу.

Використано програми-калькулятори [17-18], що допоможуть вам кількісно оцінити вплив на навколишнє середовище.

2.3 Результати математичного моделювання та їх аналіз

Результати моделювання представлені в табл. 2.1 -2.16.

Моделювання здійснювалось для теплових насосів з використанням теплоти повітря, ґрунту та ґрунтових вод, а також стічних вод та вторинних енергоресурсів, для граничних значень локальних та загальних коефіцієнтів ефективності в діапазоні 2..4.

Таблиця 2.1 Результати моделювання

Тепловий насос «повітря-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електро- енергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	1,556	6,222
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,457	1,828
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,273	1,093
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,825	3,301
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1574	0,6297
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1236	0,4944
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	162	649

Таблиця 2.2 Результати моделювання

Тепловий насос «повітря-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	1,790	5,011
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,650	1,820
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,389	1,091
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,750	2,101
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2136	0,598
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1759	0,4926
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	220	617

Таблиця 2.3 Результати моделювання

Тепловий насос «повітря-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	2,102	4,203
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,907	1,814
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,545	1,089
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,650	1,3
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2884	0,5769
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,2457	0,4913
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	298	596

Таблиця 2.4 Результати моделювання

Тепловий насос «повітря-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,790	5,011
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,650	1,820
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,389	1,091
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,750	2,101
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2136	0,5980
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1759	0,4926
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	220	617

Таблиця 2.5 Результати моделювання

Тепловий насос «розсіл-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,567	6,266
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,468	1,871
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,273	1,094
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,825	3,301
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1515	0,6019
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1257	0,5029
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	158	631

Таблиця 2.6 Результати моделювання

Тепловий насос «розсіл-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,581	6,164
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,479	1,869
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,28	1,093
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,821	3,201
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1538	0,6
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1289	0,5026
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	161	629

Таблиця 2.7 Результати моделювання

Тепловий насос «розсіл-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	2,113	4,225
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,918	1,836
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,545	1,089
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,650	1,3
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2815	0,5630
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,2478	0,4956
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	294	587

Таблиця 2.8 Результати моделювання

Тепловий насос «розсіл-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	1,581	6,164
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,479	1,869
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,28	1,093
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0,821	3,201
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт·год нафтового екв/кВт·год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1538	0,6
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1289	0,5026
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	161	629

Таблиця 2.9 Результати моделювання

Тепловий насос «стічна вода-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,808	3,231
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,458	1,833
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,273	1,093
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,076	0,305
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,750	3
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1354	0,5416
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1244	0,4977
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	148	591

Таблиця 2.10 Результати моделювання

Тепловий насос «стічна вода-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,948	3,224
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,538	1,828
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,321	1,092
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,09	0,304
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,706	2,4
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1585	0,5389
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1460	0,4962
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	172	584

Таблиця 2.11 Результати моделювання

Тепловий насос «стічна вода-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,604	3,208
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,908	1,816
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,544	1,089
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,151	0,302
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,5	1
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2664	0,5328
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,2465	0,4930
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	284	568

Таблиця 2.12 Результати моделювання

Тепловий насос «стічна вода-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,948	3,224
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,538	1,828
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,321	1,092
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,09	0,304
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,706	2,4
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1585	0,5389
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1460	0,4962
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	172	584

Таблиця 2.13 Результати моделювання

Тепловий насос «грунтові води-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,567	6,266
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,468	1,871
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,273	1,094
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,825	3,301
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1505	06019
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1257	0,5029
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	158	631

Таблиця 2.14 Результати моделювання

Тепловий насос «грунтові води-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 4 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,663	5,654
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,574	1,861
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,321	1,092
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,794	2,701
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1736	0,5902
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1473	0,5007
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	182	618

Таблиця 2.15 Результати моделювання

Тепловий насос «грунтови води-вода» Локальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	2,113	4,225
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,918	1,836
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,545	1,089
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,650	1,3
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,2815	0,5630
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,2478	0,4956
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	294	587

Таблиця 2.16 Результати моделювання

Тепловий насос «грунтови води-вода» Загальний коефіцієнт ефективності 2 Вплив на навколишнє середовище		За кВт·год тепла	За кВт·год спожитої електроенергії
Сукупна потреба в енергії, всього	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	1,663	5,654
Сукупний попит на енергію, викопне	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,574	1,861
Сукупна потреба в енергії, ядерна	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,321	1,092
Сукупний попит на енергію, відновлювана	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0,794	2,701
Сукупна потреба в енергії, відходи	кВт-год нафтового екв/кВт-год тепла	0	0
Викиди парникових газів	кг CO ₂ -екв/кВт·год тепла	0,1736	0,5902
Вуглекислий газ, викопний	кг CO ₂ /кВт·год тепла	0,1473	0,5007
Екологічний дефіцит 2013 (еко-точки/УВР)	УБП/кВт·год тепла	182	618

За результатами аналізу показників з табл. 2.1 -2.16 ми робимо висновок, що використання теплоти стічних вод та вторинних енергоресурсів в теплових насосах забезпечує високу ефективність енергоперетворень та кращі екологічні показники. Визначено, що показники ефективності теплових насосів підвищуються зі збільшенням показника енергетичної ефективності.

На рис. 2.5 – 2.52 наведені показники роботи теплових насосів на різних джерелах низькотемпературної теплоти з різними показниками ефективності.

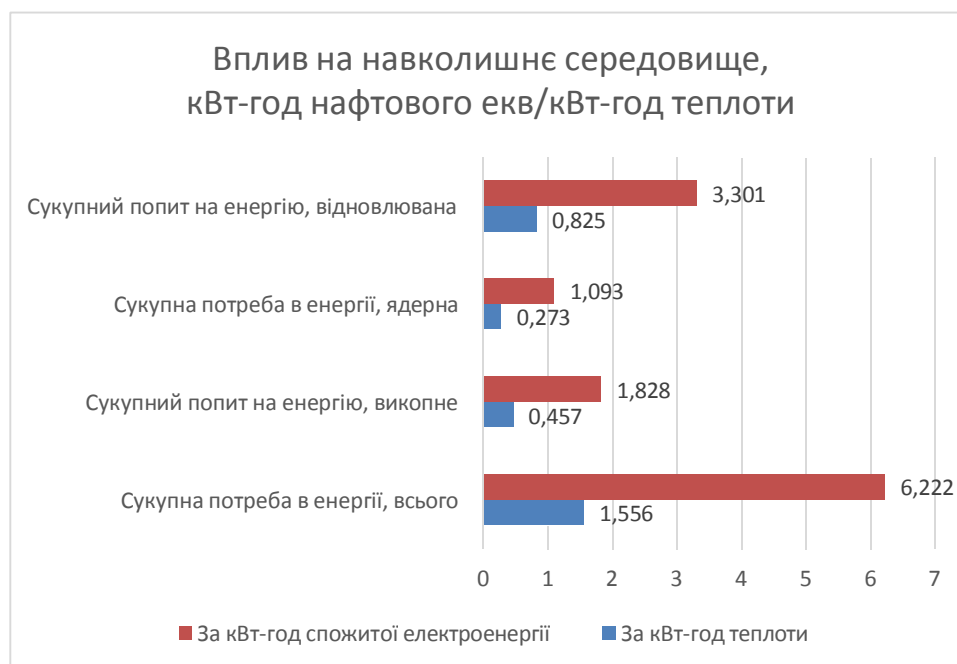


Рисунок 2.5 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

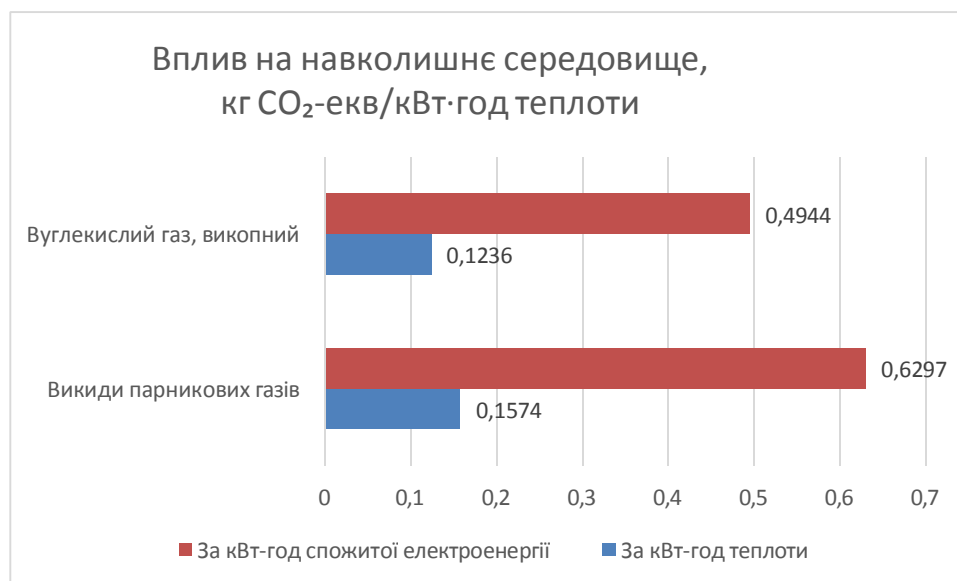


Рисунок 2.6 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

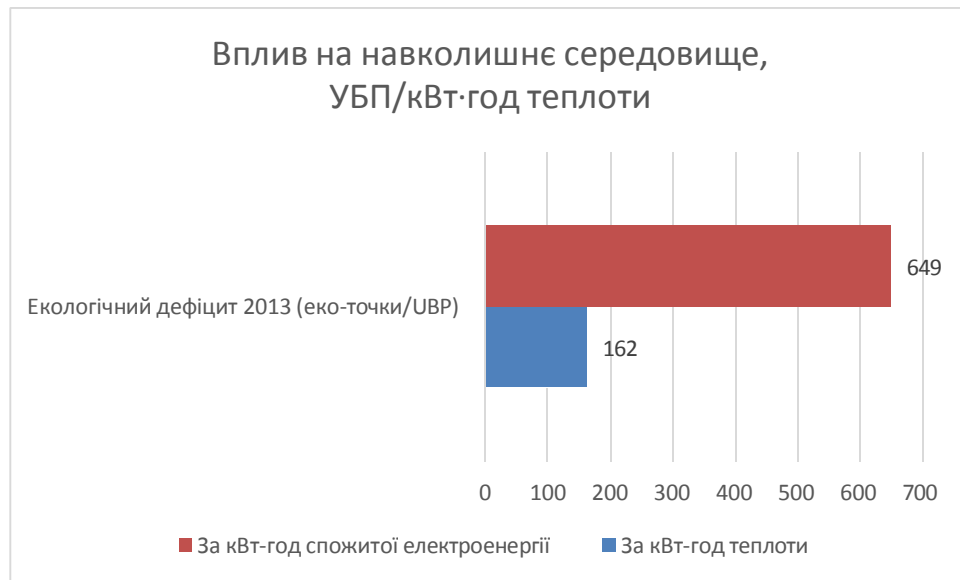


Рисунок 2.7 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

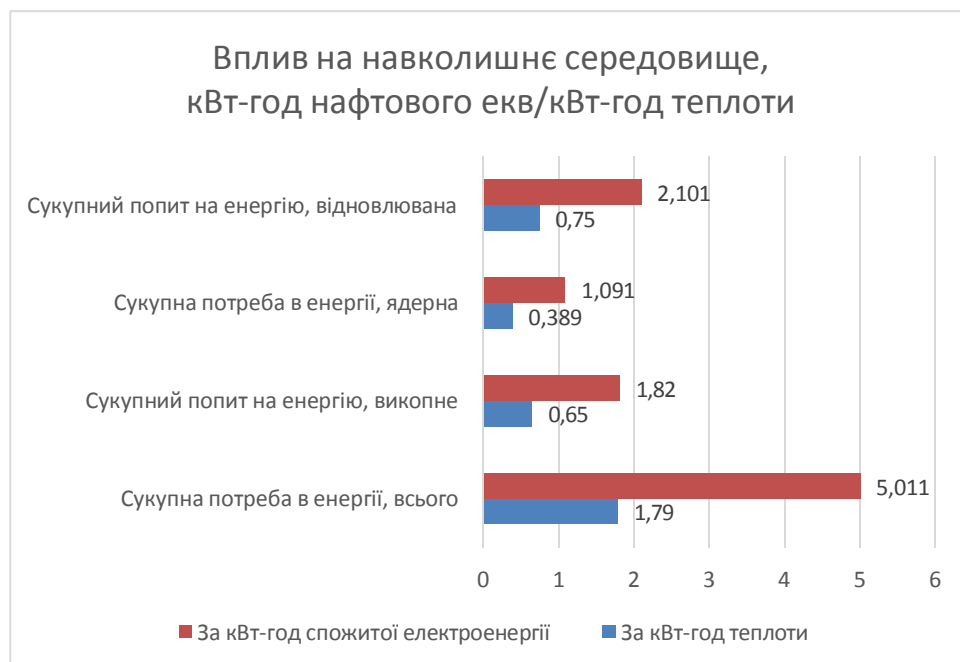


Рисунок 2.8 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

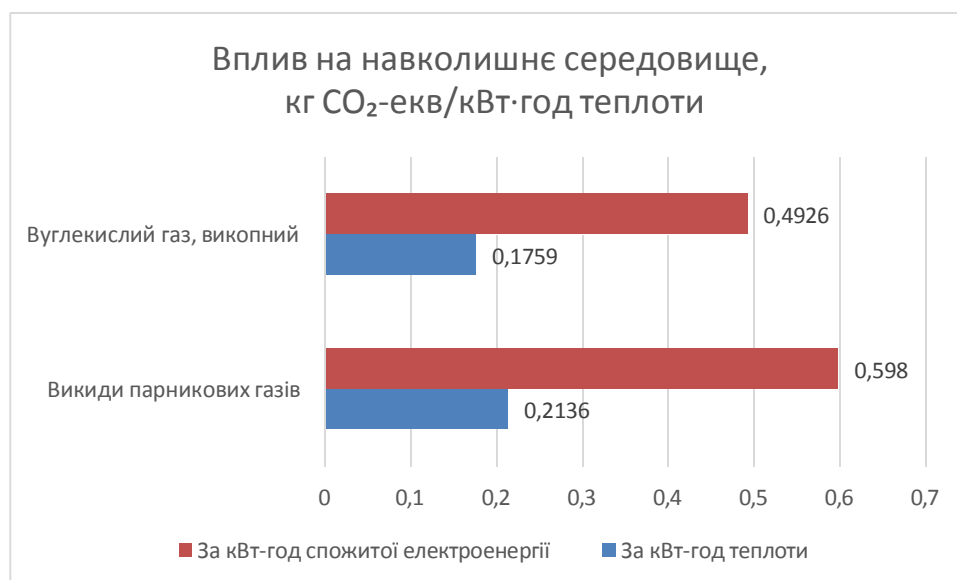


Рисунок 2.9 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

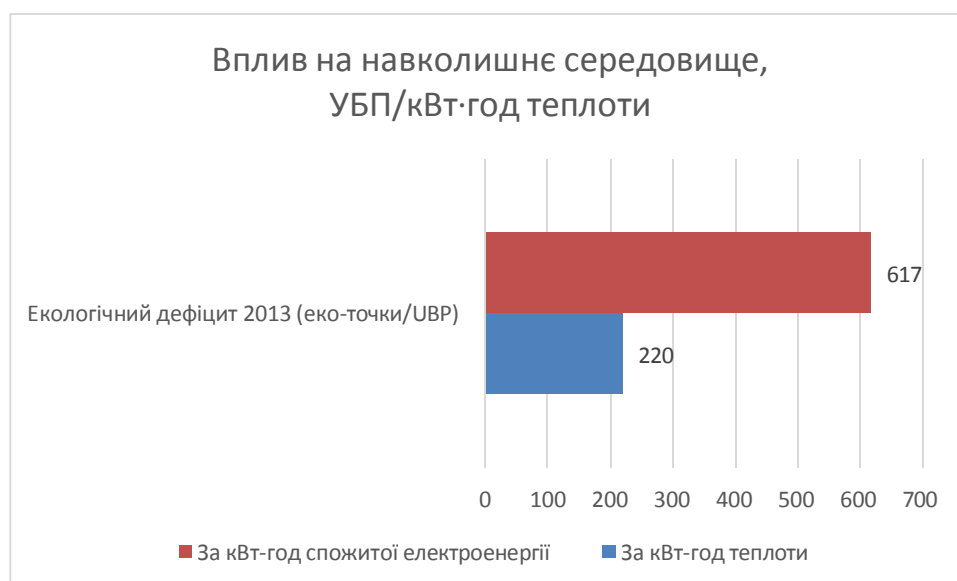


Рисунок 2.10 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

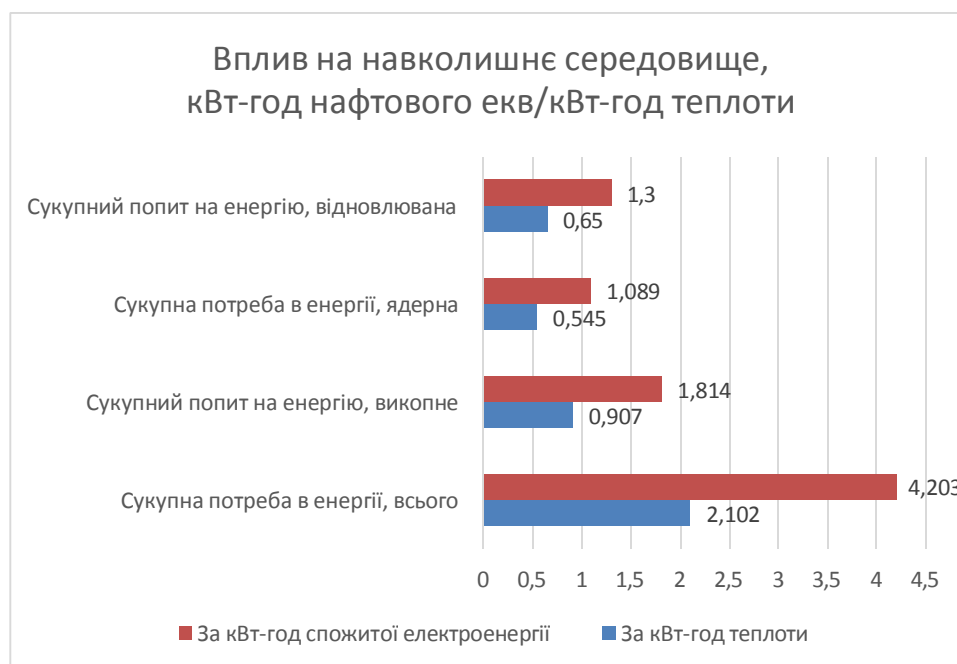


Рисунок 2.11 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

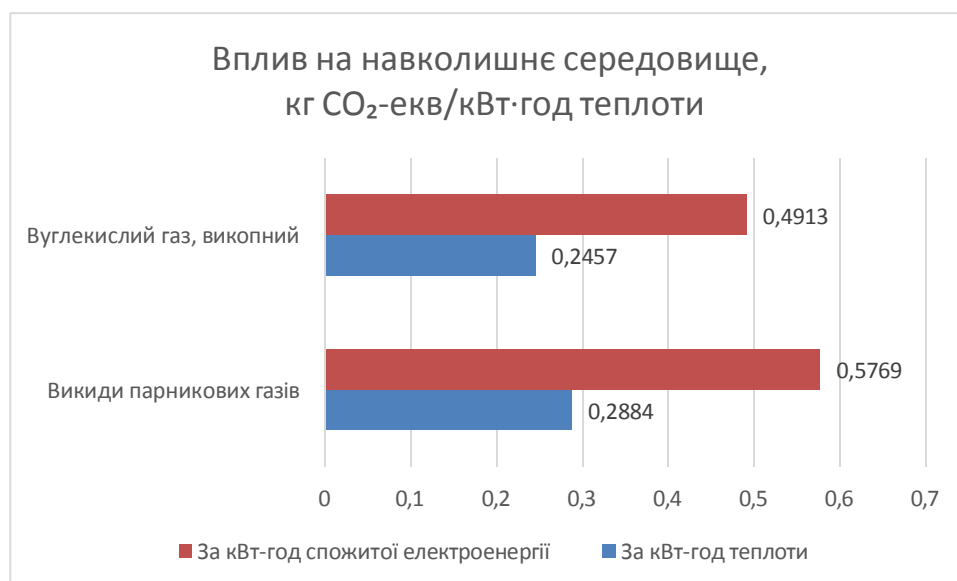


Рисунок 2.12 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

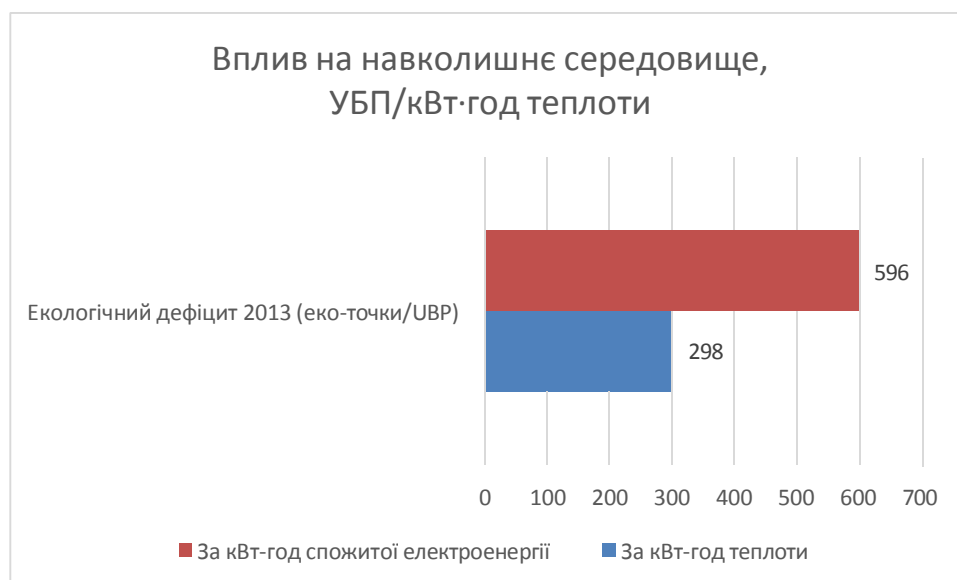


Рисунок 2.13 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

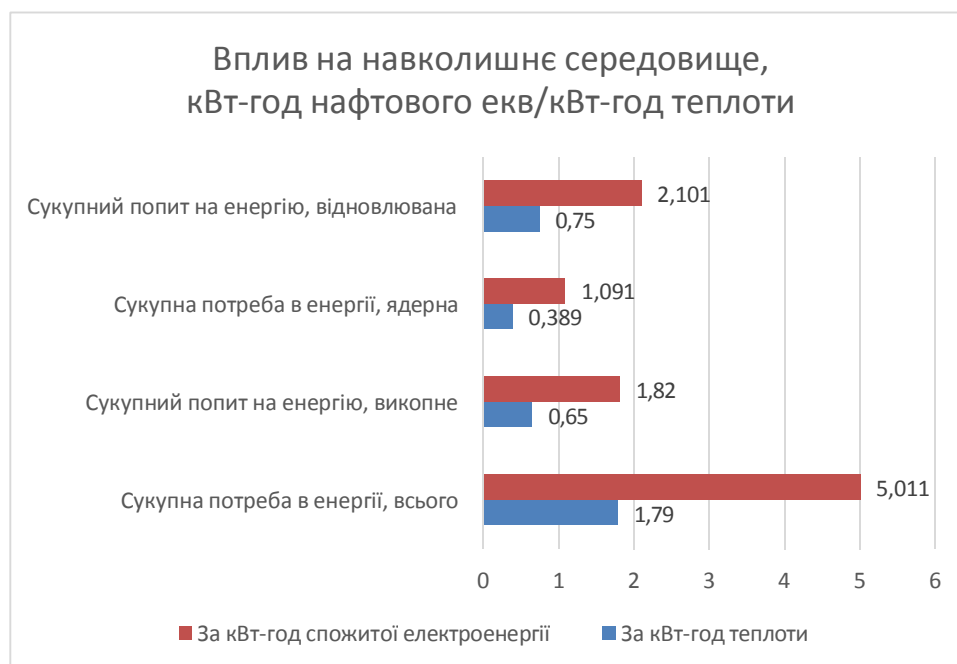


Рисунок 2.14 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

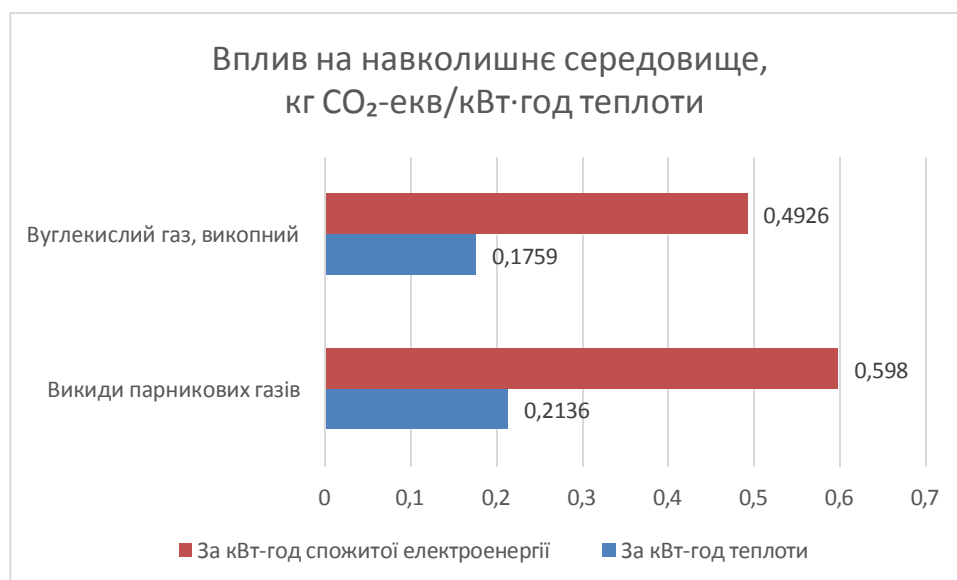


Рисунок 2.15 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

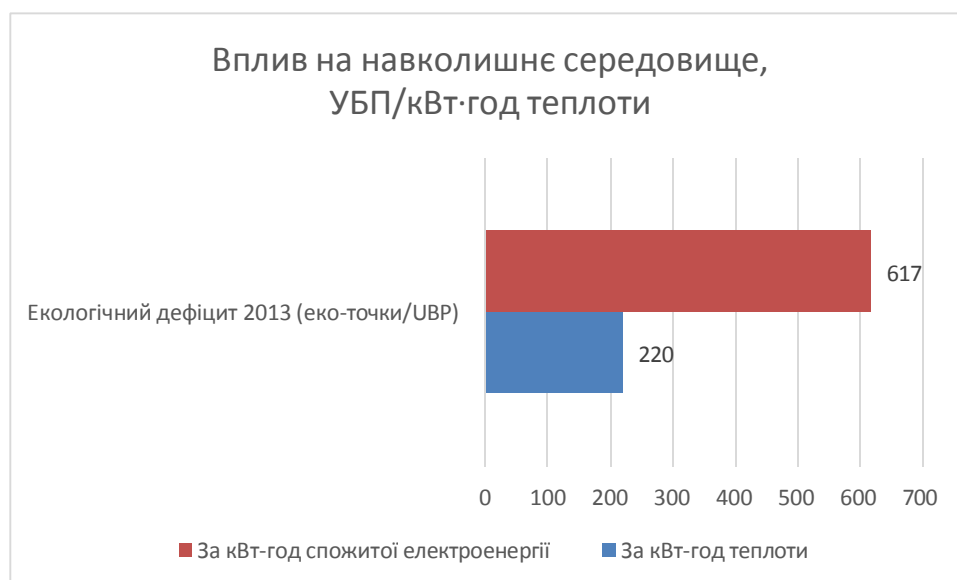


Рисунок 2.16 - Показники роботи теплового насоса «повітря-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

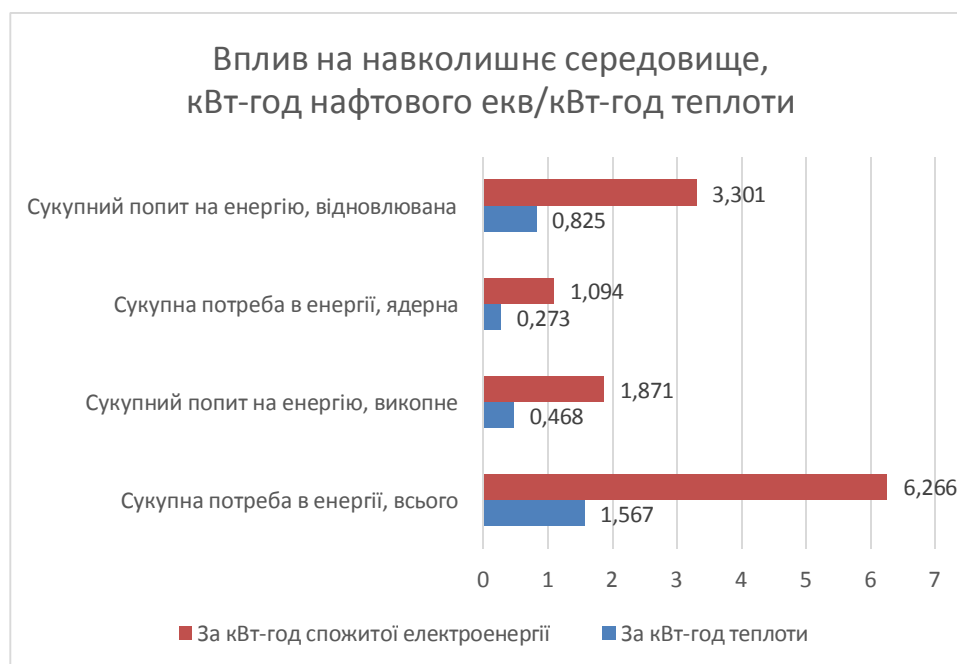


Рисунок 2.17 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

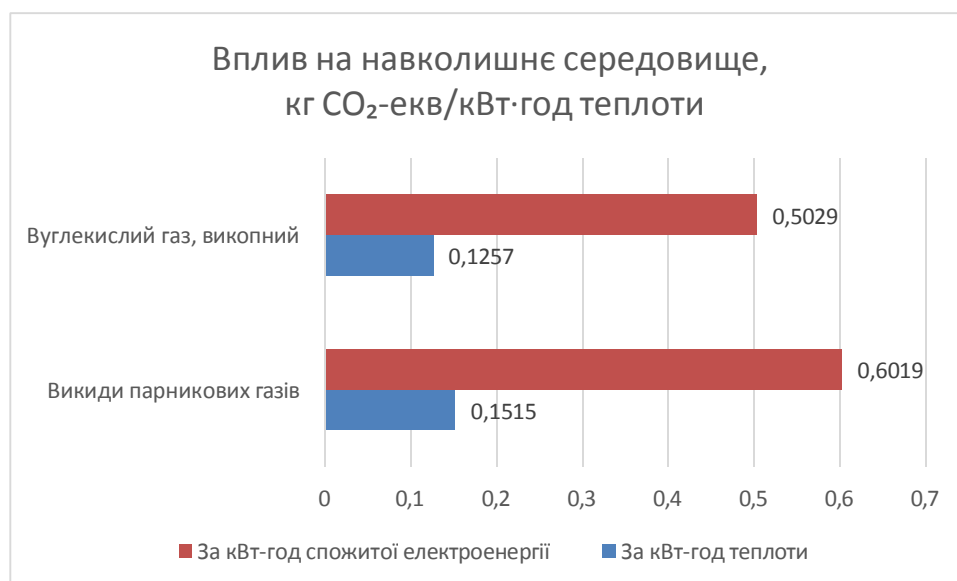


Рисунок 2.18 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

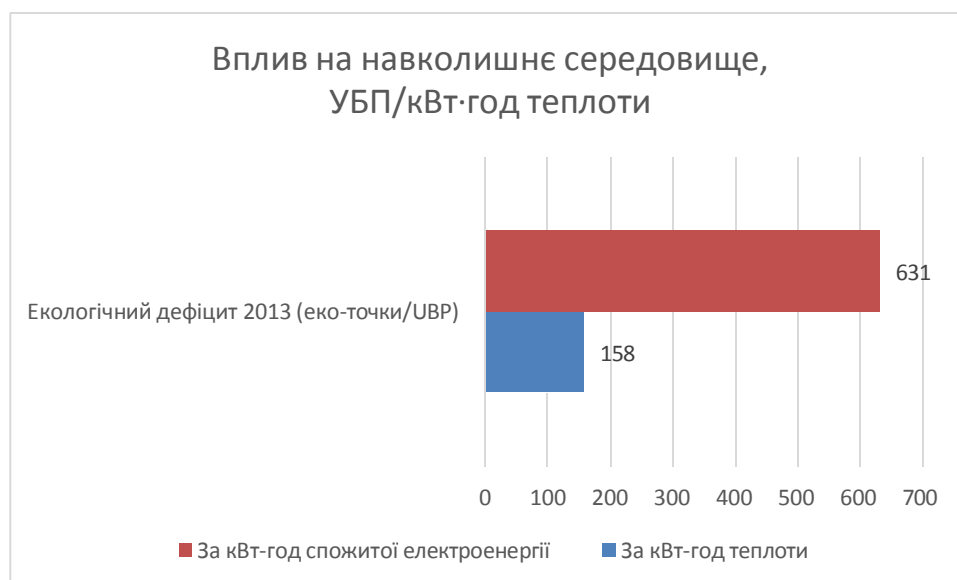


Рисунок 2.19 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

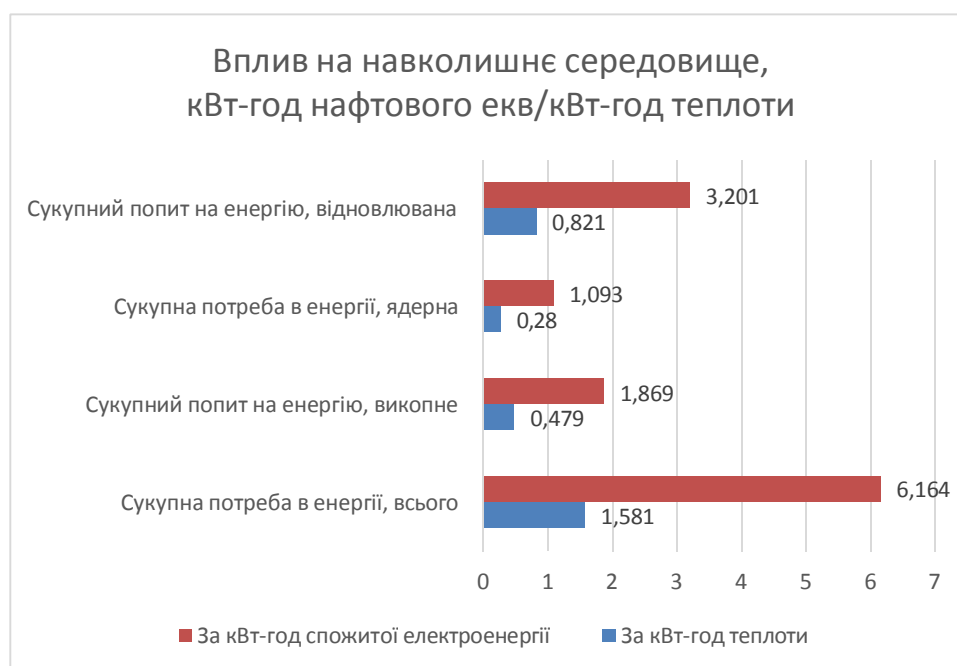


Рисунок 2.20 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

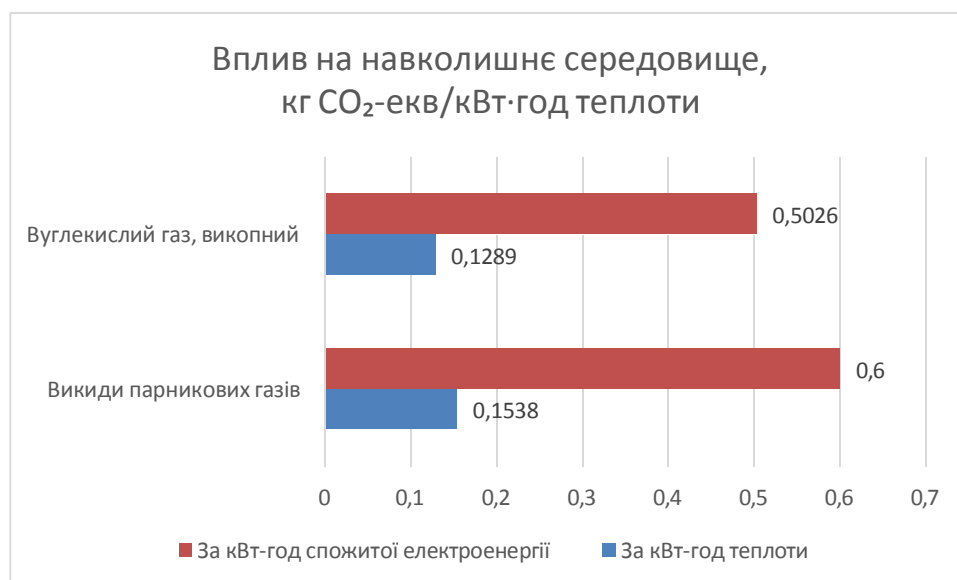


Рисунок 2.21 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

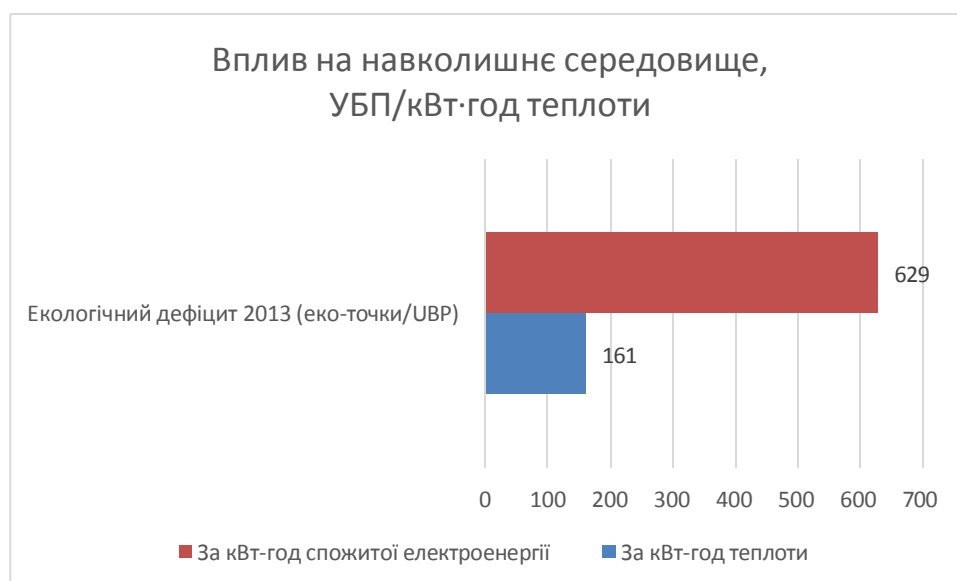


Рисунок 2.22 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

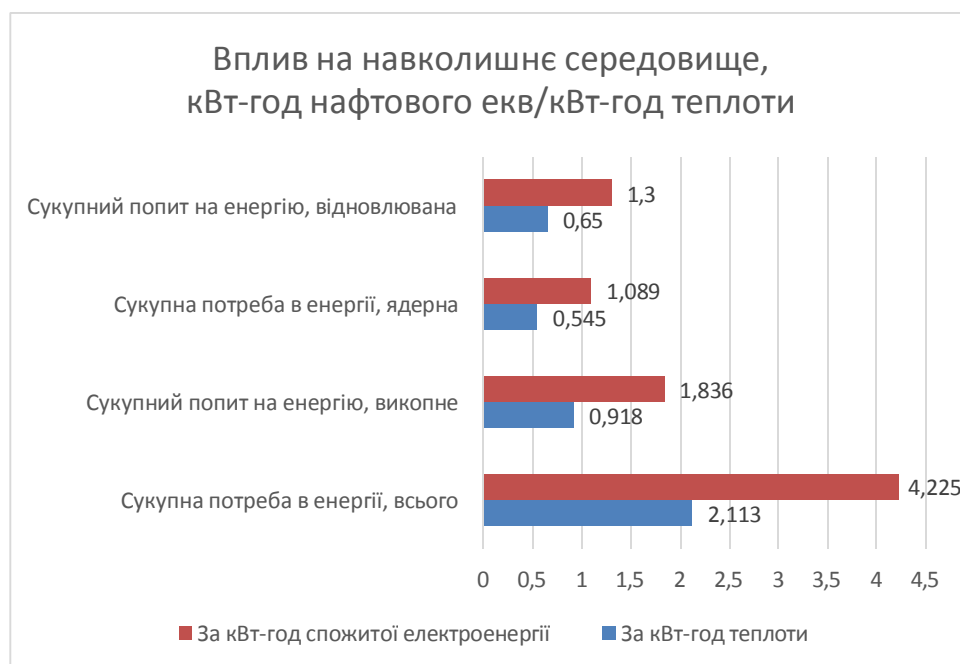


Рисунок 2.23 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

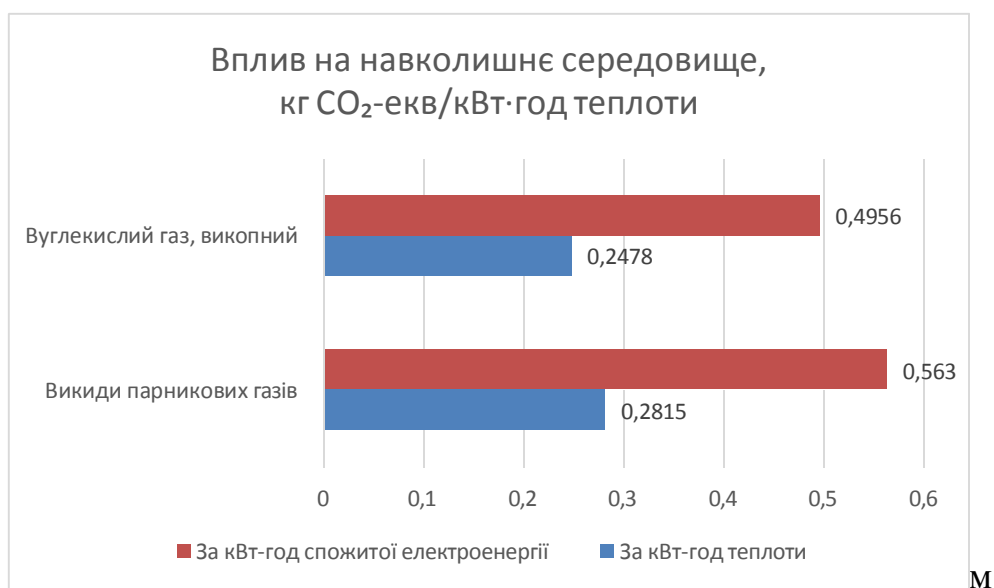


Рисунок 2.24 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

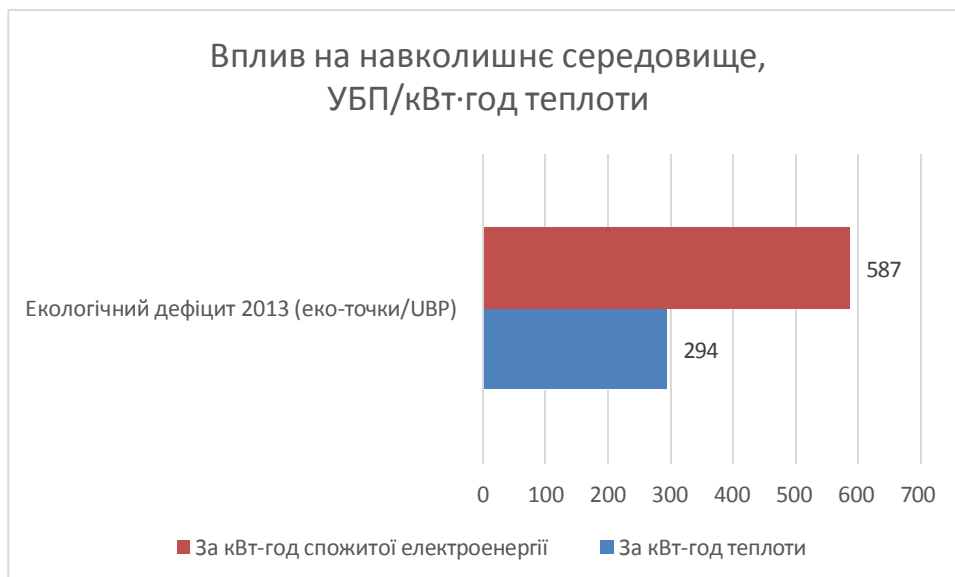


Рисунок 2.25 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

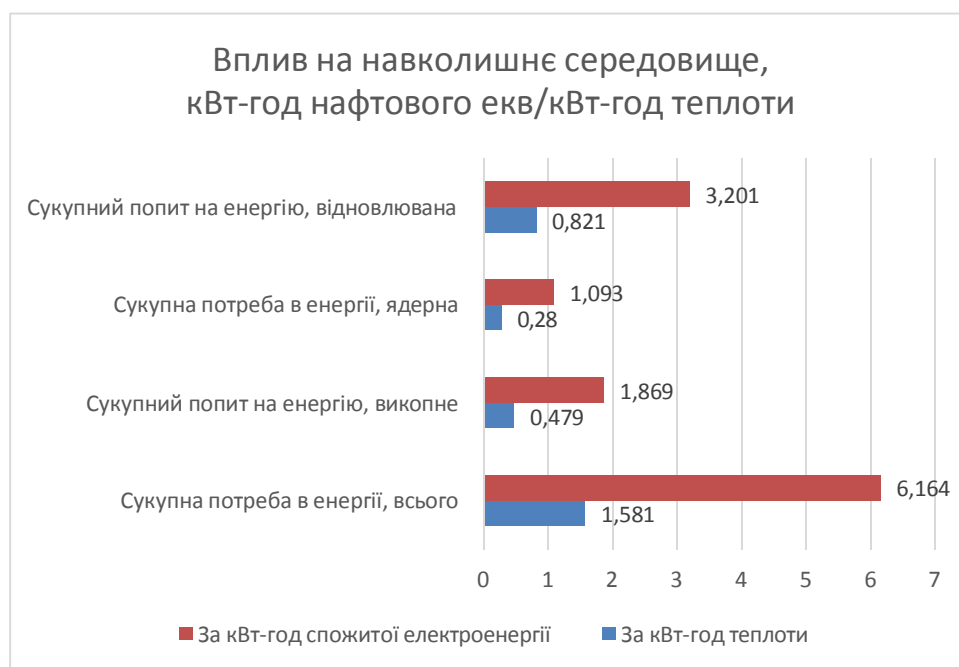


Рисунок 2.26 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

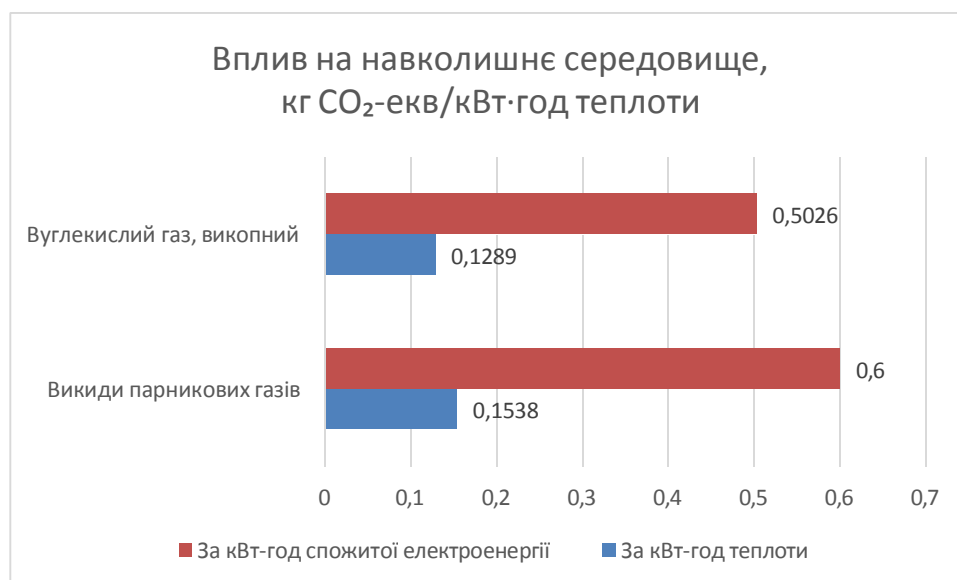


Рисунок 2.27 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

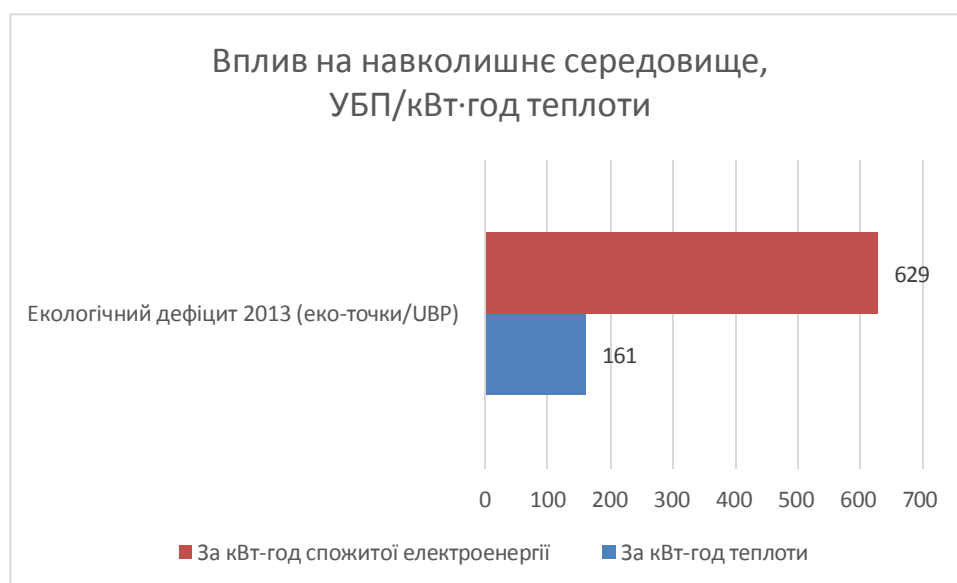


Рисунок 2.28 - Показники роботи теплового насоса «розсіл-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

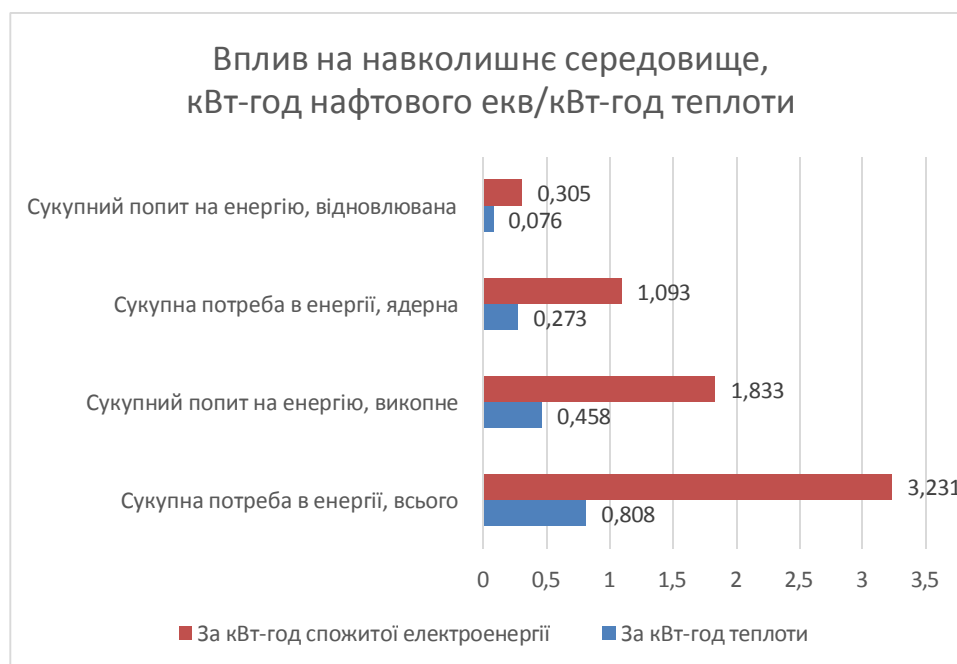


Рисунок 2.29 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

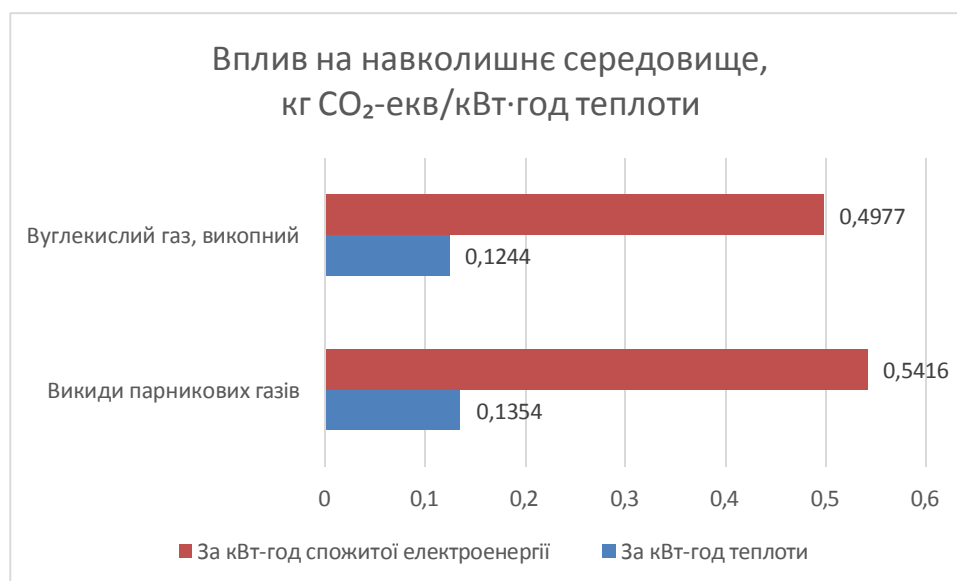


Рисунок 2.30 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

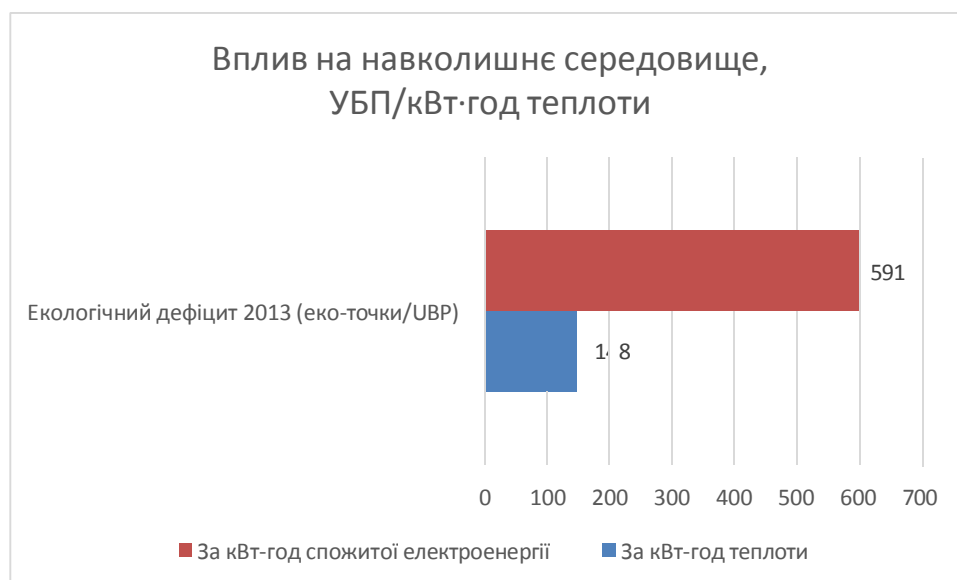


Рисунок 2.31 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

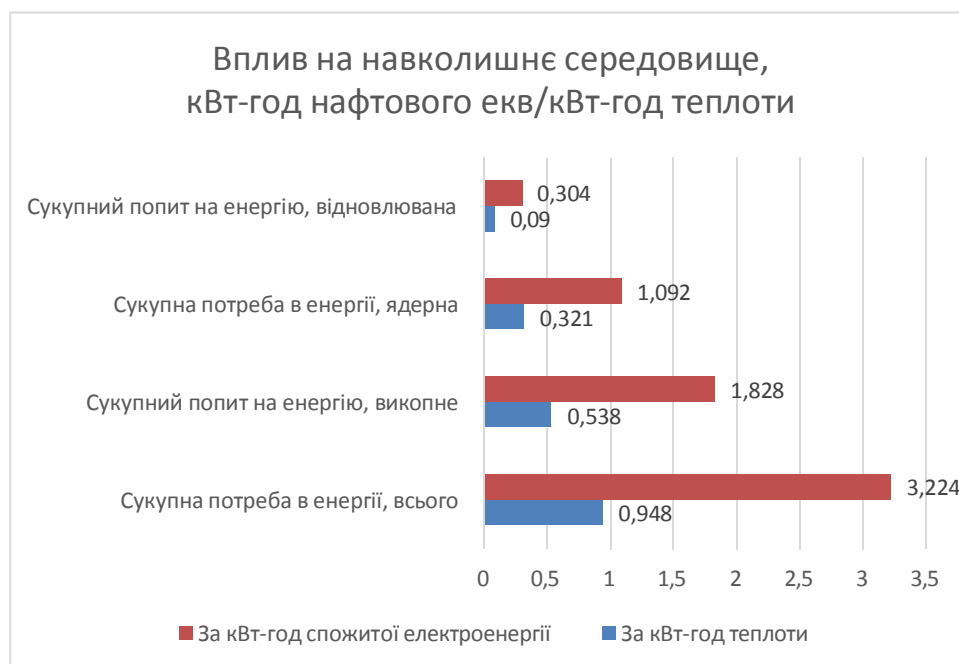


Рисунок 2.32 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

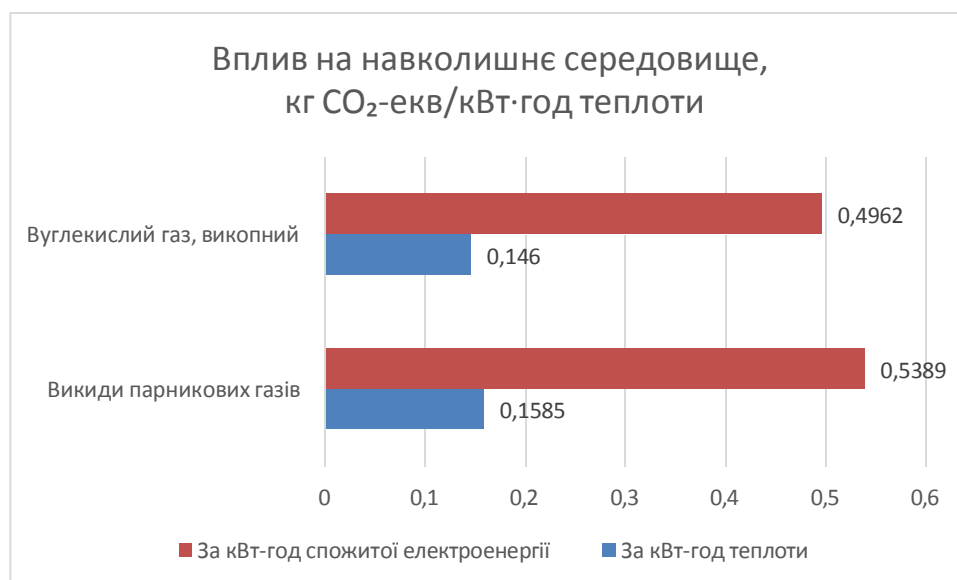


Рисунок 2.33 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4



Рисунок 2.34 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

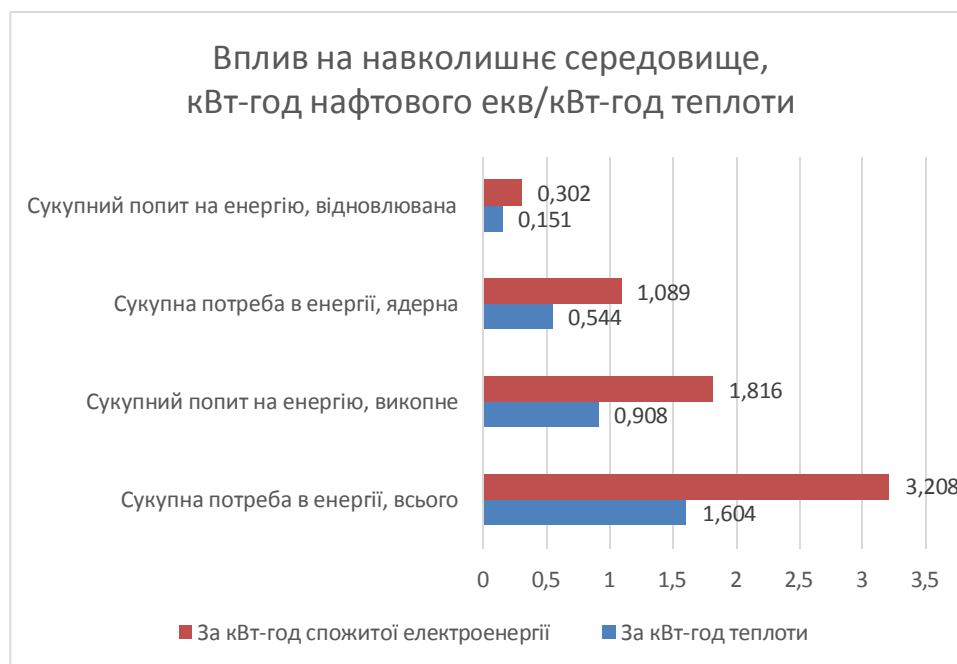


Рисунок 2.35 Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

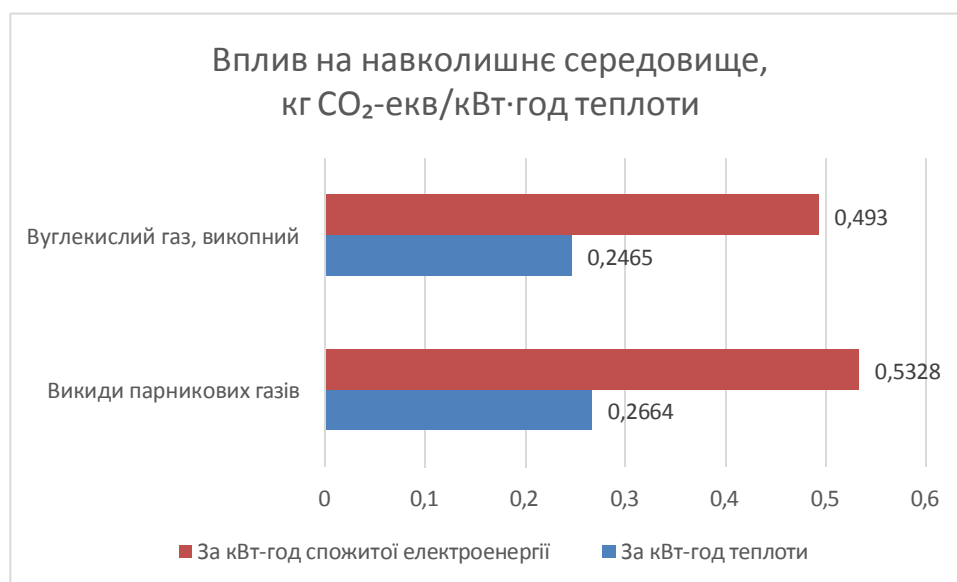


Рисунок 2.36- Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

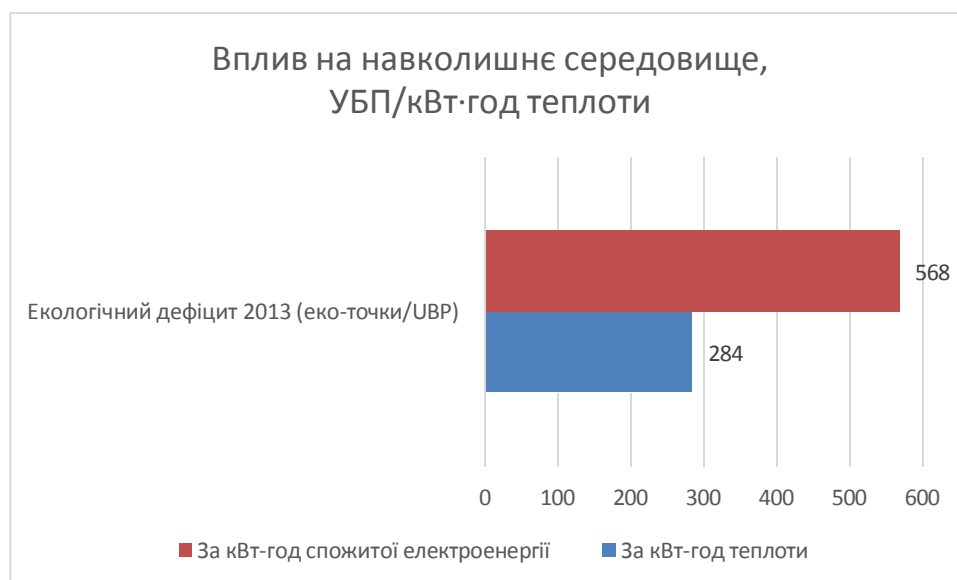


Рисунок 2.37 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

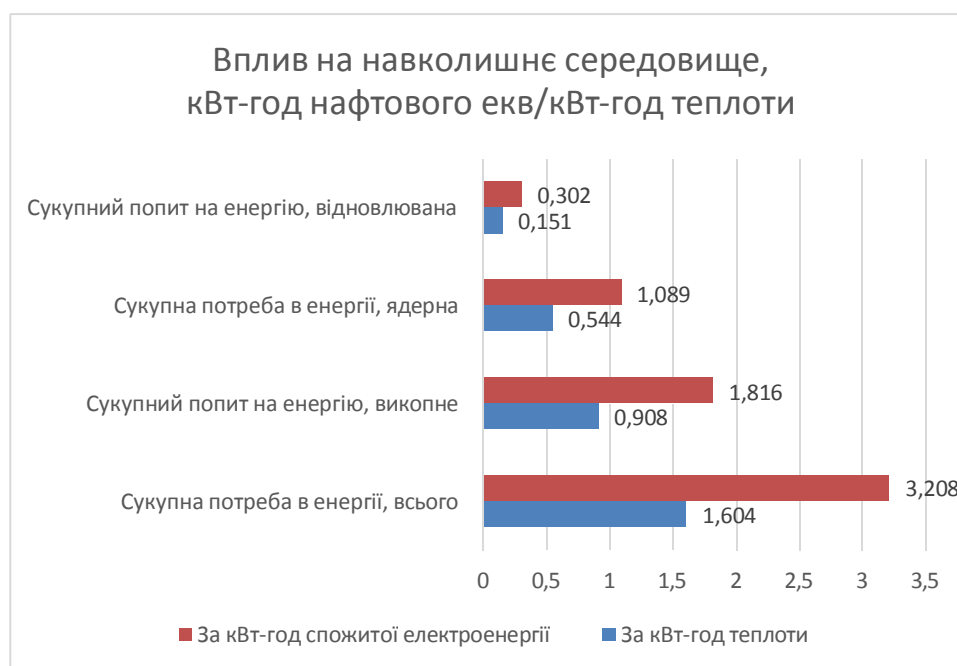


Рисунок 2.38 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

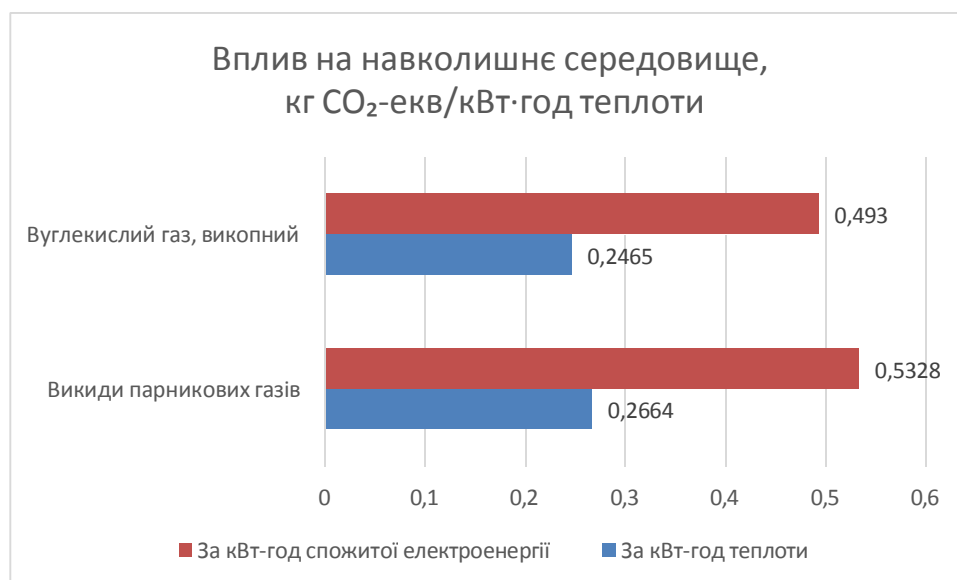


Рисунок 2.39 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

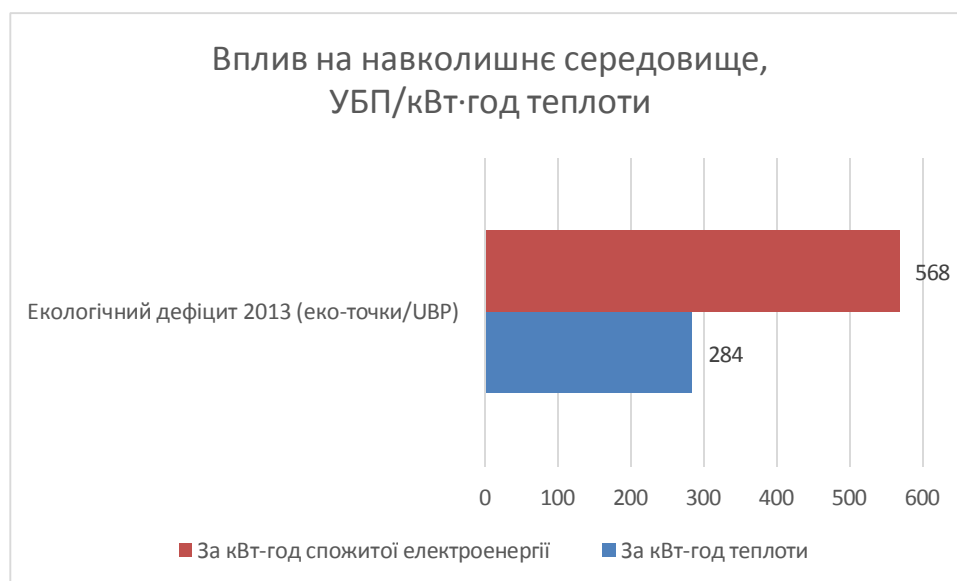


Рисунок 2.40 - Показники роботи теплового насоса «стічні води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

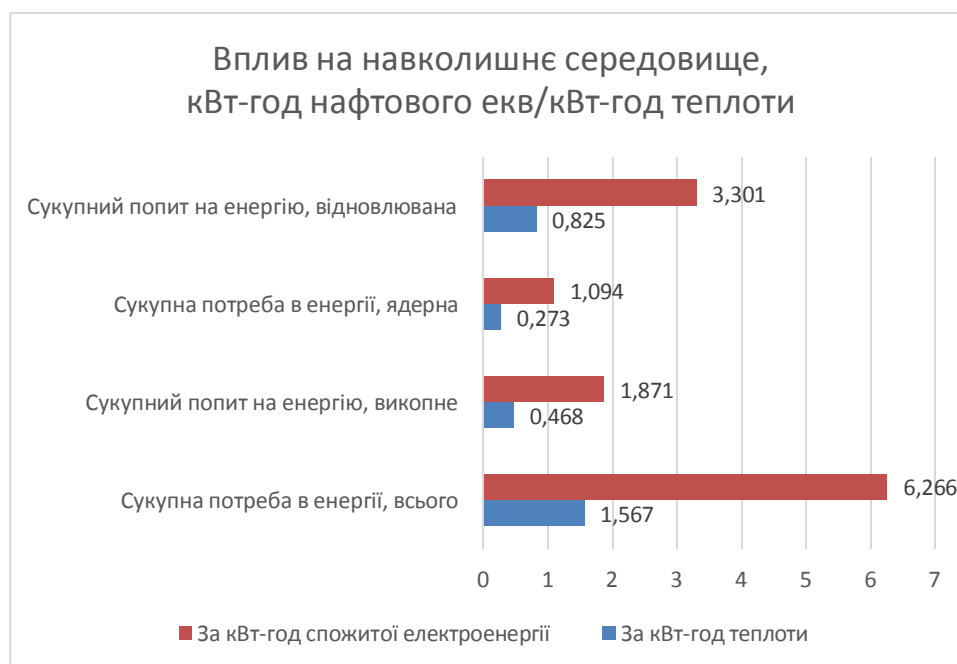


Рисунок 2.41 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

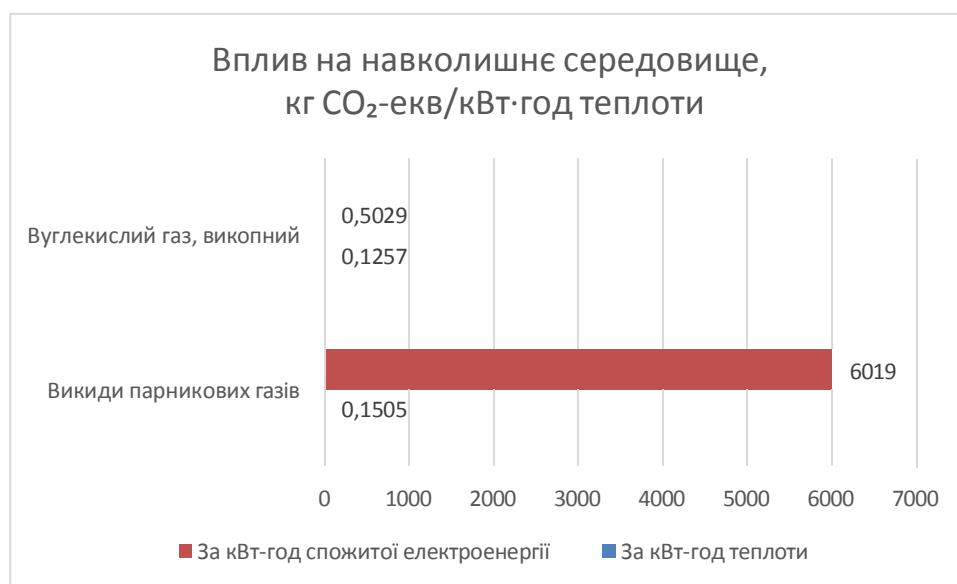


Рисунок 2.42 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

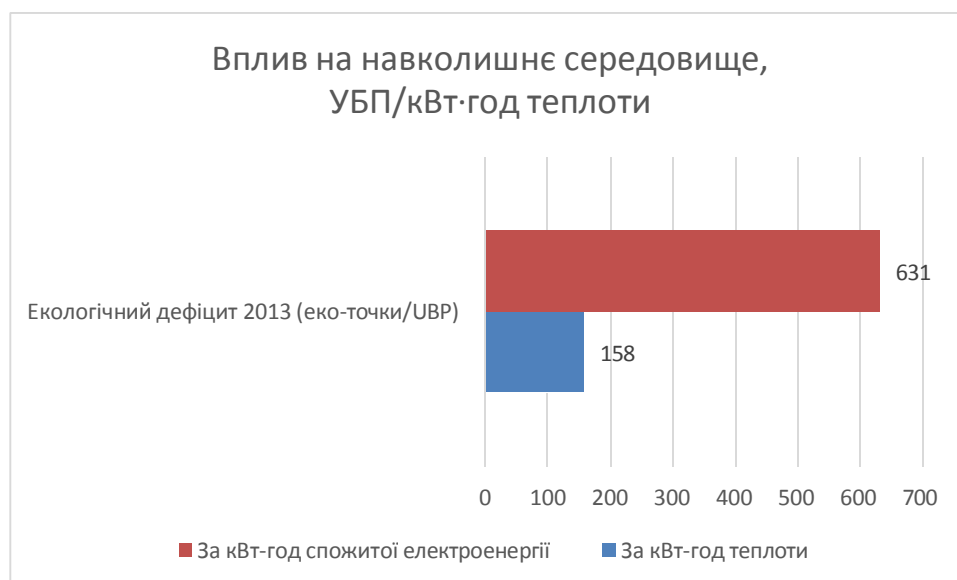


Рисунок 2.43 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 4

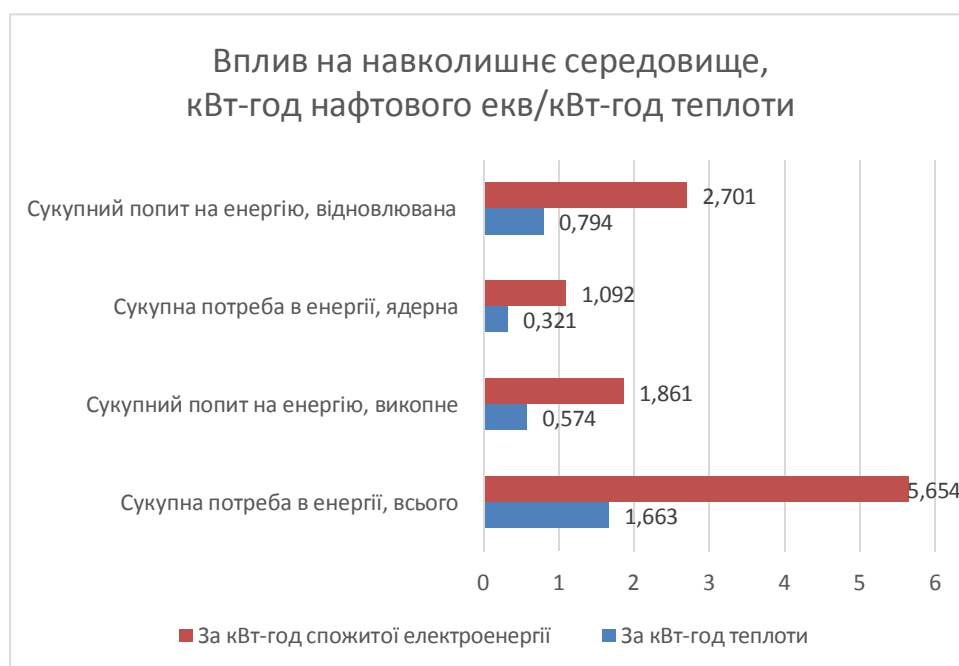


Рисунок 2.44 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

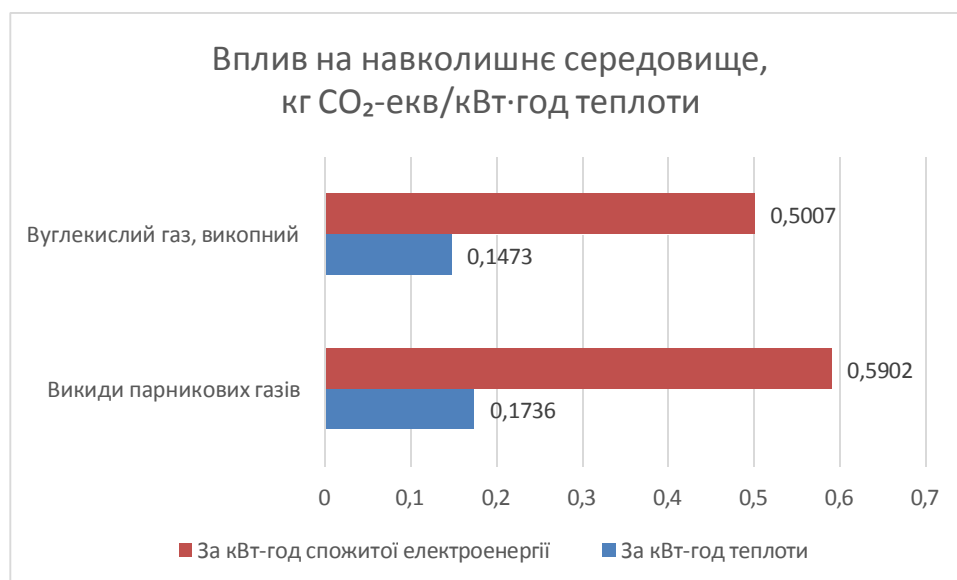


Рисунок 2.45 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

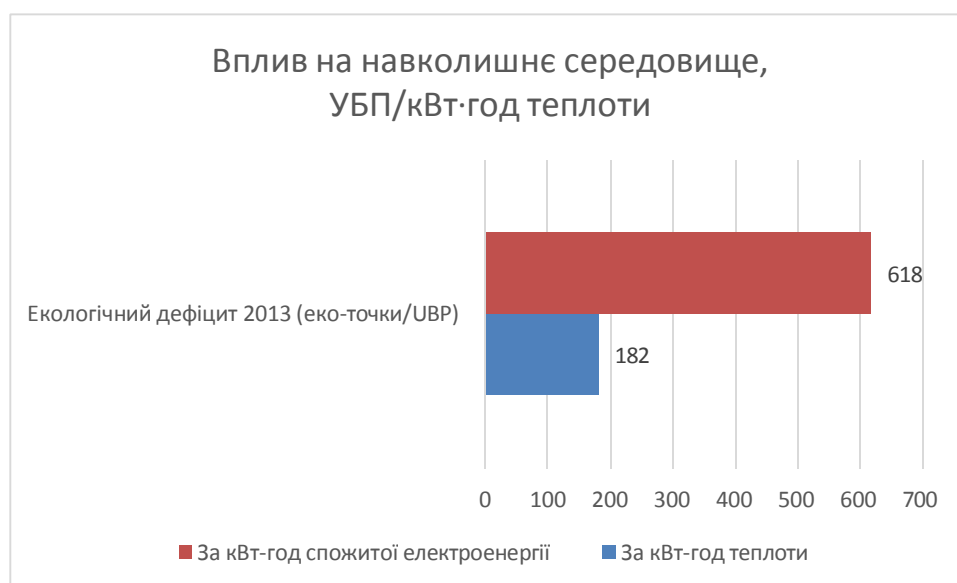


Рисунок 2.46 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 4

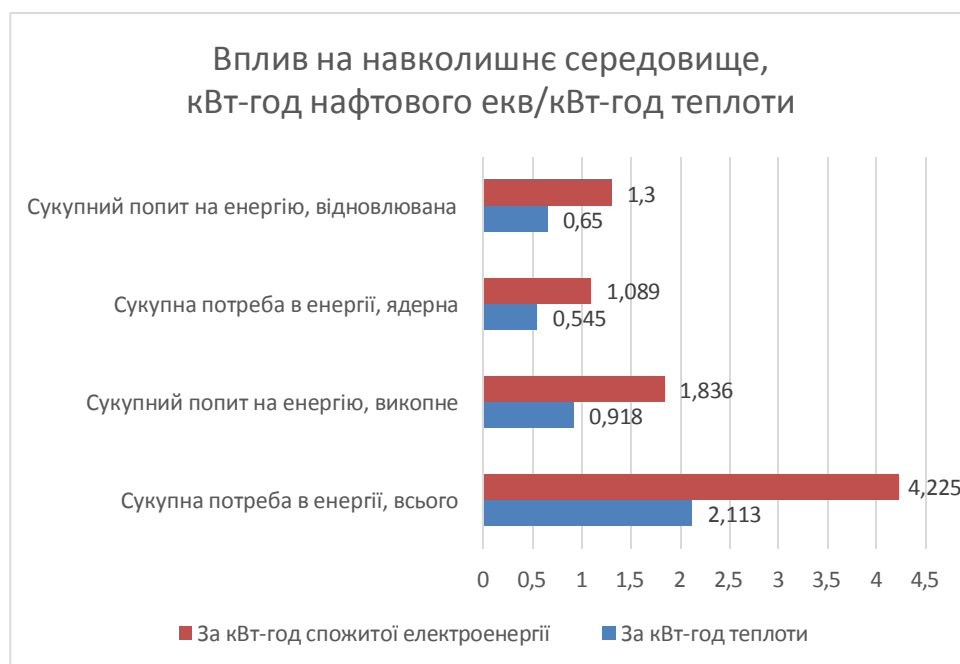


Рисунок 2.47 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

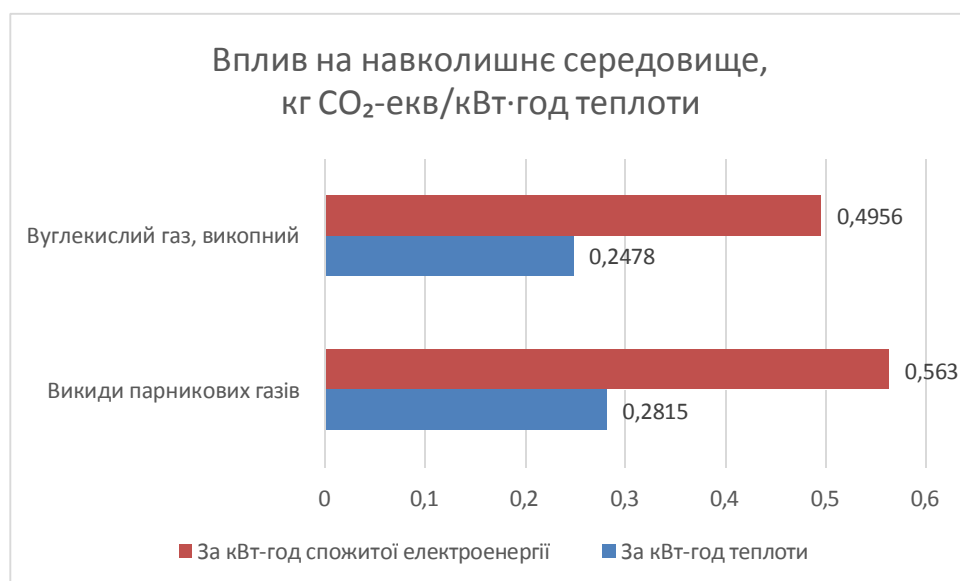


Рисунок 2.48 - Показники роботи теплового насоса «грунтови води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

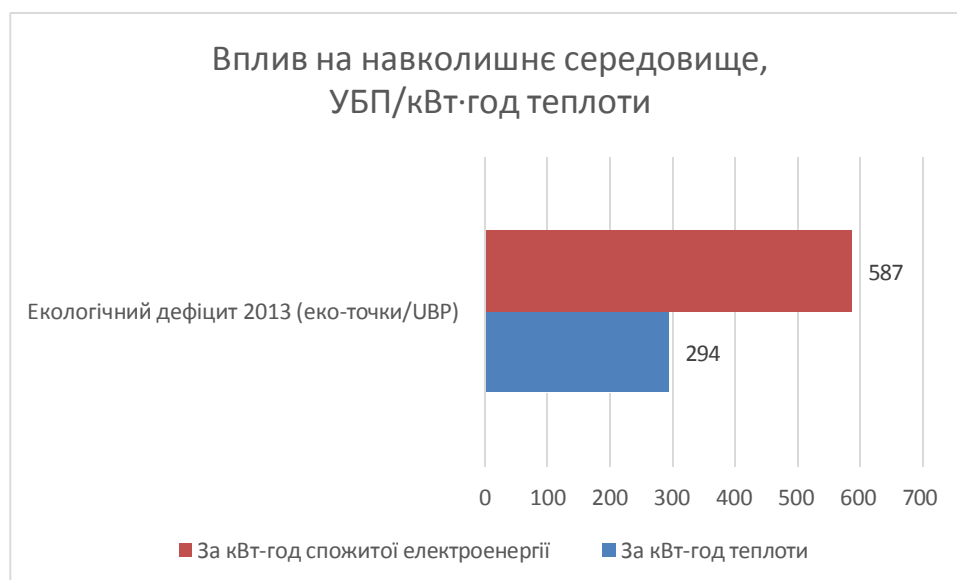


Рисунок 2.49 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення загального коефіцієнта ефективності 2

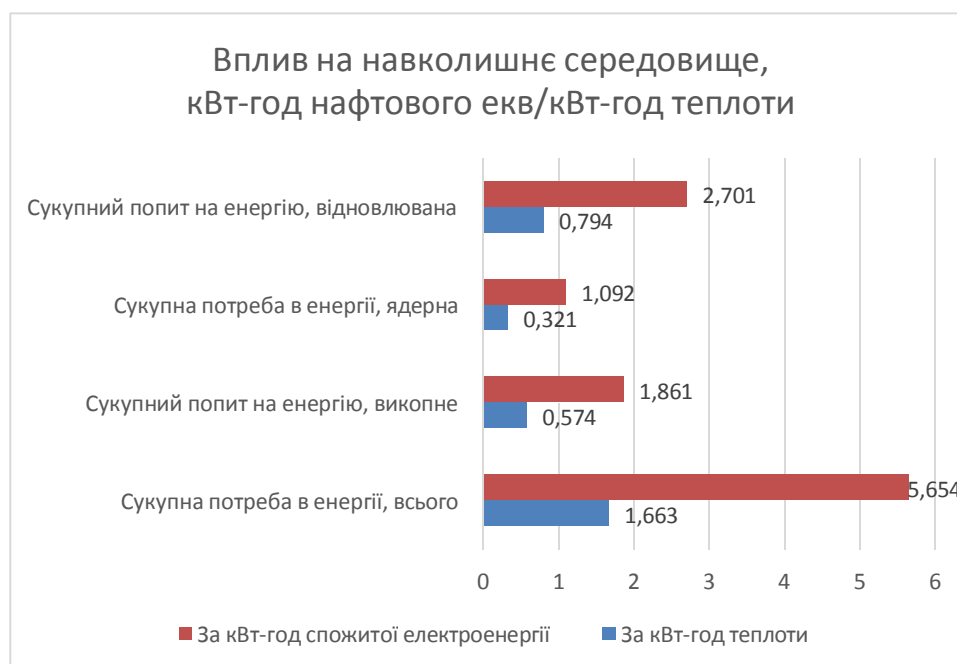


Рисунок 2.50 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

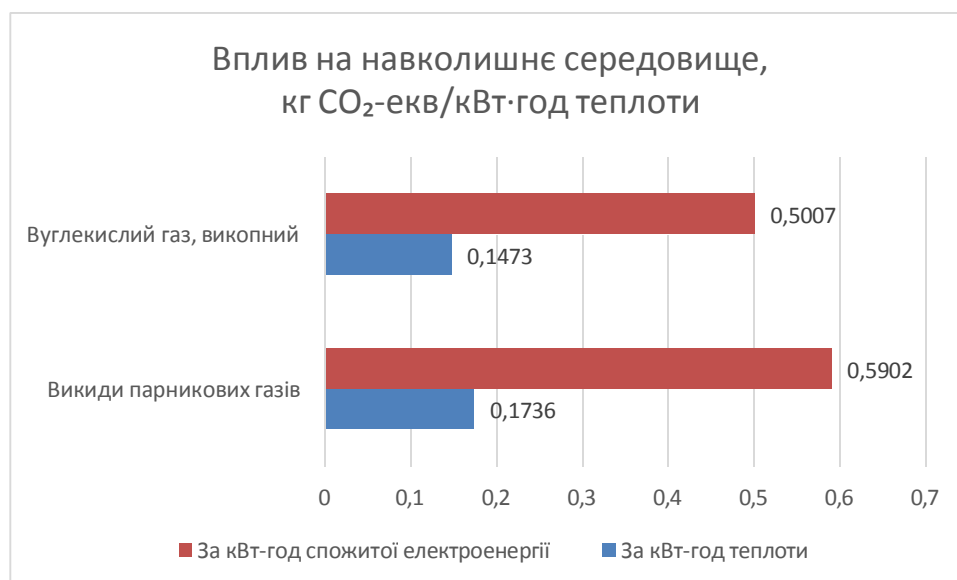


Рисунок 2.51 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

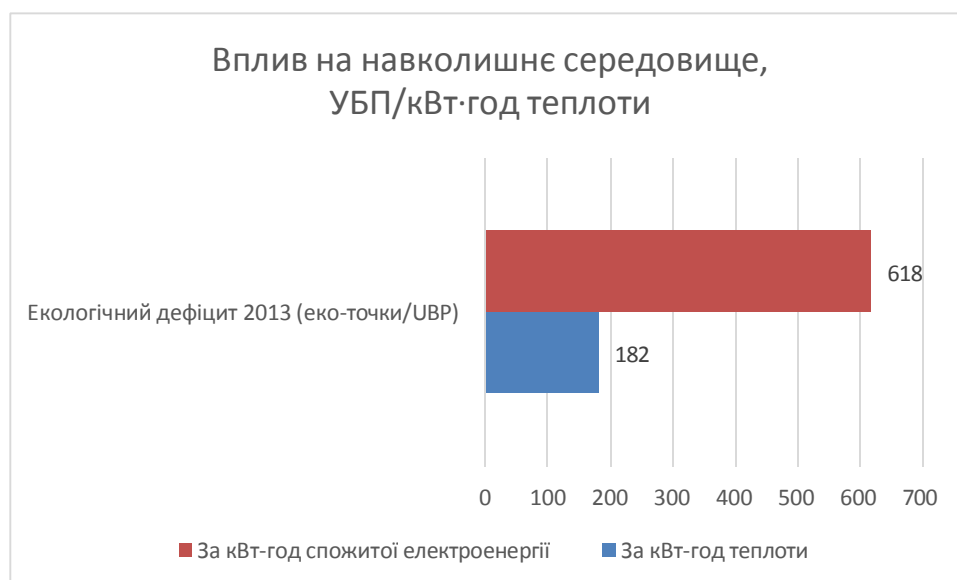


Рисунок 2.52 - Показники роботи теплового насоса «грунтового води-вода» для значення локального коефіцієнта ефективності 2

За результатами аналізу показників з рис 2.5 -2.52 ми робимо висновок, що використання теплоти стічних вод та вторинних енергоресурсів в теплових насосах забезпечує високу ефективність енергоперетворень та кращі екологічні показники. Визначено, що показники ефективності теплових насосів підвищуються зі збільшенням показника енергетичної ефективності.

На рис. 2.53 – 2.55 наведені показники роботи котельні на природному газі

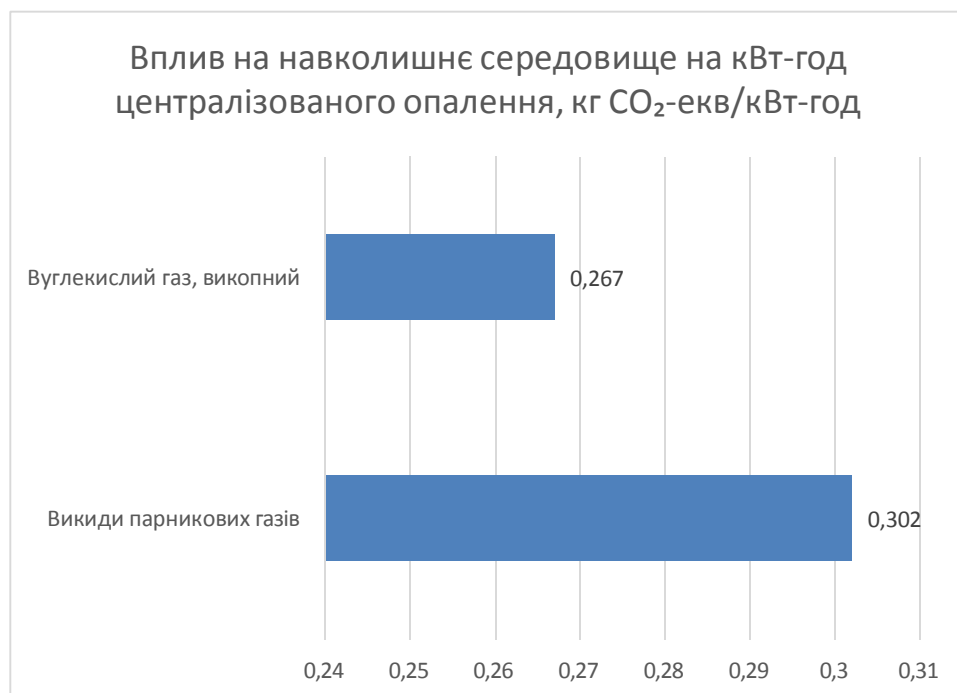


Рисунок 2.53 - Показники роботи котельні на природному газі

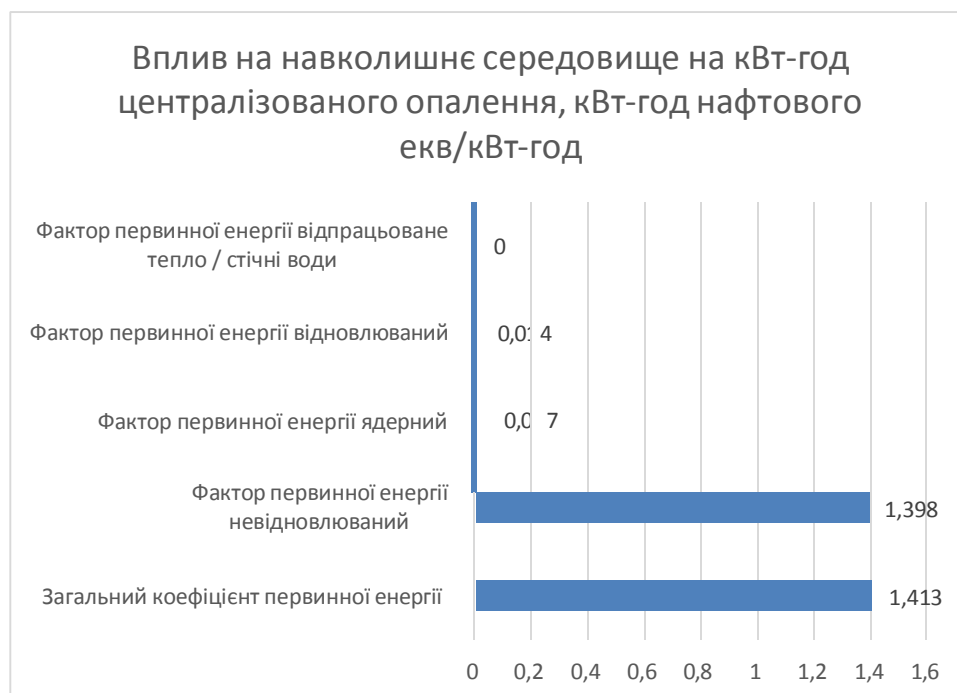


Рисунок 2.54 - Показники роботи котельні на природному газі

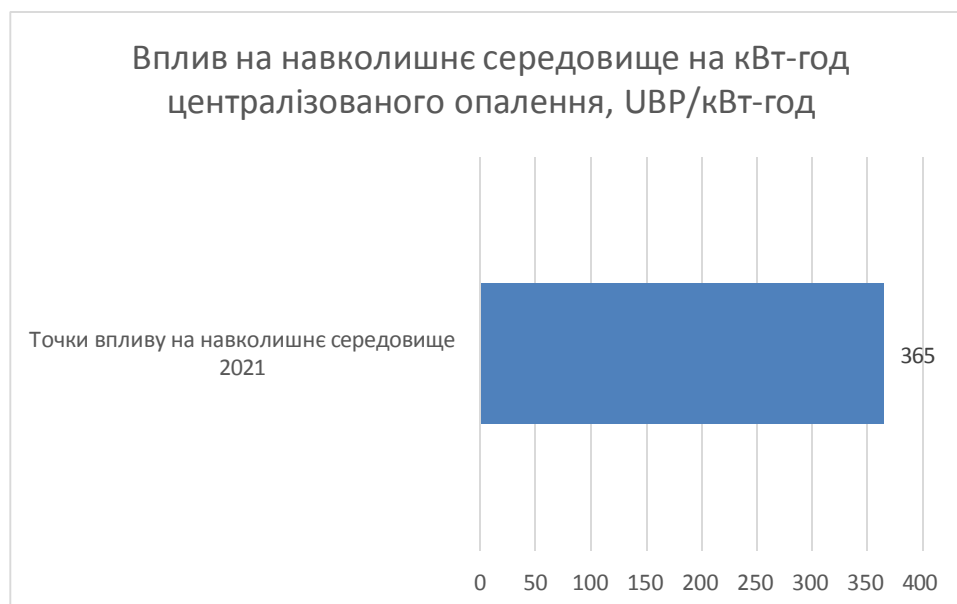


Рисунок 2.55 - Показники роботи котельні на природному газі

На рис. 2.56 – 2.58 наведені показники роботи теплового насоса на стічних водах

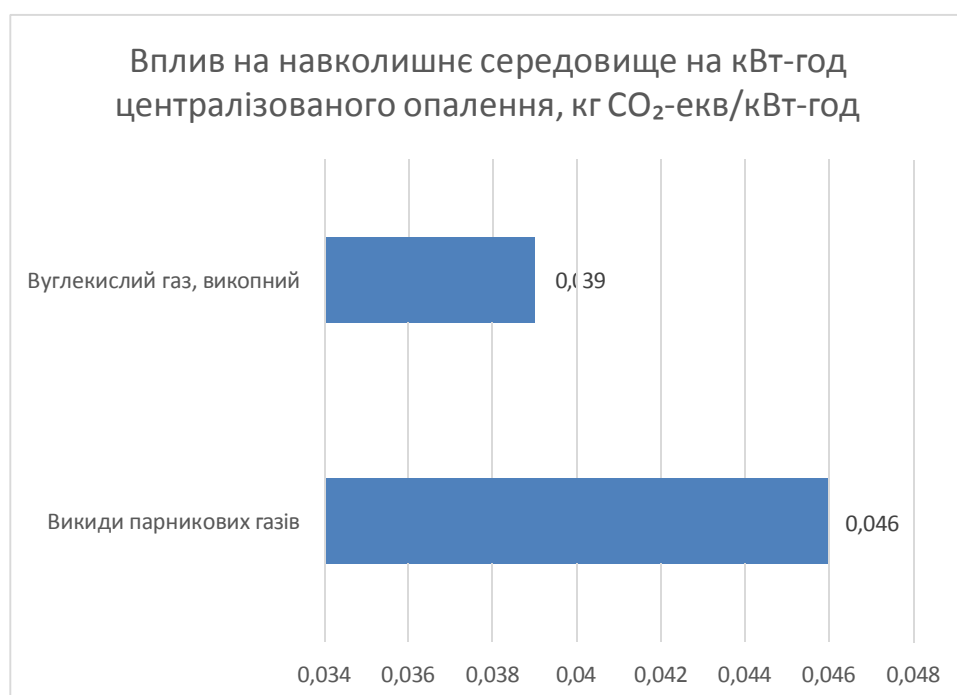


Рисунок 2.56 - Показники роботи котельні на стічних водах

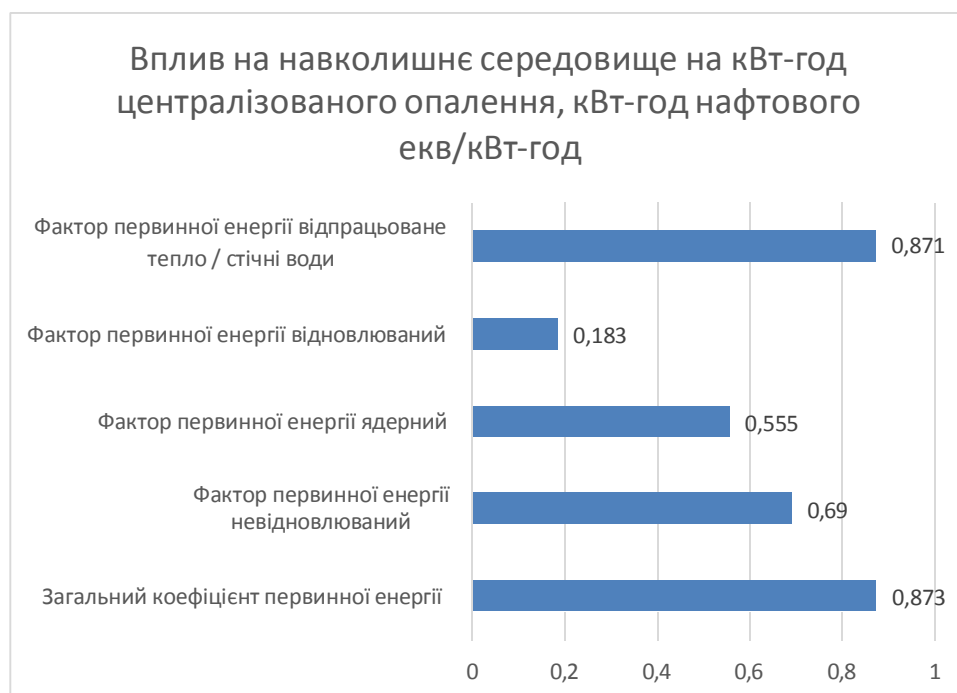


Рисунок 2.57 - Показники роботи котельні на стічних водах

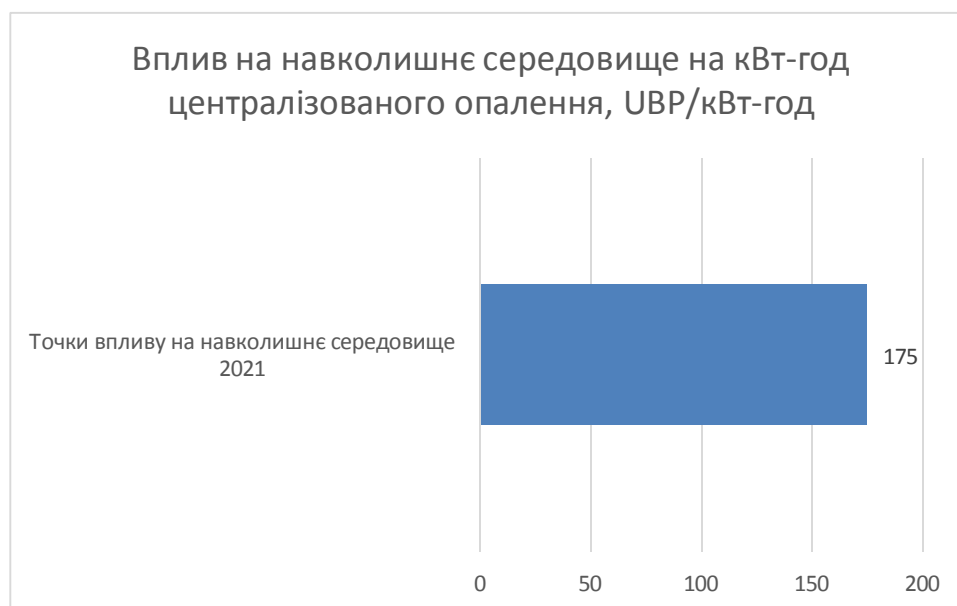


Рисунок 2.58 - Показники роботи котельні на стічних водах

На рис. 2.59 – 2.61 наведені показники роботи теплового насосу на підземних водах.

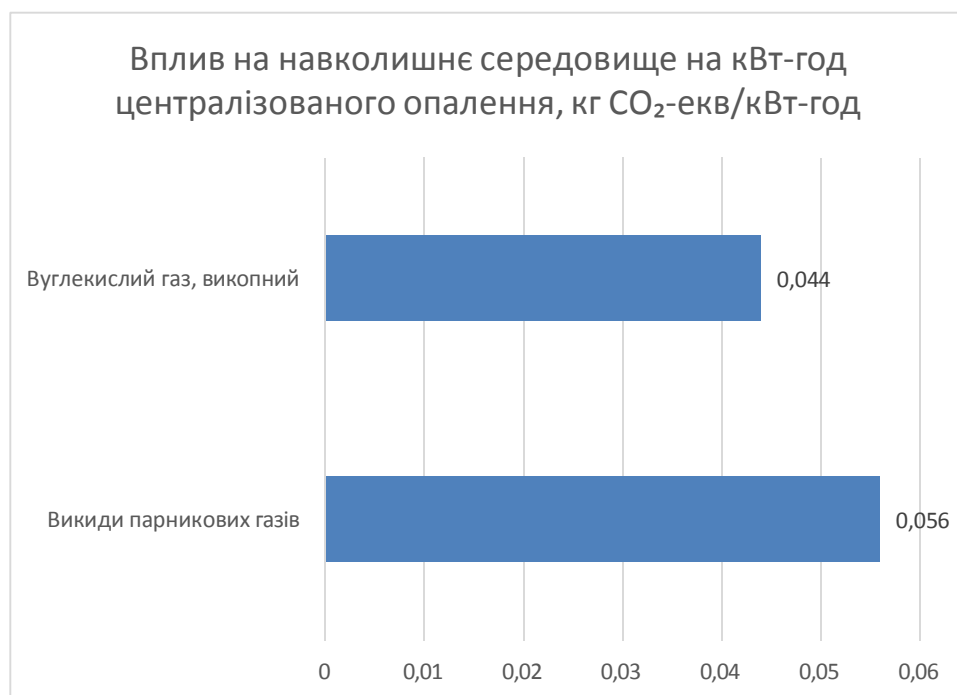


Рисунок 2.59 - Показники роботи котельні на підземних водах

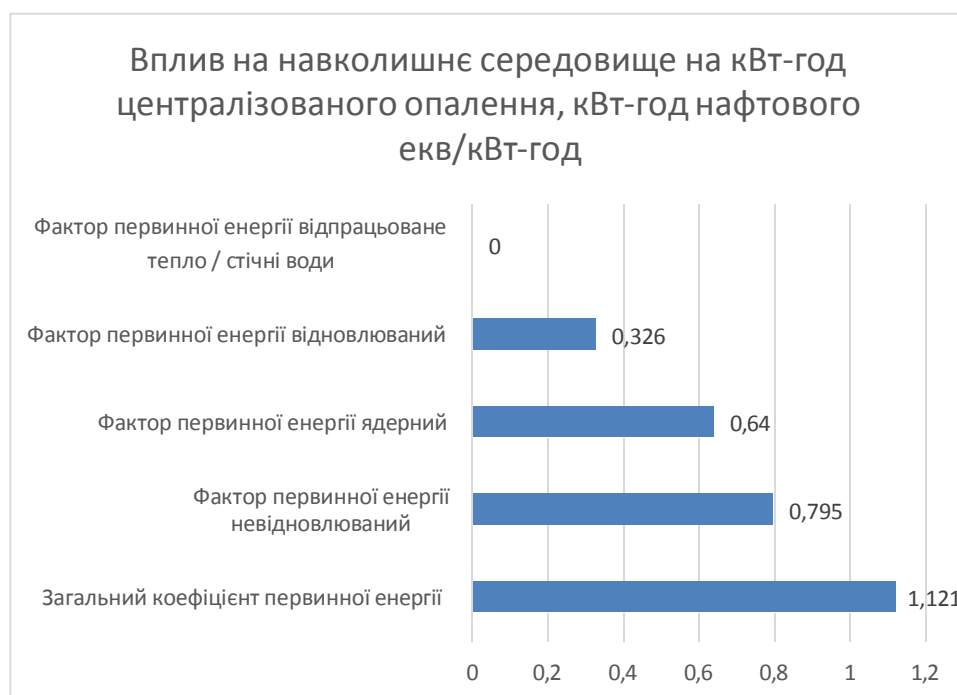


Рисунок 2.60 - Показники роботи котельні на підземних водах

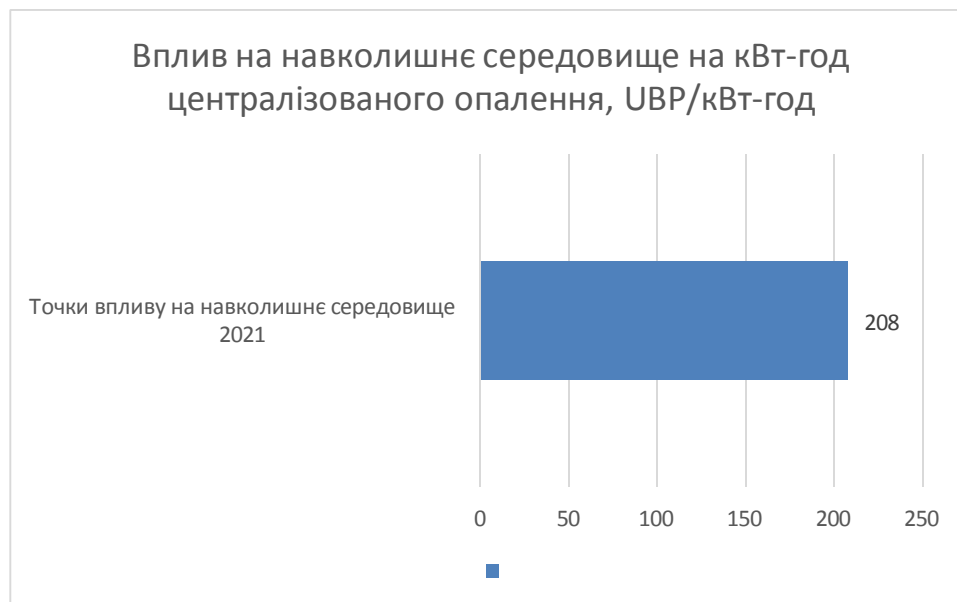


Рисунок 2.61 - Показники роботи котельні на підземних водах

На рис. 2.62 – 2.64 наведені показники роботи теплового насосу з ґрунтовими теплообмінниками

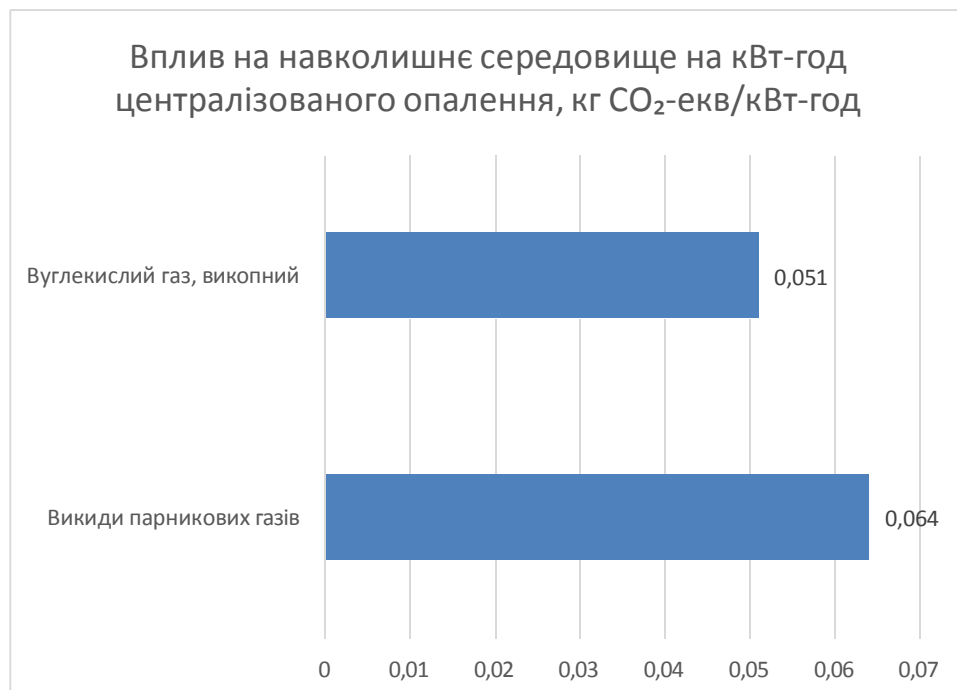


Рисунок 2.62 - Показники роботи котельні з ґрунтовими теплообмінниками

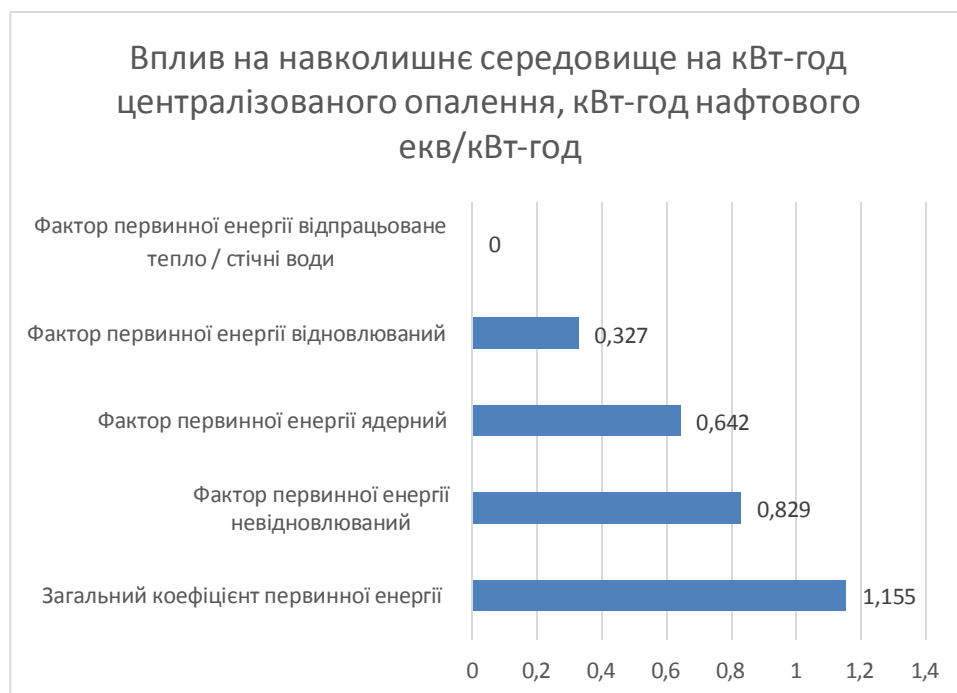


Рисунок 2.63 - Показники роботи котельні з ґрунтовими теплообмінниками

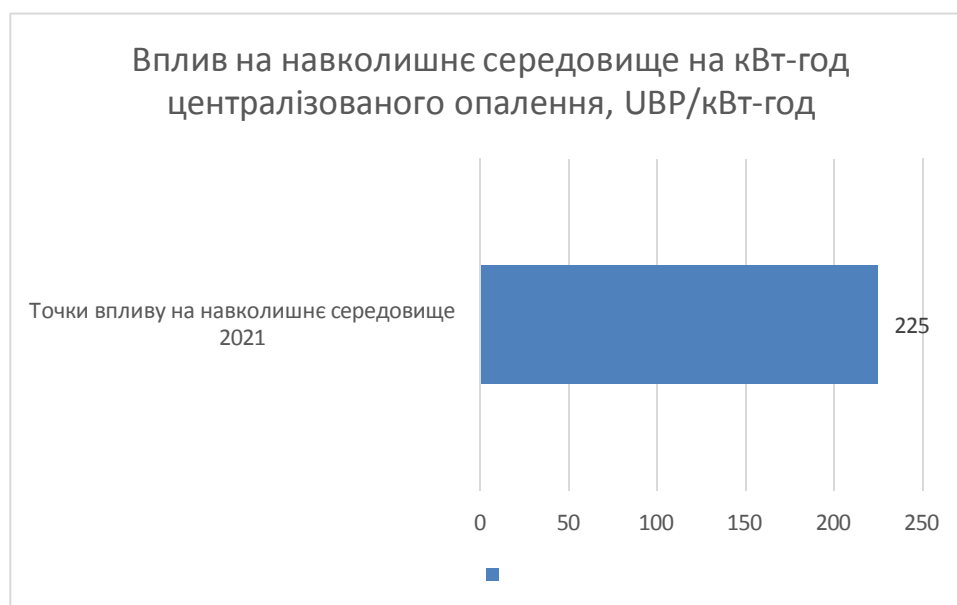


Рисунок 2.64 - Показники роботи котельні з ґрунтовими теплообмінниками

За результатами аналізу показників базового та альтернативних варіантів схеми котельні з тепловим насосом з використанням різних джерел теплоти

(рис 2.53-2.64) ми робимо висновок, що використання теплоти стічних вод та вторинних енергоресурсів в теплових насосах забезпечує високу ефективність енергоперетворень та кращі екологічні показники порівняно з базовим та низкою альтернативних варіантів застосування теплонасосних установок. Визначено, що показники ефективності теплових насосів підвищуються зі збільшенням показника енергетичної ефективності.

За результатами проведених досліджень та оцінки результатів в цьому розділі, проаналізовано енергетичні та екологічні переваги застосування теплонасосних установок для підвищення енергоефективності у тепловій схемі - опалювальної котельні. Було обрано варіант модернізації теплової схеми водогрійної опалювальної котельні заводу з теплонасосною установкою на теплоту вторинних енергоресурсів котельні.

2.4 Висновки до розділу 2

В даному розділі за результатами аналізу показників базового та альтернативних варіантів схеми котельні з тепловим насосом з використанням різних джерел теплоти (рис 2.53-2.64) ми робимо висновок, що використання теплоти стічних вод та вторинних енергоресурсів в теплових насосах забезпечує високу ефективність енергоперетворень та кращі екологічні показники порівняно з базовим та низкою альтернативних варіантів застосування теплонасосних установок. Визначено, що показники ефективності теплових насосів підвищуються зі збільшенням показника енергетичної ефективності.

За результатами проведених досліджень та оцінки результатів в цьому розділі, проаналізовано енергетичні та екологічні переваги застосування теплонасосних установок для підвищення енергоефективності у тепловій схемі - опалювальної котельні. Було обрано варіант модернізації теплової схеми водогрійної опалювальної котельні заводу з теплонасосною установкою на теплоту вторинних енергоресурсів котельні.

3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

В магістерській роботі виконані необхідні інженерні розрахунки для розробки методики встановлення нового обладнання в тепловій схемі котельні, з використанням інформаційних джерел [19-33]. Детальні результати подано у додатку В.

У дослідженні приведено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника THERMAKS PTA(GX)-26 з площею теплообміну $F= 53 \text{ м}^2$, який експлуатується в контурі випарника теплового насосу Oilon ChillHeat S 490 [19] з розрахунковою теплопродуктивністю 490 кВт. В роботі також розглядається теплова схема котельні, в якій вже встановлено один пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA(GX)-26 з розрахунковою потужністю 500 кВт в контурі випарника теплового насоса.

Витрати води в контурі випарника складають 5,06 кг/с. Для забезпечення потреб системи встановлено два насоси марки GNF 128 (один робочий і один резервний) з подачею 350 м³/год., напором 0,18 МПа, ККД 75%, та потужністю електродвигуна 2,2 кВт[20]. Ці насоси розташовані перед тепловим насосом для забезпечення необхідної кількості води на виході з теплообмінника.

Витрати води в контурі конденсатора (перед розгалуженням на вході) складають 9,63 кг/с. Для цього контуру встановлено три насоси (два робочі і один резервний) марки 1Д315-50 з подачею 300 м³/год., напором 0,3 МПа, ККД 80%, та потужністю електродвигуна 420 кВт [21].

Переміщення теплоносіїв в системі здійснюється за допомогою сталевих зварних трубопроводів (відповідно до ГОСТ 10704-91). Для забезпечення можливості ремонту обладнання встановлено запірно-регулювальну арматуру, таку як засувки та зворотні клапани, діаметром Ду100. Також, для покращення якості теплоносіїв, в системі розміщено два фільтри грубої очистки того ж діаметру.

Монтаж трубопроводів

Монтаж трубопроводів повинен проводитися згідно з проектом виконання робіт та технологічними картами після перевірки відповідності проекту розмірів траншеї, кріплення стінок, відміток дна і при надземному прокладанні - опорних конструкцій. Результати перевірки повинні бути відображені в журналі виконання робіт.

Максимальні відхилення від проектного положення осей напірних трубопроводів, якщо інші норми не обґрунтовані проектом, не повинні перевищувати:

- у плані ± 100 мм,
- відміток лотків безнапірних трубопроводів ± 5 мм,
- відміток верху напірних трубопроводів ± 30 мм.

Захист сталевих та залізобетонних трубопроводів від корозії слід здійснювати відповідно до проекту і вимог ДБН В.2.5-75 та ДСТУ Б.В.2.6-145.

Монтаж сталевих трубопроводів

Способи зварювання, а також типи, конструктивні елементи і розміри зварних з'єднань сталевих трубопроводів повинні відповідати вимогам ГОСТ 16037.

Складання труб діаметром понад 100 мм, виготовлених з поздовжнім або спіральним зварювальним швом, слід проводити зі зміщенням швів суміжних труб не менше ніж на 100 мм. При складанні стику труб, у яких заводський поздовжній або спіральний шов зварений з двох сторін, зміщення цих швів можна не проводити.

До зварювання стиків сталевих трубопроводів допускаються зварники за наявності документів на право проведення зварювальних робіт у відповідності з чинними та затвердженими у встановленому порядку документами згідно з НПАОП 0.00-1.16.

Монтаж запірної арматури.

Основні правила, яких необхідно дотримуватися, виконуючи монтаж за-
пірної арматури :

- очищення трубопроводу;
- перевірка фланців (фланець має бути рівним, без яких-небудь вигинів;
на його поверхні не повинно бути ні- яких подряпин, виїмок і інших дефектів)
- встановлювана апаратура повинна знаходитися на прямолінійній
ділянці трубопроводу, захист від гідравлічного удару (надлишковий тиск, який
може виникнути при гідравлічному ударі, може значно знизити термін
експлуатації, а також вивести з ладу насосне устаткування і запірну арматуру).

Висновки

В даному курсовому проекті розроблено технологію монтажу
теплонасосного обладнання для теплової схеми котельні. Маса всього обладнання
склала 6680кг

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в
матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи та визначено ви-
трати на паливні та енергетичні ресурси. Зокрема витрати палива складають 69
літрів. А витрати електроенергії 69,75 (кВт год).

Визначено склад бригади для кожного виду робіт. В середньому на
виконання одного потрібно 4 людей. Норма часу для виконання всіх робіт
склала 156,11 люд·дні на період часу в 30,29 днів.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний на 31
день, графік монтажу, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

В роботі розроблено систему автоматичного регулювання (САР) водогрійної опалювальної котельні з використанням літературних джерел [34-40], технічна характеристика САР наведена в додатку Г.

Водогрійна котельня як об'єкт автоматизації має особливі особливості, які вимагають впровадження комплексної системи автоматизації для ефективної та безпечної її роботи. Основним призначенням автоматизації водогрійної котельні є забезпечення оптимального режиму опалення та гарячого водопостачання, зниження споживання енергоресурсів та підвищення ефективності.

Основні компоненти автоматизованої системи водогрійної котельні включають:

Датчики і вимірювальні прилади: Датчики температури, тиску, рівня рідини, газу тощо збирають дані про параметри установки та навколишнього середовища. Ці дані застосовуються для контролю і регулювання процесів.

Контролери та програмовані логічні контролери (ПЛК): Ці пристрої обробляють і аналізують інформацію з датчиків і вимірювальних приладів. Вони приймають рішення щодо налаштування параметрів котельні, таких як температура, тиск, рівень пального тощо.

Актuatorи: Це пристрої, які забезпечують фізичні дії на основі команди від контролерів. Наприклад, клапани, насоси, запальники тощо. Вони забезпечують регулювання процесів у котельні.

Система керування та моніторингу: Ця система дозволяє операторам відстежувати стан котельні в режимі реального часу, віддалено керувати параметрами, підтримувати сповіщення про відхилення від норми та завдяки діагностиці несправностей.

Система безпеки: Ця система автоматичних заходів для уникнення аварійних ситуацій, таких як перевищення температури або тиску, витоків газу тощо. Вона може автоматично зупиняти котли та виконувати інші заходи для захисту.

Система енергозбереження: Автоматизована система може включати оптимізацію роботи обладнання для мінімізації споживання енергії при забезпеченні необхідного рівня комфорту.

Автоматизація водогрійної котельні спрямована на забезпечення ефективної роботи, зниження енерговитратів, підвищення безпеки та зручності управління, а також на попередження можливих аварійних ситуацій.

Висновки

У МКР було розроблено схему автоматизації котельні у місті Вінниця по вулиці Князів Коріатовичів з потужністю 3 МВт. Креслення функціональної схеми автоматизації котельні представлено у додатку.

В роботі описана характеристика об'єктів теплової схеми, було виконано обґрунтування величин які підлягають автоматизації, підібрано необхідне регулююче обладнання. Зокрема встановлено в схему на базі контролера Regmik РП2-06 таке обладнання: датчик тиску Danfoss КР 35; статичний ПД-регулятор ТУЕ-48; температурний датчик Regmik ТСН-100М; датчик тяги (пресостат) Dungs LGW 3А4; аварійний термостат Danfoss КР 81.

5 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Локальний кошторис об'єкту

Кошторисна документація до магістерської кваліфікаційної роботи складена у відповідності до КНУ Настанова з визначення вартості будівництва. (від 01.11.2021 зі змінами).

Локальні кошториси складаються в поточному рівні цін на трудові і матеріально-технічні ресурси. В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. Загальновиробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Для розрахунку загальновиробничі витрати групуються в три блоки:

- а) засоби на заробітну плату робітників;
- б) відрахування на соціальні заходи;
- в) інші статті загально - виробничих витрат.

Склад, об'єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у третьому розділі роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та технічні розрахунки (розділ 2,3).

Кошторисна документація складена за допомогою програмного комплексу АВК.

Локальний кошторис на влаштування системи наведений в додатку Д. Вартість робіт становить 770,054 тис. грн.

5.2 Загальні техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники роботи визначаються сумарними характеристиками. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення. Значення основних техніко-економічних показників наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Назва показника	Одиниця виміру	Величина показника
Кошторисна вартість робіт	тис. грн	770,054
Загальна кошторисна трудомісткість	люд-год	755,60
Середній розряд робіт	розряд	3,5
Загальна довжина трубопроводів	м	25,2
Вартість матеріалів	тис.грн	683,537
Загальна кошторисна зарплата	тис. грн	56,29

5.3 Висновки до розділу 5

В даному розділі роботи було визначено основні величини техніко-економічних показників, складена кошторисна документація: локальний кошторис за допомогою кошторисної програми АВК. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 770,054 тис. грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розглянуті заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця. Розглянуті заходи з безпеки при проведенні передпускових і пускових робіт систем газопостачання. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будівель і споруд (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [41,42]: фізичні, хімічні та трудового процесу.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Вимоги безпеки при проведенні передпускових і пускових робіт систем газопостачання

Правила безпеки систем газопостачання встановлюють вимоги безпеки до систем газопостачання для забезпечення споживачів природним газом з надлишковим тиском не більше 1,2 МПа, а також зрідженим вуглеводневим газом з надлишковим тиском не більше 1,6 МПа.

До прийняття в експлуатацію систем газопостачання природного газу та ЗВГ установки і газопроводи повинні бути випробувані на міцність і щільність. При введенні в експлуатацію (до пуску газу) обладнання і газопроводи повинні бути піддані контрольному опресовуванню [43].

Суб'єкти господарювання до початку спорудження, монтажу і наладки об'єктів систем газопостачання повинні подати до центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства про працю, такі відомості: назва і адреса об'єкта, його технічна характеристика та відомча належність; назва будівельно-монтажної організації, яка здійснює будівництво об'єкта системи газопостачання. До відомостей додаються: проектна документація на будівництво згідно з вимогами статті 31 Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності"; завірена копія наказу про призначення особи, яка буде здійснювати технічний нагляд за будівництвом, протокол перевірки її знань в обов'язі виконуваної нею роботи.

До пуску газу на об'єкти систем газопостачання складається акт приймання в експлуатацію об'єктів систем газопостачання та акти згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2001 "Газопостачання", затвердженими наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 23 квітня 2001 року № 101.

На об'єктах систем газопостачання, що не введені в експлуатацію протягом 6 місяців з дня їх останнього випробовування, необхідно провести повторні випробовування на герметичність газопроводів, перевірити роботу установок ЕХЗ, стан димовідвідних та вентиляційних систем, комплектність і справність

газового обладнання, арматури, засобів вимірювання, автоматизації, сигналізації та протиаварійного захисту.

Перед заповненням резервуарів, газопроводів ЗВГ, пуском котелень та інших агрегатів та установок має бути забезпечено приймання обладнання для комплексного випробування, введення в дію автоматичних засобів контролю і управління, протиаварійних і протипожежних засобів.

На час комплексного випробування організовується цілодобове чергування персоналу для нагляду за станом технологічного обладнання і вжиття заходів щодо своєчасного усунення несправностей і витoku газу та забезпечення безпеки під час виконання пусконаладжувальних робіт.

Прийняття в експлуатацію об'єктів систем газопостачання населених пунктів і промислових підприємств здійснюється на підставі зареєстрованої декларації або виданого сертифіката відповідно до вимог Порядку прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 року № 461. Забороняється прийняття в експлуатацію незакінчених будівництвом об'єктів систем газопостачання, в тому числі підземних сталевих газопроводів і резервуарів, не забезпечених ЕХЗ від корозії.

Підключення новозбудованого газопроводу до існуючої розподільної газової мережі, продувка, пуск газу та проведення комплексного випробування (пусконаладжувальних робіт) виконуються після підписання акту приймання газообладнання для проведення комплексного випробування (пусконаладжувальних робіт) за формою ДБН В.2.5-20-2001 "Газопостачання". За наявності на підприємстві газової служби введення в експлуатацію (пуск газу) нового газового обладнання здійснює газова служба підприємства.

Для пуску і налагодження газифікованих агрегатів допускається залучення суб'єктів господарювання, що мають дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування

підвищеної небезпеки відповідно до вимог Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Пуск газу в системи газопостачання виконується газорозподільним підприємством до межі балансової належності спільно з газовою службою підприємства або суб'єктом господарювання, що має дозвіл центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства про працю, та за замовленням власника (балансоутримувача та/або орендаря (наймача)) після укладання договору на технічне обслуговування прийнятого в експлуатацію об'єкта та відповідних договорів з газотранспортними, газорозподільними і газопостачальними підприємствами.

Підключення житлових, громадських будинків, підприємств комунального та побутового обслуговування населення до системи газопостачання здійснює газорозподільне підприємство, що має відповідний дозвіл центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства про працю. Підключення новозбудованих об'єктів системи газопостачання підприємств до діючих розподільних газопроводів населених пунктів здійснюється за зверненням власника (балансоутримувача та/або орендаря (наймача)) відповідно до вимог чинного законодавства України та укладеного договору про постачання газу на прийнятий в експлуатацію об'єкт. Пуск газу здійснюється одночасно з підключенням до діючих новозбудованих газопроводів, ГРП, ШГРП, газопроводів-вводів житлових і громадських будинків, промислових і сільськогосподарських підприємств, котелень, підприємств комунального та побутового обслуговування населення, а також газових мереж всередині будівель.

До підключення новозбудованих розподільних газопроводів до ГРП, ШГРП, вводів у кінці кожного газопроводу, що підключається, необхідно ставити заглушки. Якщо в кінці газопроводу, що підключається, є запірний пристрій, після нього встановлюють інвентарну заглушку. В окремих випадках

допускається виконання підключення до діючої системи газопостачання вузлів підключення із запірною арматурою для подальшого підключення газопроводів, що будуються. У цих випадках після запірної арматури необхідно передбачити патрубков довжиною не менше ніж 0,5 м із заглушкою.

Подавання газу у внутрішні газопроводи і до газових приладів новозбудованих житлових будинків (або після їх капітального ремонту) здійснюється газорозподільним підприємством за зверненням власника (балансоутримувача та/або орендаря (наймача)) відповідно до вимог чинного законодавства України та укладеного договору про постачання газу на прийнятий в експлуатацію об'єкт. Після пуску газу крани перед газовими приладами повинні бути закриті і опломбовані. Система газопостачання передається власнику (балансоутримувачу та/або орендарю (наймачу)) шляхом складання відповідного акту. У житлових будинках при відселенні з них мешканців і переведенні їх з житлового фонду в нежитловий фонд (офіс, магазин, бар, кафе тощо) квартирну систему газопостачання необхідно від'єднувати від внутрішньої будинкової газової мережі. Транзитні газопроводи, що проходять крізь приміщення, не повинні мати різьбових з'єднань.

Технічний огляд та технічне обстеження, оцінка та паспортизація технічного стану об'єктів систем газопостачання, визначення можливості подальшої експлуатації газопроводів, здійснення запобіжних заходів для безаварійної експлуатації об'єктів систем газопостачання, а також забезпечення промислової, пожежної та техногенної безпеки і охорони довкілля на цих об'єктах здійснюються відповідно до вимог Порядку технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану, здійснення запобіжних заходів для безаварійного експлуатування систем газопостачання, затвердженого наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24 жовтня 2011 року № 640, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 21 листопада 2011 року за № 1326/20064 (далі - Порядок технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану).

На розподільні газопроводи та споруди на них необхідно складати експлуатаційні паспорти. У паспорті необхідно зазначати основні технічні характеристики об'єктів систем газопостачання, а також дані про їх ремонт, реконструкцію, заміну обладнання тощо.

Надземні, наземні і внутрішні газопроводи, а також арматура повинні бути захищені від атмосферної корозії згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2001 "Газопостачання". На запірній арматурі повинно бути зазначено напрямок обертання при відкритті і перекритті арматури. На газопроводах підприємств, котельнь, ГРП, ШГРП, ГРУ, ГНС, ГНП, АГЗС, АГЗП повинно бути позначення напрямку потоку газу.

Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [44, 45]:

для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; - підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірвальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. До додаткових (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат

Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні [46] наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Іа.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Іа	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [47]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. Для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [48]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 6.2.

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [49]. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Таблиця 6.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбіновано го освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним

складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін,

застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Виробнича вібрація

На будівництві присутня вібрація типу За. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31, 5	63	125	250	50 0	100 0
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом[50].

Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [51]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності. Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25. Емоційне

навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших. Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядається підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в м. Вінниця, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки.

В роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання, оцінено технічні можливості застосування теплових насосів, враховано європейський та світовий досвід їх впровадження. Це дозволило визначити мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

В розділі 2 за результатами аналізу показників базового та альтернативних варіантів схеми котельні з тепловим насосом з використанням різних джерел теплоти було зроблено висновок, що використання теплоти стічних вод та вторинних енергоресурсів в теплових насосах забезпечує високу ефективність енергоперетворень та кращі екологічні показники порівняно з базовим та низкою альтернативних варіантів застосування теплонасосних установок. Визначено, що показники ефективності теплових насосів підвищуються зі збільшенням показника енергетичної ефективності. За результатами проведених досліджень та оцінки результатів в розділі 2 проаналізовано енергетичні та екологічні переваги застосування теплонасосних установок для підвищення енергоефективності у тепловій схемі -опалювальної котельні. Було обрано варіант модернізації теплової схеми водогрійної опалювальної котельні заводу з теплонасосною установкою на теплоті вторинних енергоресурсів котельні.

За результатами виконаних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, здійснили вибір наступного обладнання: теплового насосу фірми Oilon Chill Heat S 490 з розрахунковою тепловою продуктивністю 490 кВт, пластинчастого теплообмінника THERMAKS PTA(GX)-26 з площею теплообміну $F = 53 \text{ м}^2$, який експлуатується в контурі випарника, встановлено два насоси марки GNF 128 (один робочий і один резервний) з подачею 350 м³/год., напором 0,18 МПа, ККД 75%,

та потужністю електродвигуна 2,2 кВт три насоси (два робочі і один резервний) марки 1Д315-50 з подачею 300 м³/год., напором 0,3 МПа, ККД 80%, та потужністю електродвигуна 420 кВт.

В МКР було підібрано насоси для перекачування теплоносіїв. Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, враховані рекомендації по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт.

Розраховано необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу проектованої системи, оцінено потребу в допоміжних матеріалах, виконаний підбір і машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Визначено, що загальна маса вантажів становить 6680 кг.

Розроблені: календарний графік монтажу теплонасосної установки, теплових насосів, а також графіки руху робітників, машин та механізмів. Розрахункова тривалість монтажних робіт складає 30,29 дні, відповідно до календарного плану монтажу. Витрати палива складають 69 літрів. А витрати електроенергії 69,75 (кВт/год).

В роботі описана характеристика об'єктів теплової схеми, було виконано обґрунтування величин які підлягають автоматизації, підібрано необхідне регулююче обладнання. Зокрема встановлено в схему на базі контролера Regmik РП2-06 таке обладнання: датчик тиску Danfoss КР 35; статичний ПД-регулятор ТУЕ-48; температурний датчик Regmik ТСН-100М; датчик тяги (пресостат) Dungs LGW 3А4; аварійний термостат Danfoss КР 81.

Розроблена функціональна схема автоматики котельні. Підібрані регулятори та вимірювальні пристрої, що будуть здійснювати процеси регулювання в схемі.

Виконана оцінка економічних показників впровадження когенераційної теплонасосної установки на котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин. Складено локальний кошторис. Визначена кошторисна вартість 770,054 тис. грн., кошторисна заробітна плата 56,29 тис. грн.,

кошторисна трудомісткість 755,60 тис. люд. –год, вартість матеріалів –683,537 тис. грн.

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Остапенко О. П., Лисак І. В. Аналіз показників енергетичної та екологічної ефективності варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі водогрійної котельні // Наукове видання матеріалів Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)».
URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/schedConf/presentations>.
(Дата звертання 08.12.23).
2. Остапенко О. П. Заболотна І. В. Аналіз техніко-економічних показників застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні в місті Вінниця
URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/36990> (Дата звертання 08.12.23).
3. International Energy Agency, World Energy Outlook 2022,
URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (Дата звертання 21.09.23).
4. Renewable Heating and Cooling and European Heat Pump Association 2021, Strategic Research and Innovation Agenda for Heat Pumps: Making the technology ready for mass deployment,
URL: <https://www.rhc-platform.org/content/uploads/2021/06/RHC-ETIP-SRIA-HPs-2021v02-WEB.pdf> (Дата звертання 21.09.23).
5. JRAIA (The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association) (2022), Voluntary statistics, URL: <https://www.jraia.or.jp/statistic/>, [in Japanese]. (Дата звертання 23.09.23).
6. Klingauf, J. (2022), Wärmepumpen-Boom: Deutscher Mittelständler Stiebel Eltron investiert 600 Millionen Euro [Heat pump boom: German medium-sized company Stiebel Eltron invests 600 million euros], URL: <https://stiebel-eltron.pressroom-rbt.com/2022/08/30/waermepumpen-boom-deutscher-mittelstaendler-stiebel-eltron-investiert-600-millionen-euro/>, [in German] (Дата звертання 24.09.23).

7. Walker, P. (2021), Mitsubishi invests £15 million in Livingston heat pump factory, URL:<https://www.insider.co.uk/news/mitsubishi-invests-15-million-livingston-25369217> (Дата звертання 25.09.23).

8. European Commission (2016), Mapping and analyses of the current and future (2020 2030) heating/cooling fuel deployment (fossil/renewables), URL:https://energy.ec.europa.eu/mapping-and-analyses-current-and-future-2020-2030-heatingcooling-fuel-deployment-fossilrenewables-1_en (Дата звертання 02.10.23).

9. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine // Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.

10. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.

11. Ostapenko Olga. Analysis of energy, ecological and economic efficiency of steam compressor heat pump installations, as compared with alternative sources of heat supply, with accounting the concept of sustainable development // Sustainable Development Under the Conditions of European Integration: Collective monograph / [editorial board Darko Bele, Lidija Weis, Nevenka Maher]. Part II. – Ljubljana: VŠPV, Visoka šola za poslovne vede = Ljubljana School of Business, 2019, 458 p. P. 312 – 329.

12. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.

13. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.

14. HP FAT Calculator Programme-2023.
URL:<https://www.dti.dk/specialists/heat-pumps-hp-fat/39679>(Дата звертання 04.10.23).

15. Engineering Equation Solver (EES). URL: <https://fchartsoftware.com/ees/>
(Дата звертання 05.10.23).
16. Програмний продукт компанії Treeze Ltd з оцінки життєвого циклу.
URL: <https://treeze.ch/> (Дата звертання 07.10.23).
17. Калькулятор централізованого опалення.
URL: https://rechner.umweltchemie.ch/HTMLFernwaerme22_de_v4/Oekobilanzrechner_Fernwaerme_2022_deutsch_v4_UVEK2022.htm (Дата звертання 15.10.23).
18. Калькулятор теплового насосу.
URL: https://rechner.umweltchemie.ch/HTMLWaermerpumpen22_de_v5/Oekobilanzrechner_Waermerpumpen_2022_deutsch_v5_UVEK2022.htm (Дата звертання 19.10.23).
19. Теплові насоси –Режим доступу до ресурсу: http://www.realenergo.com.ua/sites/default/files/broshyura_tn_oilon_scancool.pdf (Дата звертання 25.10.23).
20. Технические решения по использованию утилизаторов в котельных малой мощности. URL: <http://www.normload.-ru/SNiP/Data1/41/41822/index.htm>.
(Дата звертання 27.10.23).
21. Каталог насосів GLONG. URL: <https://watermart.ua/nasos-glong> (Дата звертання 05.12.32).
22. Каталог насосного обладнання.
URL: <https://kelet.kz/all%20catalogs/pump/5.pdf>. (Дата звертання 27.10.23).
23. Теплоенергетичне обладнання ОПЕКС.
URL: <https://opeks.energy/ua/plastinchastij-teploobminnik-thermaks-rta-gx-26/> (Дата звертання: 29.10.23).
24. Вантажні автомобілі. Каталог. URL: <https://ukreuromaz.com/product/maz4371c0-521-000/> (Дата звертання 01.11.23).
25. Каталог підйомних автокранів. URL: <http://promspectehcentr.ru/kranu>. (Дата звертання 01.11.23).
26. Каталог обладнання для електричного зварювання. URL: <https://dniprom.ua/uk/svarochnoe-oborudovanie/apparat-invertor-sab/>.
(Дата звертання 6.11.23).

27. Перфоратори. URL: <https://rozetka.com.ua/makita>.
(Дата звертання 07.11.23).
28. Кутові шліф машини. URL:<https://rozetka.com>. (Дата звертання 11.01.23).
29. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. URL:<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>. (Дата звернення 08.11.2023)
30. Ресурсные элементные сметные нормы на монтаж оборудования ДСТУ БДН Д.2.2.9-99. – К. : Держстандарт України, 204. – 34 с.
31. ДБН Д.2.4-15-2000 Збірник 20. – Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 107 с.
32. ДБН Д.2.3-12-99. . Збірник 12.Технологічні трубопроводи. – С. Держстандарт України, 2000. – 46с.
33. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 – Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання.
34. ДБН Котельні ДБН В.2.5.-77: 2014 [Чинний від 01-01-2015 р. №252]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 61 с.
35. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. [Чинний від 2010-01-01] К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 10 с.
36. Положення про курсове проектування у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Ю. В. Булига, Р. Р. Обертюх, Л. П. Громова. Вінниця : ВНТУ, 2019. 56 с.
37. Резидент Н. В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок». Вінниця : ВНТУ, 2018. 38 с.
38. Ельперін І. В., Пупена О. М., Сідлецький В. М. Автоматизація виробничих процесів. К.: Ліра-К, 2015. 378 с.
39. Котел опалювальний водогрійний «КОЛВІ 1500-5000»URL:

<https://eurothermgroup.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/prom-kotly-jarotrubnie2.pdf>_(Дата звертання 25.10.2023)

40. Автоматизована система контролю та управління котельні. URL: https://bts.net.ua/ua/acy/oborudovanie/acy_tp_kotelna/ (Дата звертання 25.10.2023)

41. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL:http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (Дата звертання 29.10.23).

42. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv> (Дата звертання 30.10.23).

43. Правила безпеки систем газопостачання. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 285 від 15.05.2015. [Чинний від 2015-07-07]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0674-15#Text>. (Дата звертання 01.11.23).

44. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

45. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (Дата звертання 03.11.23).

46. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (Дата звертання 17.11.23).

47. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
48. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
49. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (Дата звертання 17.11.23).
50. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (Дата звертання 01.12.23).
51. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. (Дата звертання 08.12.23).

Додатки

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник доцент кафедри ТЕ Остапенко О.П.
(прізвище, ініціали, посада)

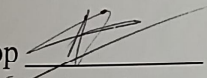
Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	90,0
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	10,0

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

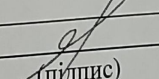
- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор  Лисак І.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допустити роботу Лисак І.В. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Експерт _____
(за потреби) (підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

36

Додаток Б
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувача кафедри ТЕ
Дмитро Степанов
" 21 " 09 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до магістерської кваліфікаційної роботи

«Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі
котельні в місті Вінниця»

за спеціальністю
144 – теплоенергетика
08-15.МКР.001.00.00.000 ТЗ

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи
к.т.н. доц. Остапенко О. П.
" 21 " 09 2023 р.

Розробила студентка гр.ТЕ-22м
Лисак І.В.
" 21 " 09 2023 р.

Вінниця 2023

1 Найменування і область використання продукції

Когенераційна теплонасосна установка (КТНУ) в тепловій схемі призначена для забезпечення потреб технології, опалення та гарячого водопостачання споживачів.

Застосування КТНУ забезпечує зменшення питомої витрати палива та дозволяє здійснити реконструкцію енергетики і розв'язати екологічні проблеми найбільш дешевим для економіки країни способом.

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання робіт є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, вихідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми МКР №247 від 18.09.2023 р.

3 Мета та призначення розробки

Метою проектування є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин з використанням теплонасосних технологій, обґрунтування енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих режимів роботи котельні з використанням нового обладнання, оцінка обсягів економії паливно-енергетичних ресурсів, підвищення екологічної безпеки та оцінка економії коштів від запропонованої модернізації в тепловій схемі котельні.

Аналіз і визначення показників роботи діючої теплової схеми котельні. Розробка варіантів застосування та вибір джерел теплоти для когенераційної теплонасосної установки, які включають в себе: аналіз можливих проектних рішень; визначення на підставі багатоваріантного аналізу оптимального варіанту застосування когенераційної теплонасосної установки; вибір основного і допоміжного обладнання когенераційної теплонасосної установки.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дані багатьох літературних джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування когенераційних теплонасосних установок на підприємствах муніципальної енергетики.

4.1 Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.

4.2 Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок і пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/462/460>. (Дата звертання 20.09.23).

4.3 Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, А. Д. Волошин // Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 20.09.23).

4.4 Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок / О. П. Остапенко // Актуальні проблеми енергетики та екології: матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції (5 – 7 жовтня 2016 р., м. Одеса). – Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. – С. 15 – 17.

4.5 Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокомпресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Вип. 47. – Т. 2. – С. 157 – 162.

4.6 Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.

4.7 Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокompресійних теплонасосних станцій з когенераційним приводом [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/2/2>. (Дата звертання 20.09.23).

4.8 Остапенко О. П. Енергетична ефективність теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Шевченко, О. В. Бакум // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/381/379>. (Дата звертання 20.09.23).

4.9 Остапенко О. П. Енергоекологічна ефективність теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. О. Валігура, А. Д. Коваленко // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/363/361>. (Дата звертання 20.09.23).

4.10 Остапенко О. П. Енергетична, екологічна та економічна ефективність парокompресійних теплонасосних установок у порівнянні з альтернативними джерелами теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. М. Слободянюк // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/399/397>. (Дата звертання 20.09.23).

4.11 Остапенко О. П. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Бакум, А. В. Ющишина // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 3. – Режим доступу до журн.:

<http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/371/369>. (Дата звертання 20.09.23).

4.12 Остапенко О. П. Енергоефективність систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/472/470>. (Дата звертання 20.09.23).

4.13 Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/479/478>. (Дата звертання 20.09.23).

4.14 Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 4. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/487/486>. (Дата звертання 20.09.23).

4.15 Остапенко О. П. Області високої енергоефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками малої потужності та паливними котлами в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 1. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/499/496>. (Дата звертання 20.09.23).

5 Технічні вимоги

Вихідні дані до роботи: потужність системи опалення $Q_{оп} = 2,4$ МВт;
потужність системи гарячого водопостачання $Q_{гвп} = 0,6$ МВт;
температурний графік теплової мережі 95/70 °С; паливо – природній газ; котли
Колві 3000; теплота згорання палива – 34,126 МДж/м³.

6 Економічні показники

Створення об'єкту повинно вестись з малими витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Слід проаналізувати декілька варіантів застосування теплонасосної установки і вибрати оптимальний на підставі техніко-економічних розрахунків, здійснити економічне обґрунтування доцільності застосування теплонасосної установки за оптимальним варіантом, визначивши річні витрати палива, визначити економію палива. Проаналізувати техніко-економічні показники роботи теплонасосної установки в тепловій схемі котельні та визначити термін окупності капіталовкладень на будівництво установки.

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналітичний літературний огляд	21.09.2023	3.10.2023	
2	Варіантний аналіз проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні	4.10.2023	25.10.2023	
3	Технологія монтажу теплонасосного обладнання	15.10.2023	14.11.2023	
4	Схема автоматизації водогрійної котельні з теплонапосною установкою	25.10.2023	27.11.2023	
5	Економічна частина	27.11.2023	15.12.2023	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.11.2023	5.12.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	5.12.2023	19.12.2023	

Дата видачі завдання 20.09.2023р.

Крайні терміни виконання 19.12.2021 р.

8 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється керівником МКР, згідно з графіком виконання. Прийняття МКР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

Додаток В

(Довідковий)

МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні призначена для забезпечення потреб технології, опалення та гарячого водопостачання споживачів.

Теплові насоси потрібні насамперед у випадках, коли інші методи організації системи опалення обходяться значно дорожче. Зростаюча поширеність теплових насосів на виробництві та в побуті пов'язана з наступними перевагами:

- Економічність. Для передачі в опалювальну систему 1 кВт•год теплової енергії установці потрібно в середньому витратити всього 0,2-0,35 кВт•год електроенергії.

- Простота експлуатації.

- Спрощення вимог до систем вентиляції приміщень, підвищення рівня пожежної безпеки.

- Можливість перемикання із зимового режиму опалення на літній режим кондиціювання.

- Компактність та безшумність, що робить тепловий насос привабливим для опалення приватного будинку.

Тому теплові насоси є важливо і потрібно використовувати в Україні завжди. У 2014 році стався поштовх, який сприятиме переходу на альтернативні джерела енергії. Щодо енергоресурсів Україна є самодостатньою країною, яка зараз перебуває у фазі відмови від залежності від природних копалин та переходу на більш ефективні способи отримання енергії – електрокотли або теплові насоси.

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Теплообмінник пластинчастий марки THERMAKS PTA(GX)-26 , F= 53 м ²	шт	1	530	530
2	Насос GNF 128Dy 100	шт	2	120	240
3	Насос 1Д315-5 Dy 100	шт	3	190	570
4	Трубопроводи зі сталевих труб діаметром 108 × 4 за ДСТУ 10704-91	м	25,2	10,2	257
5	Засувка чавунна Dy 100 ГОСТ 9544	шт	17	38	646
6	Фільтр грубої очистки Dy 100	шт	2	25	50
7	Клапан зворотній сталевий Dy100	шт	2	21,1	42,2
8	Тепловий насос Oilon ChillHeat S 490	шт	1	4000	4000
Для монтажу теплообмінника					
1	Картон загального призначення із азбесту[КАОН - 1], товщиною 2мм	т	1	0,0059	5,9
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,016	16
3	Олифа натуральна	кг	1	0,026	26
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0065	6,5
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,0178	17,8
6	Прядиво лляне	т	1	0,00004	0,4
7	Пароніт	т	1	0,001	1
8	Сурик свинцевий	т	1	0,00016	0,16

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
Для монтажу насосів GNF 128Dy 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	4	0,00041	1,76
2	Прокладка гумова	кг	4	0,09	0,36
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	4	0,0022	8,8
4	Болти з гайками і шайбами, діаметром 16 мм	т	4	0,00127	5,08
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 100 мм ДСТУ12820-80	шт	8	3,96	31,68
Для монтажу насосів 1Д315-5 Dy 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	3	0,00041	1,23
2	Прокладка гумова	кг	3	0,09	0,27
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	3	0,0022	6,6
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	3	0,00127	3,23
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 100 мм ДСТУ 12820-80	шт	6	3,96	23,76
Для монтажу засувок Dy 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,11	0,054	5,94
2	Болти з гайками і шайбами, d=16 мм	т	0,11	0,207	22,77
3	Пароніт	т	0,11	0,016	1,76
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	22	3,96	87,12

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,02	0,054	1,08
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,02	0,207	4,14
3	Пароніт	т	0,02	0,016	3,2
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	4	3,96	15,84
Монтаж фільтрів грубої очистки Ду 100					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	2	0,00028	0,56
Для монтажу трубопроводу Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,0964	0,005	4,82
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6	шт	0,020	0,45	0,45
3	Пароніт	т	0,0964	0,003	3,1
Для монтажу теплового насосу Oilon ChillHeat S 490					
1	Електроди діаметр 4 мм, марка Э55А	т	16	0,00041	6,5
2	Фланці сталеві плоскі	шт.	16	0,3	4,8
3	Прокладки паронітові	шт.	16	0,05	0,3
4	Проволока зварювальна легована, діаметр 4 мм	т	0,0078		7,77
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,0178	17,8

Загальна маса всіх вантажів, використаних у роботі визначається як сума мас основного та допоміжного обладнання, всіх потрібних для роботи пристроїв та інструментів, не беручи до уваги матеріалів на випробування. Загальна маса у даному розрахунку становить:

$$\Sigma_{\text{заг.}} = \Sigma_{\text{осн.обл}} + \Sigma_{\text{доп.обл}} = 6680(\text{кг})$$

В.3 Визначення складу і об'ємів робіт Склад робіт

1. Переміщення деталей до приміщення котельні та їх складування.
2. Розмітка місць , де будуть прокладені трубопроводи.
3. Монтаж теплового насоса Oilon ChillHeat S 490
4. Встановлення пластинчастого теплообмінника марки THERMAKS

РТА(GX)-26

5. Монтаж насоса GNF 128, Ду 100.
6. Монтаж насоса 1Д315-5 Ду 100
7. Прокладання трубопроводів діаметром 108x4 мм, виготовлених зі сталі
8. Встановлення запірно регулювальної арматури діаметром Ду100.
9. Встановлення зворотніх клапанів діаметром Ду100.
10. Встановлення фільтрів для грубої очистки діаметром Ду100.
11. Перше робоче випробування окремих частин установки.
12. Робоча перевірка системи в цілому.
13. Кінцева перевірка системи і здача об'єкта в експлуатацію.
14. Повернення допоміжного обладнання на склад монтажної організації.

Об'єми робіт

1. Доставка деталей до місця їх монтажу. Одиниці вимірювання приймаємо в тонах. Загальна вага усіх деталей 6111 кг (6,680т). Приймаємо об'єм $V=6,680$.

2. Розмітка у місцях прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина мережі трубопроводу у роботі складає $L = 25,2$ м. Приймаємо об'єм $V=0,252$.

3. Монтаж теплового насоса Oilon ChillHeat S 490. Одиниці вимірювання в шт. Отже приймаємо об'єм $V=1$.

4. Монтаж теплообмінника пластинчастого марки THERMAKS РТА (GX)-26. Одиниці вимірювання в шт. Отже приймаємо об'єм $V=1$.

5. Монтаж насоса GNF 128, Ду 100. Одиниці вимірювання шт.

Кількість насосів 2 шт. Отже приймаємо об'єм $V=2$.

6. Монтаж насоса 1Д315-5 Ду 100. Одиниці вимірювання шт. Кількість насосів 3 шт. Отже приймаємо об'єм $V=3$.

7. Прокладання трубопроводу діаметром 108 х 4 мм. Одиниці вимірювання в тонах. Вага труб діаметром 108х4 мм складає 257 кг. Отже приймаємо об'єм $V=0,257$.

8. Встановлення запірної регулювальної арматури Ду100. Кількість запірної регулювальної арматури 17 шт. Одиниці вимірювання 100 шт. Отже приймаємо об'єм $V=0,17$.

9. Встановлення зворотніх клапанів діаметром Ду100. Кількість зворотніх клапанів 2 шт. Одиниці вимірювання 100 шт. Отже приймаємо об'єм $V=0,02$.

10. Встановлення фільтрів грубої очистки діаметром Ду100. Кількість фільтрів 2 шт. Одиниці вимірювання 1 фільтр. Отже приймаємо об'єм $V=2$.

11. Перше робоче випробування окремих частин обладнання. Одиниці вимірювання 100 м. Загальна довжина труб становить 25,8 м. Отже приймаємо об'єм $V=0,258$.

12. Робоча перевірка системи в цілому. Одиниці вимірювання 100 м. Загальна довжина трубопроводу становить 25,2 м. Отже приймаємо об'єм $V=0,252$.

13. Остання перевірка системи та здача в експлуатацію об'єкту. Одиниці вимірювання приймаємо 100 м. Довжина трубопроводу становить 25,2 м. Отже приймаємо об'єм $V=0,252$.

14. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса обладнання 45,5 кг. Приймаємо об'єм $V=0,0455$.

В.4 Підбір машин , механізмів, пристосувань для монтажних робіт

Усе обладнання: труби, деталі, конструкції для систем теплофікації завозяться за потреби вантажним автомобілем МАЗ-4371С0-521-000. Оскільки загальна вага усіх деталей становить 6111 кг, то доставку деталей та обладнання до місця монтажу можливо провести за два рази. Технічні характеристики обраного вантажногоавтомобіля наведені в таблиці В.1

Таблиця В.1 – Технічні характеристики МАЗ-4371С0-521-000 [24]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Довжина платформи	м	5,3
Вантажопідйомність	кг	4550
Габарити авто: Довжина автомобіля Ширина автомобіля Висота автомобіля	м	6,7 2,5 2,4
Маса	кг	10100

Для встановлення обладнання використовуємо автомобільний кран МАЗ КС – 3577 технічна характеристика якого наведена в таблиці В.2.

Таблиця В.2 - Технічна характеристика автокрана МАЗ КС-3577 [25]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	10
Виліт стріли	м	18
Колія коліс: передніх задніх	м	2,5 1,95
Маса	т	16
Потужність	к.с.	250

Для зварювання стиків трубопроводу в даному проекті використовується електродугове зварювання постійним струмом. Використано апарат Dnipro-M, характеристики якого наведено в таблиці В.3

Таблиця В.3– Характеристики зварювального апарату Dnipro-M [26]

Величина	Одиниця виміру	Значення
Напруга	В	230
Діаметр електродів	мм	1,6-4,0
Потужність зварника	кВт	5,5
Частота мержі	Гц	50
Маса зварника	кг	4

Для встановлення кріплень трубопроводів та кронштейнів використано перфоратор Makita HR 2470 з такими технічними характеристиками [27]:

- вага – 2,6 кг.
- потужність – 780 Вт;
- число обертів – 1110 об/хв ;
- енергія удару – 0 v 2,4 Дж;

Трубні заготовки в роботі комплектуються гілками. Труби подавальних та зворотних магістралей зв'язують в «пакети», які обов'язково мають відповідне маркування, для того, щоб не допустити помилок між ділянками.

Технічна характеристика кутової шліфмашини та набір необхідних інструментів[28] наведені в таблицях В.4 та В.5 відповідно:

Таблиця В.4– Технічна характеристика кутової шліфмашини Makita GA7060

Величина	Одиниця виміру	Значення
Діаметр необхідного круга	мм	180
Потужність	Вт	2200
Кількість обертів	Об/хв	8500
Вага	кг	6,6

Таблиця В.5– Набір інструментів та пристосувань необхідних для монтажників системи трубопроводів.

Найменування	ГОСТ, марка інструмента	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ для труб М 32-125 мм	ГОСТ 10892-80	4	20
Ключ гайковий двохсторонній М18х19 мм, М 19х22 мм (або окремі ключі)	ГОСТ2839-80	5	0,9
Ключ гайковий М 16	ГОСТ 2896-80	5	0,5
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	5	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	5	0,31
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	5	2,1
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	5	1,8
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	5	0,12
Молоток гумовий	ГОСТ 19645-74	5	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм		1,66	0,62
Всього:			28,27

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань

$$\Sigma_{\text{інст.}} = 2,88 + 4 + 6,6 + 28 = 45,5 \text{ (кг)}.$$

4.3 Витрата паливних та енергетичних ресурсів

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [29]

$$E=P \cdot \tau \cdot k, \quad (4.1)$$

Де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання. Витрати електроенергії на роботу

Витрати електроенергії на роботу зварювального апарату Dnipro-M

$$\tau=8,32 \text{ год}, p=5,5 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 8,32 \cdot 5,5= 45,76 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу перфоратора Makita HR 2470

$$\tau=11,7 \text{ год},$$

$$p=0,78 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 11,7 \cdot 0,78= 9,126 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу кутової шліфмашини Makita GA7060

$$\tau=6,8 \text{ год},$$

$$p=2,2 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 6,8 \cdot 2,2= 14,96 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальна витрата електроенергії монтаж системи паропроводів

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 E_i,$$

$$E_{\Sigma} = 45,76+9,126+14,96=69,75 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів автомашиною МАЗ- 4371С0-521-000

– відстань 25(км);

– кількість ходок $n=2$;

– витрата пального $Q=18$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 4 \cdot n \cdot l=0,18 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 25=36 \text{ л}.$$

Витрата пального для автомобільного крана МАЗ КС – 3577

- відстань 25(км);
- кількість ходок $n=1$;
- витрата пального $Q=33$ (л/100км).

$$Q_n = Q \cdot 4 \cdot n \cdot l = 0,33 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 25$$

=33 Загальна витрата пального

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 Q_i,$$
$$Q_{\Sigma} = 36 + 33 = 69 \text{ (л)}$$

5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою

$$Q = \frac{V \cdot N_{ч}}{B} \text{ [люд/дні]}, \quad (6.10)$$

де V – об’єм робіт;

$N_{ч}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (6.11)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

n – кількість робітників, люд

Таблиця В.5.1 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роб	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об’єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професій-ний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Переміщення деталей до приміщення котельні та їх складування	т	6,680	4,4	1,26	0,91	4	3 робітники водій
2	Розмітка місць, де будуть прокладені трубопроводи	100 м	0,252	1,6	0,05	0,025	2	Монтажники бр.-1, Зр.-1,

Продовження таблиці В.5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Монтаж теплового насоса Oilon ChillHeat S 490	шт	1	5,48	4,19	1,05	4	Монтажники 3р-2, 7р-2
4	Встановлення пластинчастого теплообмінника марки THERMAKS PTA(GX)-26	шт	1	48,3	5,48	1,37	4	Монтажники 3р-2, 7р-2
5	Монтаж насоса GNF 128, Ду 100	шт	2	21,3	5,33	1,33	4	Монтажники 3р-2, 7р-2
6	Монтаж насоса 1ДЗ15-5 Ду 100	шт	3	21,3	7,99	2	4	Монтажники 3р-2, 7р-2
7	Прокладання трубопроводів діаметром 108х4 мм, виготовлених зі сталі	100 м	0,252	48,7	0,93	0,07	4	ел.зварювальник 6р.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4р.-2
8	Встановлення запірної регулювальної арматури діаметром Ду100	100 шт	0,17	2,41	0,03	0,03	2	Монтажники 5р-1, 3р.-1
9	Встановлення зворотніх клапанів діаметром Ду100	100 шт	0,02	2,41	0,006	0,003	2	Монтажники 5р-1, 3р.-1
10	Встановлення фільтрів для грубої очистки діаметром Ду100	шт	2	11,8	2,95	1,48	2	Монтажник 5р-1, 3р.-1

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Перше робоче випробування окремих частин установки	100 м	0,252	2,31	0,08	0,02	3	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-1
12	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	0,252	2,4	0,08	0,04	2	Слюсар сантехнік 5р-2
13	Кінцева перевірка системи і здача об'єкта в експлуатацію	100 м	0,252	2,4	0,08	0,04	2	Слюсар сантехнік 5р-2
14	Повернення допоміжного обладнання на склад монтажної організації	т	0,0455	2,6	0,02	0,01	2	робітник водій

6 Визначення складу бригад і підбір монтажних інструментів

1. Доставка деталей до місця їх монтажу. Робітники - 3 людини, водій – 1 людина.
2. Розмітка у місцях прокладання трубопроводу. Монтажники 6 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
3. Монтаж теплового насоса Oilon ChillHeat S 490 Монтажники 3 розряду – 2 людина, 7 розряду – 2 людини.
4. Монтаж теплообмінника пластинчастого марки THERMAKS PTA (GX)-26. Монтажники 3 розряду – 2 людина, 7 розряду – 2 людини.
5. Монтаж насоса GNF 128, Ду 100 Монтажники 3 розряду – 2 людина, 7 розряду – 2 людини.
6. Монтаж насоса 1Д315-5 Ду 100. Монтажники 3 розряду – 2 людина, 7 розряду – 2 людини.
7. Прокладання трубопроводу діаметром 108x4мм. Ел. зварювальники 6 розряду – 1 людина, 5 розряду – 1 людина, слюсар-сантехник 4 розряду – 2 людей.
8. Встановлення запірної регулювальної арматури Ду100. Монтажники 5 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
9. Встановлення зворотніх клапанів діаметром Ду100. Монтажники 5 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
10. Встановлення фільтрів грубої очистки діаметром Ду100. Монтажники 5 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
11. Перше робоче випробовування окремих частин обладнання. Монтажники 5 розряду – 1 людина, 4 розряду – 1 людина,

3 розряду – 1 людина.

12. Робоча перевірка системи в цілому. Слюсар-сантехнік 5 розряду – 2 людини.

13. Остання перевірка системи та здача в експлуатацію об'єкту. Слюсар-сантехнік 5 розряду – 2 людини.

14. Повернення допоміжного обладнання на склад . Робітники - 1 людина, водій – 1 людина.

7 Організація робочих місць та побутових приміщень

Продуктивність праці робітника залежить і від правильної організації його робочого місця. Робочим місцем робітника - опоряджувальника називають ділянку, у межах якої він працює і може доцільно розміщувати потрібні для роботи пристрої, інструменти і матеріали

Бригадир і кожний член бригади мають заздалегідь турбуватися про підготовку робочого місця, щоб не було простоїв. Кожний робітник повинен виконувати роботу на своїй ділянці, не заважаючи працювати іншому робітникові.

Механізми, пристрої, інструменти і матеріали на робочому місці розміщують так, щоб під час роботи не доводилося робити зайвих рухів. Ручний інструмент, який беруть лівою рукою, - зліва. Столик встановлюють так, щоб з місця його встановлення можна було виконати якнайбільший обсяг робіт.

Працюючи в ланці, кожний робітник виконує щодня ті самі операції і цим удосконалює свої навички. Внаслідок цього підвищується продуктивність праці його самого і бригади в цілому.

До початку монтажно-збірних робіт встановлюється готовність будівлі до монтажу трубопроводів, приладів та обладнання. Крім того, в повному обсязі мають бути виконані роботи з демонтажу старих трубопроводів і арматури.

Необхідне складське приміщення для зберігання малогабаритних інструментів, інвентаря.

8 Монтажене регулювання і здача системи в експлуатацію

До промислової експлуатації допускаються тепловироблюючі установки, на яких проведено режимно-налагоджувальні випробування. Об'єм пусконалагоджувальних робіт обов'язково повинен включити комплекс режимно-налагоджувальних робіт, які забезпечують ефективну та економічну роботу тепловироблюючого обладнання, теплоутилізаційних пристроїв, засобів

автоматичного регулювання і безпеки, допоміжного обладнання, визначення еколого-теплотехнічних характеристик, проведення комплексної інвентаризації шкідливих викидів в атмосферу.

Під час випробування трубопроводів слід застосовувати пружинні манометри класу точності не нижче ніж 1,5 з діаметром корпуса не менше ніж 150 мм і шкалою на номінальний тиск близько 3/4 вимірюваного. Манометри повинні бути запломбовані організаціями Держстандарту України. Використання манометрів з простроченими термінами перевірки не допускається.

Приймальна комісія оглядає об'єкт будівництва в натурі, ознайомлюється з технічною документацією, яку представляє будівельно-монтажна організація і, при умові відсутності недоробок, які перешкоджають нормальній експлуатації об'єкта, і при позитивній оцінці якості головних видів робіт (будівельні, монтажні та ізоляційні) складає приймальний акт

9 Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт Електробезпека

Для живлення технологічного обладнання та системи освітлення на будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною. Для безпеки працівників підприємство повине забезпечити:

- 1) Всі металеві корпуси електрообладнання і теплотехнологічного обладнання підключаються до захисного заземлення
- 2) Застосування діелектричних килимків, які укладаються біля обладнання, що живиться напругою вище 24 В.
- 3) Використання при потребі ручного електромонтажного інструменту з ізольованими ручками.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що

має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Стропування приладів

Стропування конструкцій виконуються інвентарними стропами або спеціальними вантажозахоплювальними пристроями за схемами, складеними з урахуванням міцності і стійкості піднімаються конструкцій при монтажних навантаженнях. Гаки кранів, із зіву яких можливе випадання транспортного пристосування, необхідно постачати запобіжним замикаючим пристосуванням.

Під час переміщення конструкції необхідно утримувати від розгойдування і обертання відтяжками з конопляного каната або тонкого гнучкого троса. Залишати підняті конструкції у висячому положенні забороняється

. Розстропування конструкцій після підйому і установки можна робити тільки після їх надійного закріплення.

Монтажники повинні перебувати поза контуру встановлюваних конструкцій з боку, протилежного подачі їх краном. Подану конструкцію опускають над місцем її установки не більше ніж на 30 см вище проектного положення. Після цього монтажники наводять її на місце обпирання.

Складальні операції на висоті дозволяється проводити тільки із спеціальних риштовання або колисок, пристрій яких має передбачатися проектом виробництва монтажних робіт або технологічних карт. Робочим забороняється перебувати на конструкціях під час їх підйому, опускатися з риштовання або колисок на землю, користуючись тросом або гаком крана.

Додаток Г
(довідковий)

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОГРІЙНОЇ
КОТЕЛЬНІ З ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ

Г1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розглянута нами котельня, встановлена в місті Вінниця по вулиці Князів Коріатовичів з потужністю 3 МВт працює для вироблення теплової енергії та гарячого водопостачання для мікрорайону. Котельня в якості палива використовує природній газ.

На котельні, виходячи із потужності споживачів в максимально опалювальний(зимовий) період року, встановлені котли Колві 3000, один робочий та один резервний.

Водяні теплові мережі, організовані у вигляді двотрубних систем, які включають подаючі трубопроводи для доставки гарячої води від джерел тепла до системи теплового використання, а також зворотні трубопроводи для повернення охолодженої води назад до теплових джерел для подальшого нагріву.

Подача і повернення в теплових мережах спільно з інфраструктурою теплових джерел і системи теплового використання створюють закриті кола циркуляції робочої рідини. Цей процес циркуляції забезпечується за допомогою насосів, розташованих на теплових джерелах.(Рис.1.1)

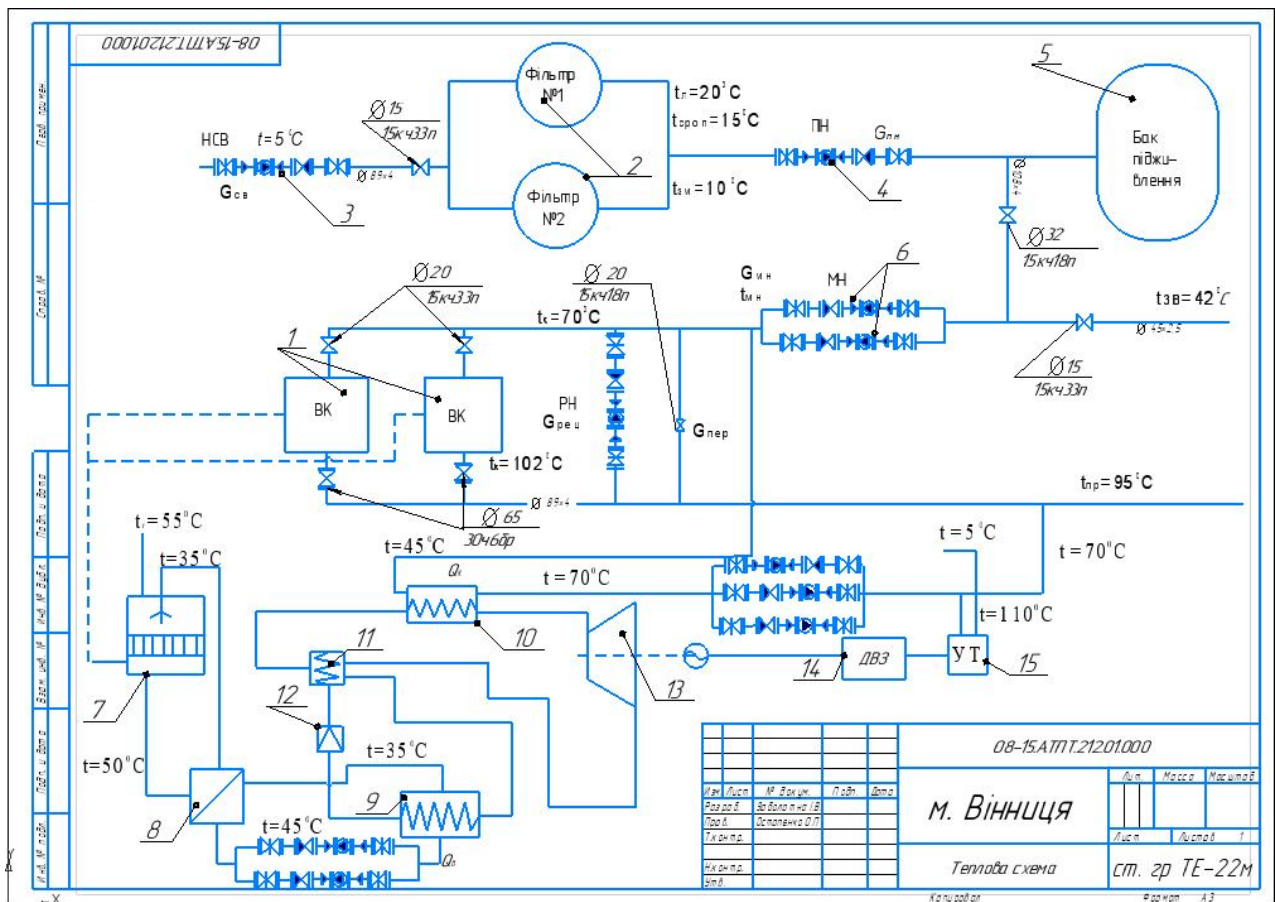


Рисунок Г.1 – Принципова тепла схема водогрійної котельні

1.2 Характеристика технологічного обладнання

Рух теплоносіїв в системі виконується по сталевих зварних трубопроводах (ГОСТ 10704-91). Для забезпечення ремонту обладнання встановлена запірно-регулювальна арматура (засувки та зворотні клапани) діаметрами $Du100$. А для покращення якості теплоносіїв встановлено два фільтри грубої очистки такого ж діаметра.

На даній котельні встановлено один пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA(GX)-26 з розрахунковою потужністю 500 кВт в контур випарника теплового насоса Oilon ChillHeat S 490 з розрахунковою теплопродуктивністю 490кВт..

Витрати води у контурі випарника становить 5,06 кг/с. Насоси (один робочий, один резервний) марки GNF 128 з подачею 350 м³/год., напором 0,18

МПа, ККД 75%, з потужністю електродвигуна 2,2 кВт. встановлені перед тепловим насосом для забезпечення подачі води на виході з теплообмінника.

Витрати води у контурі конденсатора та (перед розгалуженням на вході) становить 9,63 кг/с. Встановлено три насоси (два робочі, та один резервний) марки 1Д315-50 з подачею 300 м³/год., напором 0,3 МПа, ККД 80%, з потужністю електродвигуна 420 кВт.

1.3 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі

Для роботи даної котельні потрібні такі вхідні продукти: вода та природний газ. На виході ми отримаємо підігріту воду та електроенергію.

Вода виступає як основний теплоносій у котельні, де її вимагають для передачі тепла від котлів до опалювальної системи та для гарячого водопостачання споживачів. Воду характеризує висока теплоємність, що дозволяє їй зберегти велику кількість тепла на об'єм одиниці. Також вона має добру теплопровідність, що сприяє швидкій передачі тепла в системі. Вода працює в широкому режимі температури, що дозволяє використовувати її для опалення та гарячого водопостачання в різних умовах також можна використовувати під тиском залежно від вимог системи, що дозволяє регулювати теплообмін та теплопередачу.

Використання природного газу як палива для роботи котлів є популярним та ефективним підходом у багатьох системах опалення, гарячого водопостачання та виробництва тепла. Природний газ має високий вміст енергії, що дозволяє досягти високої теплової ефективності котлів. Газоподача може бути легко відрегульована, що дозволяє швидко змінювати витрати палива відповідно до потреб. Котли, що працюють на природному газі, можуть бути автоматизовані для оптимального керування та моніторингу. Згоряючи, природний газ викидає менше шкідливих речовин в атмосферу.

Г2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВЕЛИЧИН, ЯКІ РЕГУЛЮЮТЬСЯ ТА КАНАЛІВ РЕГУЛЮЮЧОГО ВПЛИВУ

2.1 Схеми автоматичного регулювання

З усіх параметрів, які характеризують процес, необхідно обирати ті, які підлягають регулюванню та їх зміна здійснить регулюючий вплив.

Найкращим показником ефективності роботи водогрійного котла є температура прямої води. Впливають на неї такі параметри: витрата повітря; температура зворотної води витрата води через котел та витрата палива.

Економічно доцільним буде використання в якості регулюючого впливу зміну подачі палива. На регулятор палива подається сигнал від датчика температури води за котлом і від датчика температури зворотної води. Є можливість контролювати лише один фактор - витрати води через котел. Для цього використано підживлення зворотної води, яка зазнала хімічної очистки. Витрата води стає стабільною завдяки цьому процесу. Необхідно також забезпечити зміну температури вхідної води відповідно до зміни температури оточуючого повітря.

Схема автоматичного регулювання котла Колві 3000 представлена на рисунку 2.1.1.

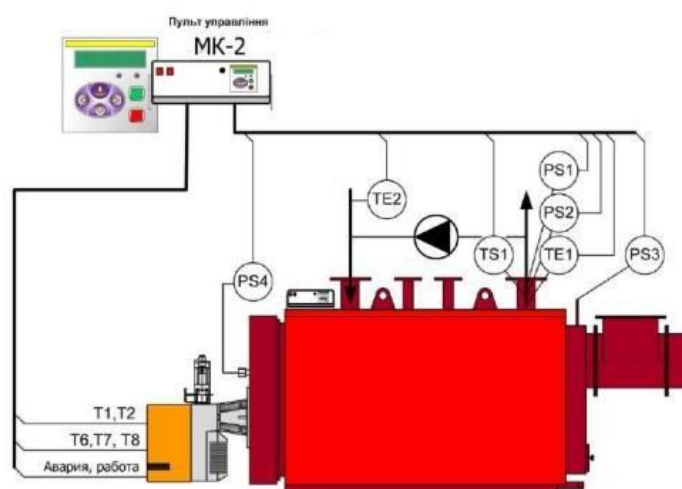


Рисунок Г.1.1 – Регулювання котла Колві 3000

Таким чином, подача палива змінюється в залежності від температури зовнішнього повітря, температури води за котлом і температури зворотної води. Повітря повине подаватися в такій кількості, щоб забезпечити повне спалювання палива. Якщо повітря недостатньо, то крім неповноти спалювання, тобто економічних втрат буде забруднення атмосфери. Якщо повітря буде надлишок, то буде винесення тепла в трубу. Для підвищення якості необхідно контролювати повноту спалювання палива за вмістом кисню в димових газах. Для автоматизації теплового насоса необхідна й доцільна відповідна система контролю, що регулюватиме такі параметри, як температура води та її витрата.

Регулювання температури води на виході з випарника зображено на рисунку 2.1.2.

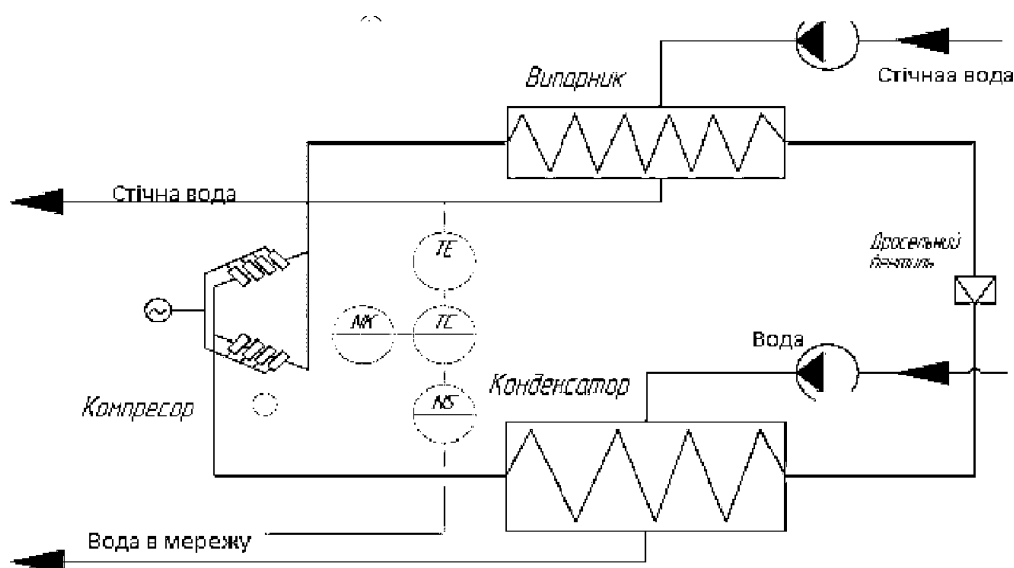


Рисунок Г.1.2 – Регулювання температури води на виході з випарника.

Вимірювання температури здійснюється безпосередньо на трубі чутливим елементом ТЕ, регулятор температури ТС та ручний задатчик НК, за допомогою якого виставляється задане значення температури, регулятор температури (ТС)

та виконавчий механізм, який дає сигнал на вентиль, який розташований на трубопроводі з подачею води у випарник.

Аналогічно здійснюється регулювання температури води на виході з компресора.

Регулювання температури води на виході з конденсатора зобразимо у вигляді рис. 2.1.3

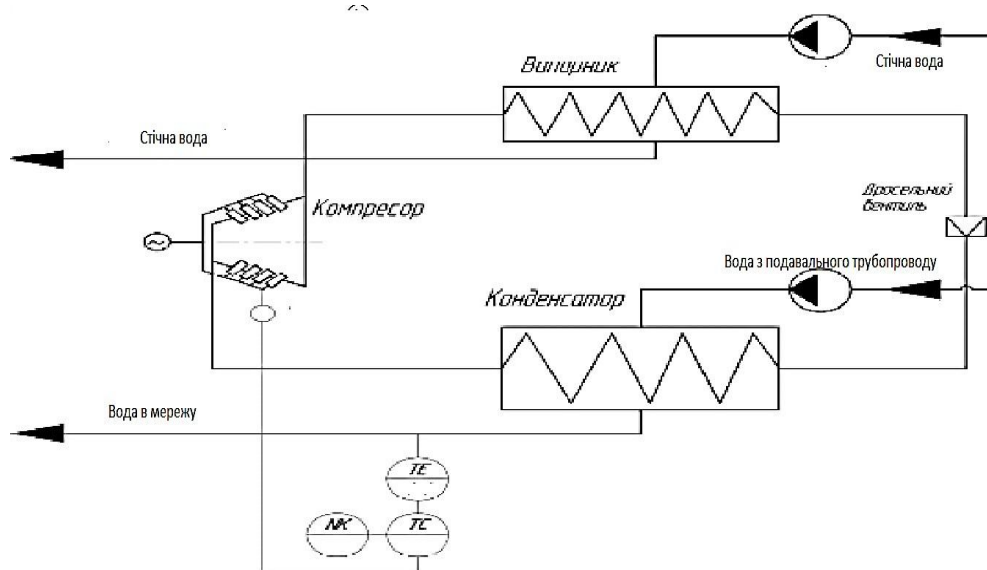


Рисунок Г.1.3 – Регулювання температури води на виході з конденсатора

Для вимірювання температури використовують чутливий елемент, що встановлюється безпосередньо о на трубі (ТЕ) , регулятор температури (ТС) та ручний за датчик НК, за допомогою якого виставляється задане значення температури, регулятор температури (ТС) та виконавчий механізм, який встановлюється на компресорі. Виконавчий механізм дає сигнал на електромагнітний клапан компресора (загальна кількість яких – 4 пари). Управління електромагнітними клапанами здійснюється в залежності від зміни температури води на виході з конденсатора.

2.2. Вибір та обґрунтування засобів автоматизації

Встановлений на об'єкті котел марки Колві 3000 обладнаний пультом керування, що забезпечує безпечну роботу та керує температурним режимом але не автоматизує процес роботи усієї котельні.

Для впровадження автоматизації в різних аспектах роботи котельні, включаючи управління насосним обладнанням, регулювання температурних режимів опалення та гарячого водопостачання, забезпечення безпеки та захисту котельні, а також моніторингу та контролю різних параметрів, використовується інтегрована система автоматизованого управління тепловим пунктом (АСУ ТП). У передбачених програмою управління випадках, за заданими алгоритмами АСУ ТП веде опитування датчиків і виконавчих механізмів, інформуючи оператора про їх стан. З метою безпеки, в разі виникнення аварійної ситуації, перехід механізмів в стан "аварія" фіксується системою, архівується і викликається повідомлення з описом причини.

Котли Колві комплектуються набором наступних датчиків:

– аварійний термостат Danfoss КР 81.(Рис. 2.2.1) Термостат встановлюється в штуцері з гільзою, передбачений і виконаний на патрубкові прямої води котла Колві та підключається до клем аварійного входу пульта управління ;



Рисунок Г.2.1 - аварійний термостат Danfoss КР 81

– датчик тяги (пресостат) Dungs LGW 3A4 (Рис. 2.2.2). Встановлюється на різьбовий штуцер, передбачений і виконаний на коробові для збору димових газів котла Колві та підключається до клем аварійного входу пульта управління;



Рисунок Г.2.2 - датчик тяги (пресостат) Dungs LGW 3A4

– два температурних датчика Regmik TCH-100M(Рис. 2.2.3) для прямої та оборотної води. Датчик прямої води встановлений в штуцер з гільзою, передбачений та виконаний на патрубкові прямої води котла Колві.



Рисунок Г.2.3 - температурний датчик Regmik TCH-100M

– Датчик оборотної води встановлюється в штуцер з гільзою, який необхідно вварити в трубопровід оборотної води бо точки змішування оборотної води та рециркуляційної води. Датчик підключається до відповідних клем пульта управління (ТЕ);

– два датчика тиску Danfoss KP 35(Рис. 2.2.4) для прямої води (для контролю за параметрами тиску води на виході котла більш або менш граничних значень). Встановлюється на штуцери що вварюються в трубопровід прямої води та підключаються до клем аварійного входу пульта управління .



Рисунок Г.2.4 - датчик тиску Danfoss KP 35

Також передбачено встановлення два показуючі термометри на подавальний та оборотний трубопроводи(ТІ) та чотири показуючі манометри по

одному на подавальний та оборотний трубопроводі, та на лінію рециркуляції до і після рециркуляційного насоса.

Для регулювання температури води на виході з випарника та конденсатора вибираємо статичний ПД-регулятор. Встановлюємо датчик марки TUE-48 . (Рис. 2.2.5)



Рисунок Г.2.5 - статичний ПД-регулятор TUE-48

Контролер Regmik RP2-06 (Рис. 2.2.6) призначений для прийому і перетворення сигналів, що надходять від термперетворювачів опору, в значення температури прямої та зворотної води і відображення їх на вбудованому цифровому індикаторі з одночасним регулюванням температури об'єкта по ПД закону.



Рисунок Г.2.6 - Контролер Regmik РП2-06

Функції контролера:

- вимірювання температури об'єкта по двом каналам;
- відображення поточного значення температури на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі з використанням одного каналу;
- регулювання температури гарячої води за допомогою двопозиційного або ПД регулювання;
- управління додатковими пристроями, такими як рециркуляційний насос;
- спрацьовування сигналу "Аварія" при перевищенні встановленого аварійного порогу температури;
- ініціювання сигналів "Аварія 1" і "Аварія 2" при замиканні зовнішніх контактів управління;
- можливість об'єднання регуляторів в єдину мережу для каскадного регулювання; виведення сигналу "Помилка"

ГЗ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА СИГНАЛІЗАЦІЯ

Внаслідок складності великої швидкості протікання технологічного процесу людина не в змозі миттєво визначити виникнення тієї чи іншої критичної ситуації. Доводиться створювати автоматичні пристрої оповіщення, тобто автоматичну сигналізацію – різновидність контролю.

Всю сукупність автоматичних пристроїв створених людиною можна поділити на такі чотири групи:

- Пристрої автоматичного регулювання
- Пристрої і системи автоматичного управління
- Пристрої автоматичного контролю
- Пристрої автоматичного захисту

Важливою ланкою будь-якого автоматизованого процесу являється автоматичний контроль його параметрів. Це звільнює людину від спостереження за технологічним процесом. Пристрої автоматичного

контролю виконують наступні функції:

- Дають кількісну оцінку фізико-хімічних властивостей твердих, рідких і газоподібних тіл (тиск, температура, вологість і т.д.)
- Визначають геометричні розміри деталей в процесі обробки і після неї
- Оцінюють якість виконаних робіт
- Ведуть облік результатів виробництва.

При виході за межі допустимих норм параметрів, які контролюються пристроями автоматичного контролю, пристрої автоматичного контролю зразу сповіщають про це пристрої управління.

Серед систем автоматичного контролю виділяються системи автоматичної сигналізації, які сповіщають людину про хід технологічного процесу , про виникнення аварійних ситуацій.

Пристрої автоматичного захисту теж контролюють деякі параметри технологічного процесу, але при наближенні аварійної ситуації вони не тільки сповіщають про це, а й припиняють технологічний процес.

Автоматично контролюється температура теплоносія, який рухається в тепловій мережі, згідно з температурним графіком.

За допомогою використання частотних регуляторів на насосах забезпечується автоматичне регулювання температури зворотної води на вході в котел.

Параметри вимірювання та контролю функціональних характеристик встановлюються фахівцями і зберігаються у внутрішній пам'яті контролера навіть після відключення живлення завдяки енергонезалежному збереженню

Додаток Д
(довідковий)

Додаток 1
до Настанови (пункт 3.11)

Таблиця Д.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-001-001

на _____ внутрішні санітарно-технічні роботи.

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

770.054 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

0.75560 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

56.290 тис. грн.

Середній розряд робіт

3.5 розряд

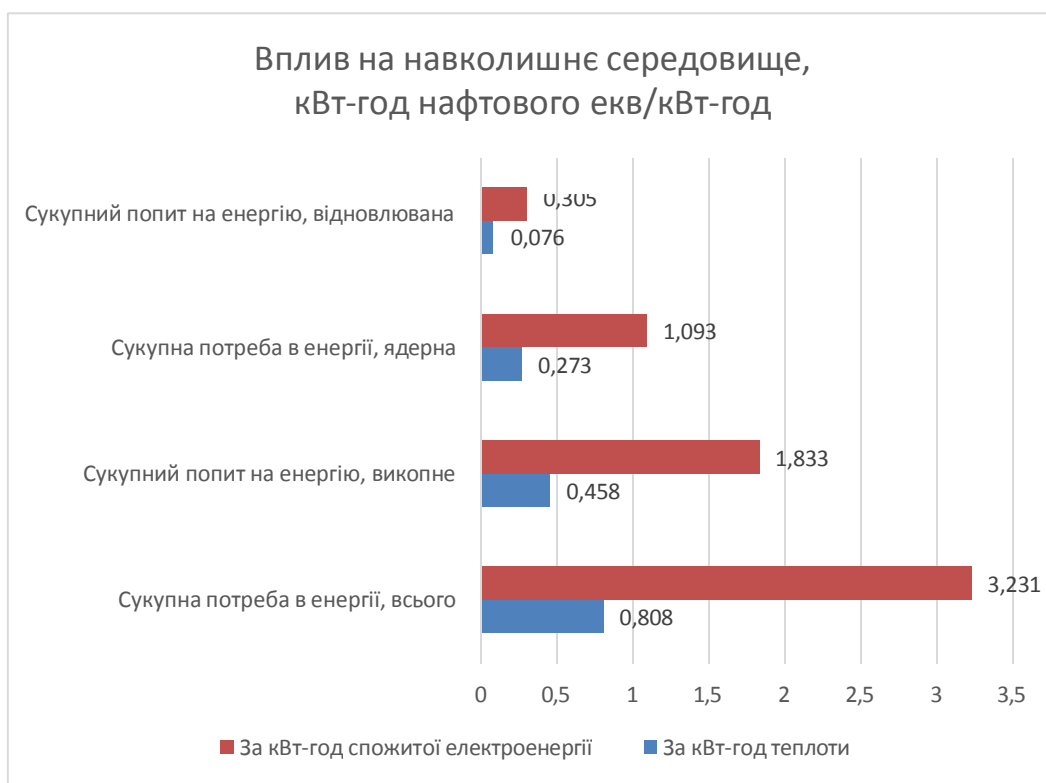
Складений в поточних цінах станом на 5 грудня 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітн ої плати	експлуа- тації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітн ої плати	в тому числі заробітн ої плати
							одиницю				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

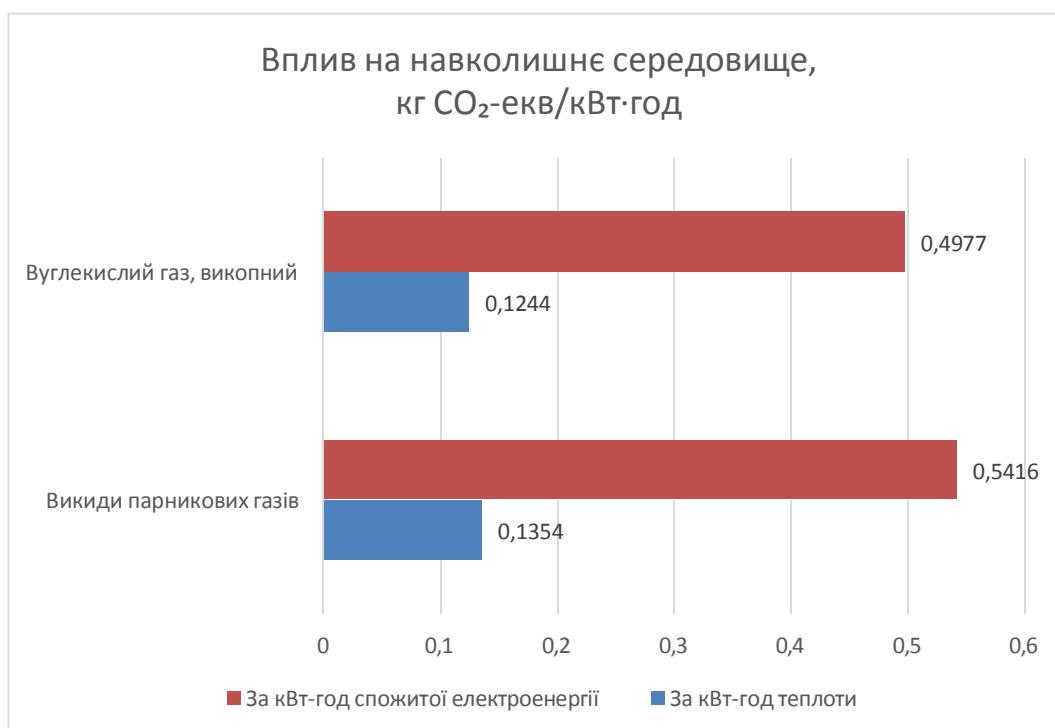
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ18-13-5	Установлення теплового насоса Oilon ChillHeat S 490	1 насос	1.0	178275.01	826.41	178275	3655	826	50.8400	50.84
					3654.89	221.82			222	2.8779	2.88
2	КМ14-215-1	Монтаж теплообмінника пластинчастого марки THERMAKS PTA (GX)-26	шт	1.0	137899.85	10891.38	137900	24515	10891	353.6000	353.60
					24515.09	2825.06			2825	35.9924	35.99
3	КБ18-13-1	Установлення насоса GNF 128, Ду 100	1 насос	2.0	96622.27	162.55	193245	3065	325	21.3200	42.64
					1532.69	38.80			78	0.5002	1.00
4	КБ18-13-2	Установлення насоса 1Д315-5 Ду 100	1 насос	3.0	54226.07	287.34	162678	5765	862	26.7300	80.19
					1921.62	71.91			216	0.9228	2.77
5	КБ16-7-10	Прокладання трубопроводів діаметром 100 мм	100 м трубопроводу	0.252	128723.35	2802.30	32438	2026	706	113.1600	28.52
					8041.15	607.14			153	8.0075	2.02
6	КБ16-15-3	Установлення запірно регулювальної арматури Ду100	шт	17.0	1251.09	135.89	21269	5206	2310	4.2600	72.42
					306.25	29.23			497	0.3809	6.48
7	КБ16-15-3	Установлення зворотніх клапанів діаметром Ду100	шт	2.0	4009.78	135.89	8020	613	272	4.2600	8.52
					306.25	29.23			58	0.3809	0.76
8	КБ18-21-7	Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення діаметром 100 мм	10 фільтрів	0.2	57384.13	1874.91	11477	384	375	26.7300	5.35
					1921.62	446.23			89	5.8719	1.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	КБ16-29-2	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 100 мм	100 м трубопро воду	0.252	886.36	23.21	223	186	6	8.2200	2.07
					739.96	1.05				0.0150	
		Разом прямих витрат по кошторису					745525	45415	16573		644.15
									4138		53.07
		Разом прямі витрати				грн.	745525				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	683537				
		вартість ЕММ				грн.	16573				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		4138			
		заробітна плата робітників				грн.		45415			
		всього заробітна плата				грн.		49553			
		Загальновиробничі витрати				грн.	24529				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					58.38
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		6737			
		Всього по кошторису				грн.	770054				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					755.60
		Кошторисна заробітна плата				грн.		56290			

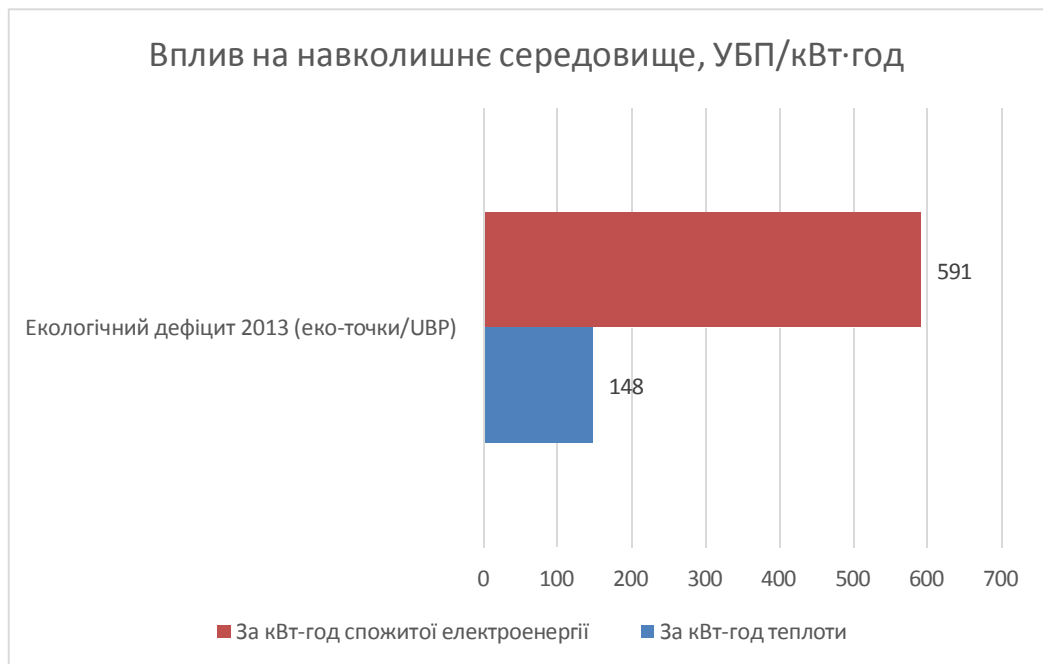
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 4



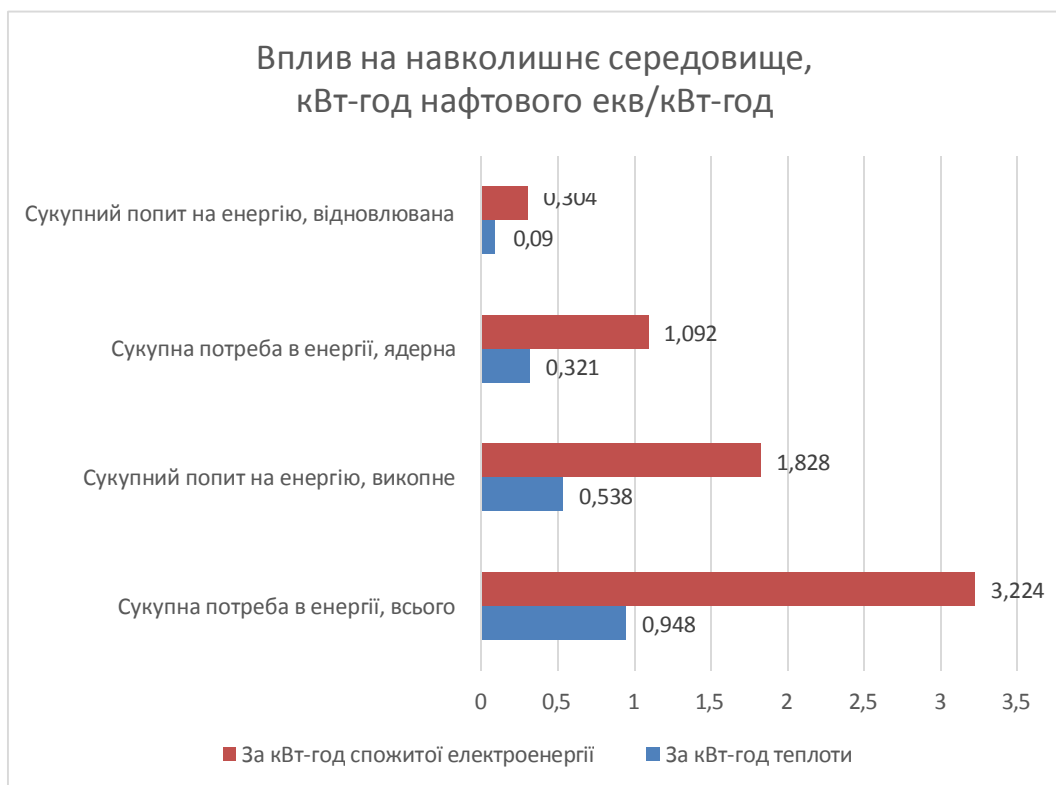
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 4



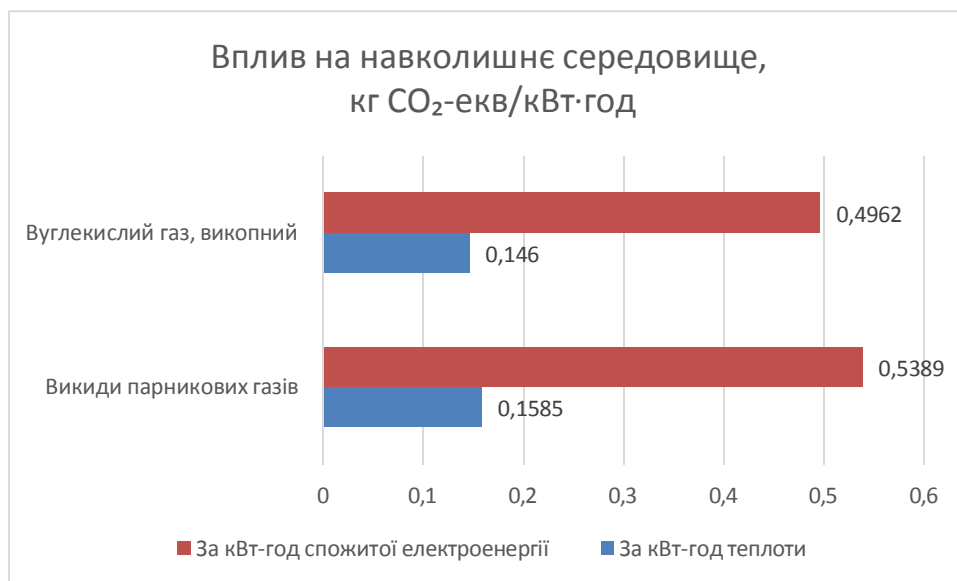
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



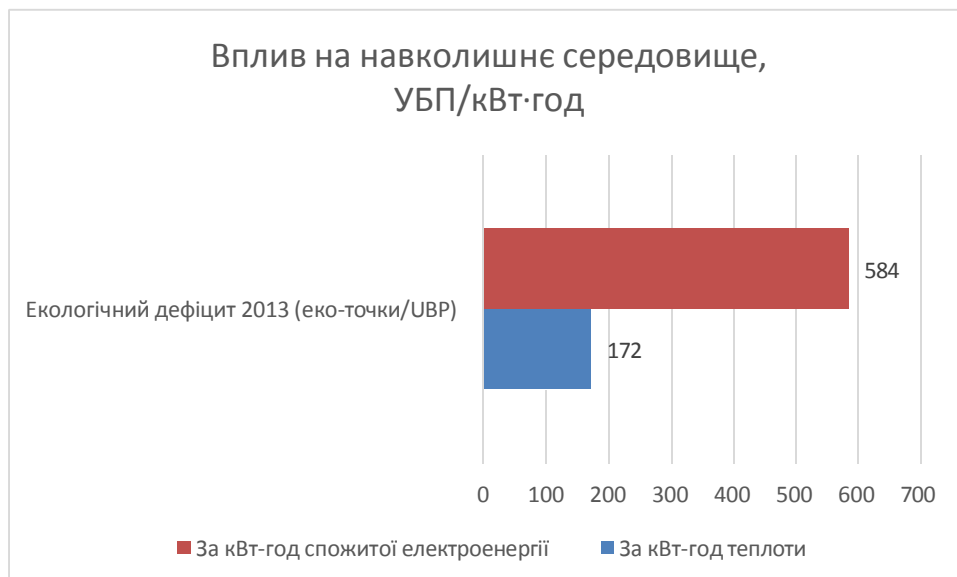
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 4



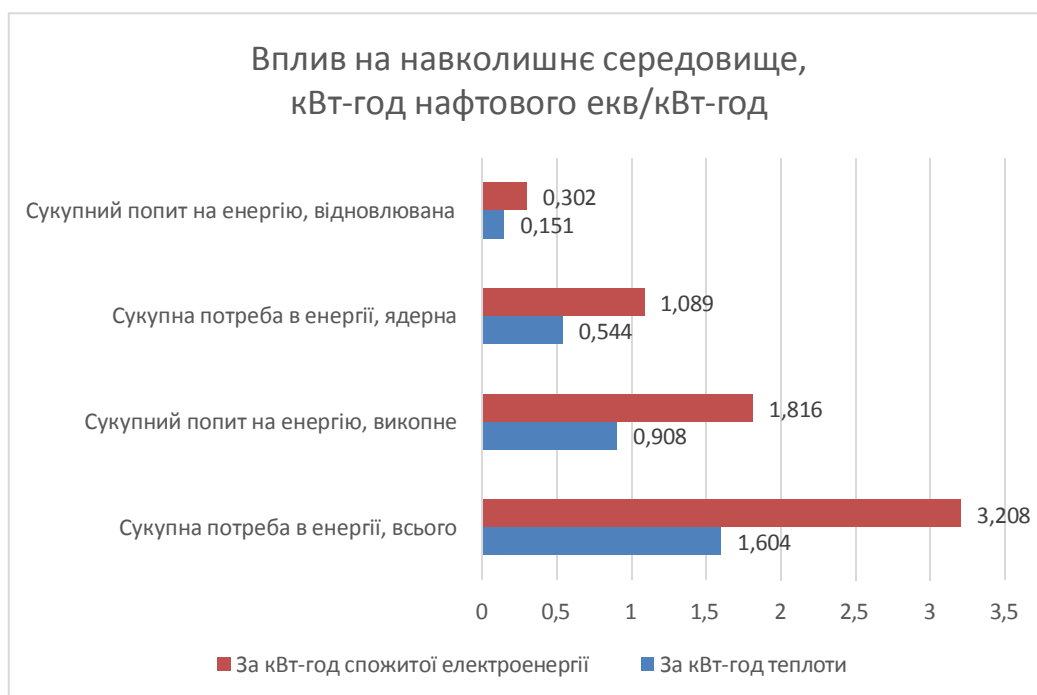
**ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА»
ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 4**



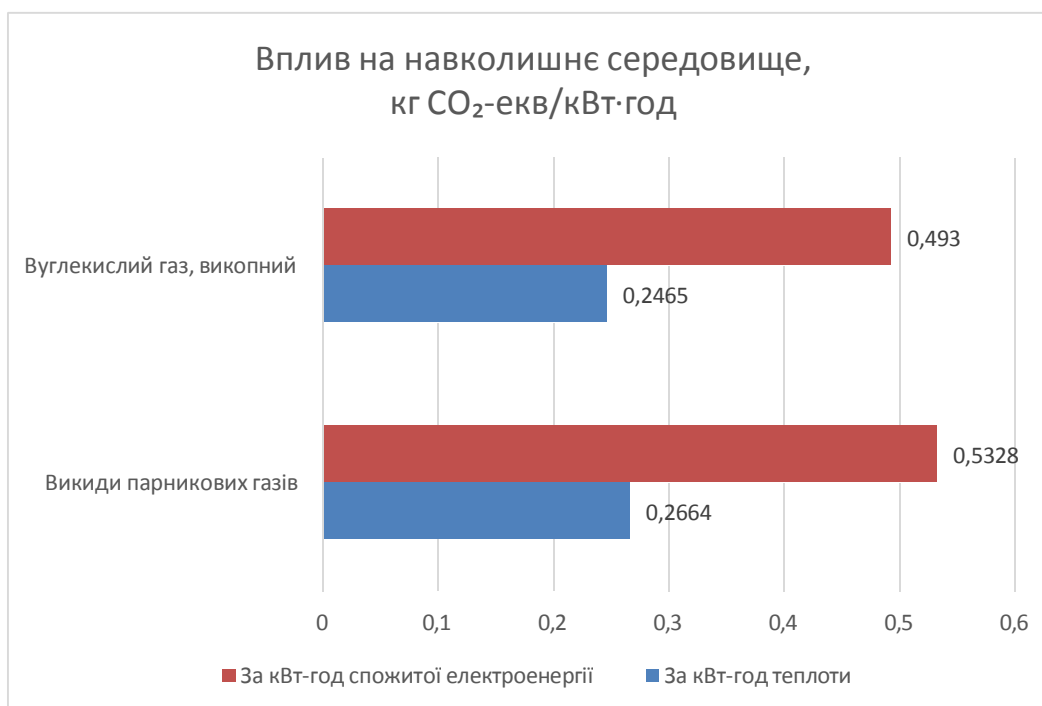
**ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА»
ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 4**



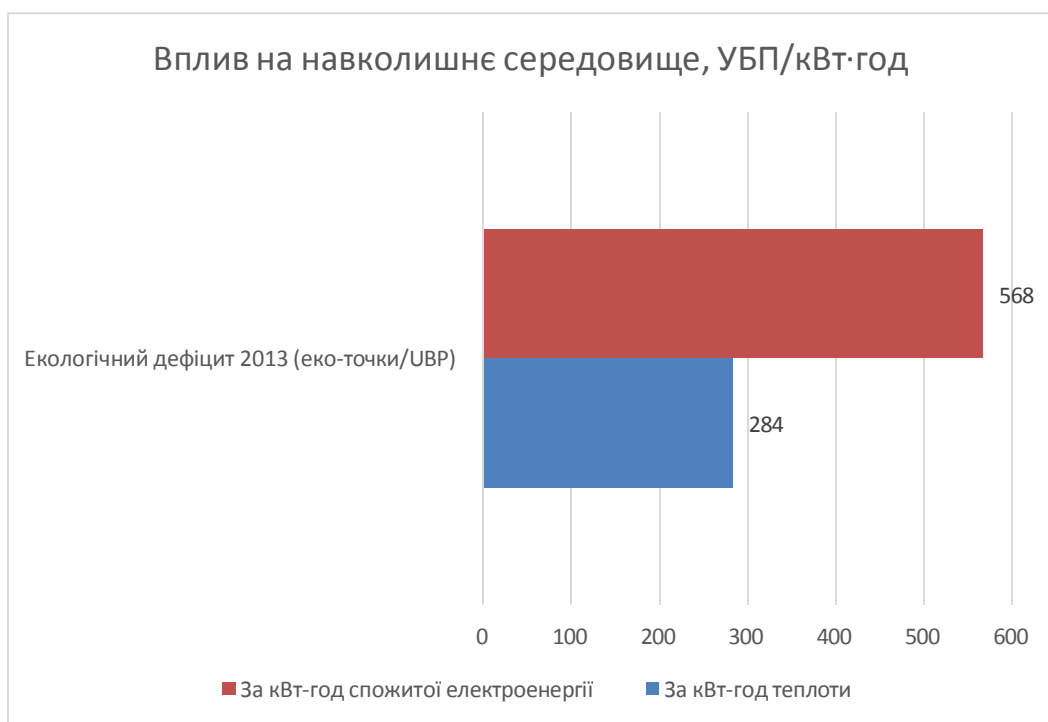
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



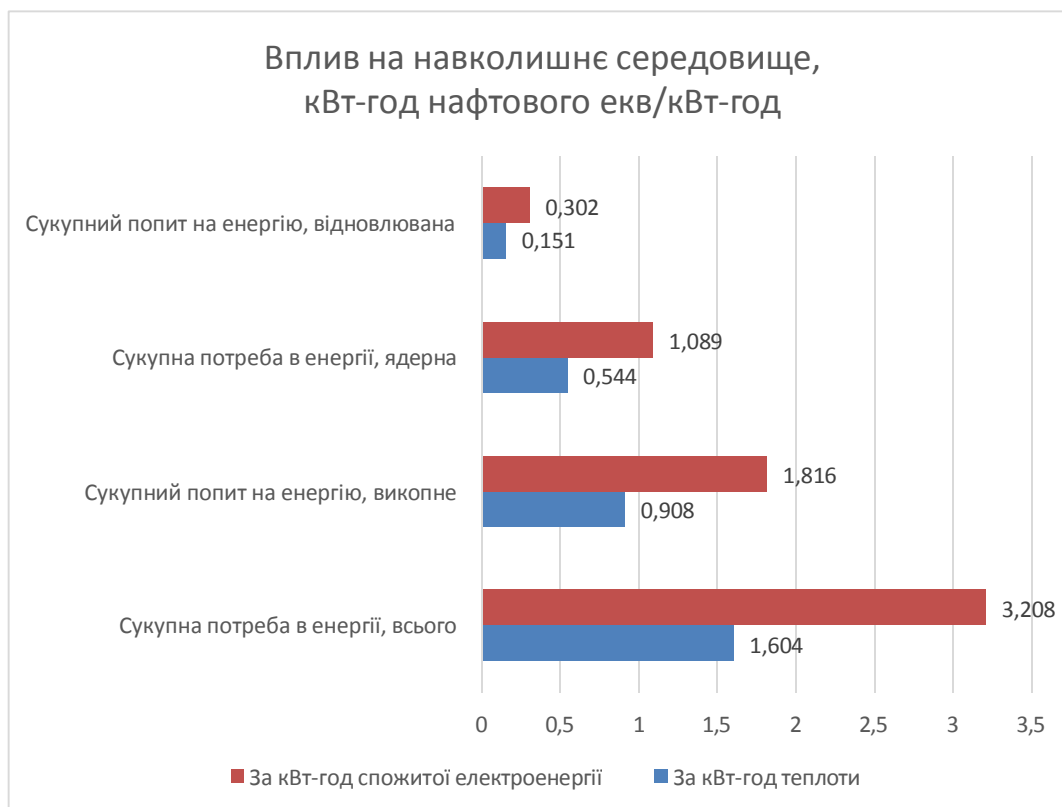
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



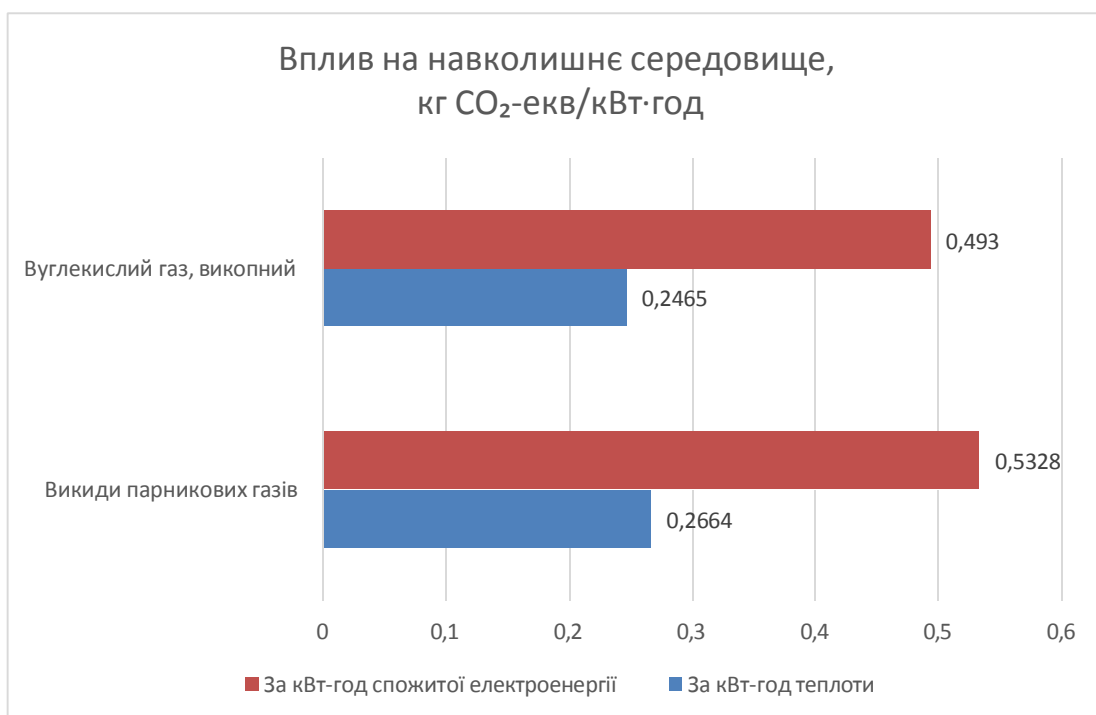
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



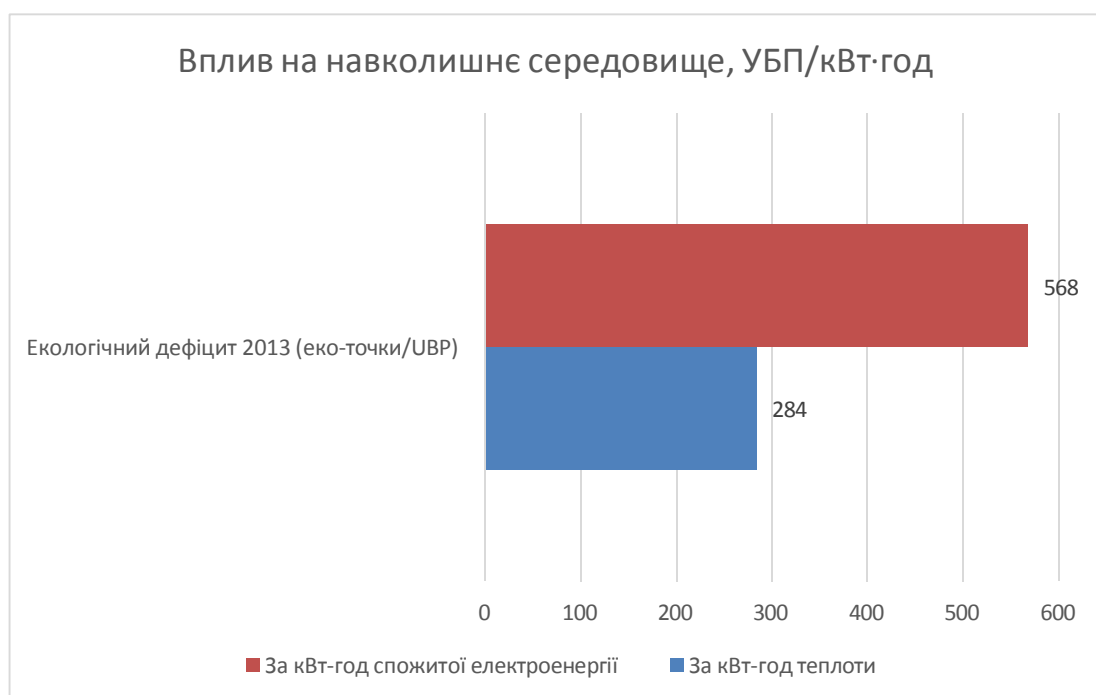
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



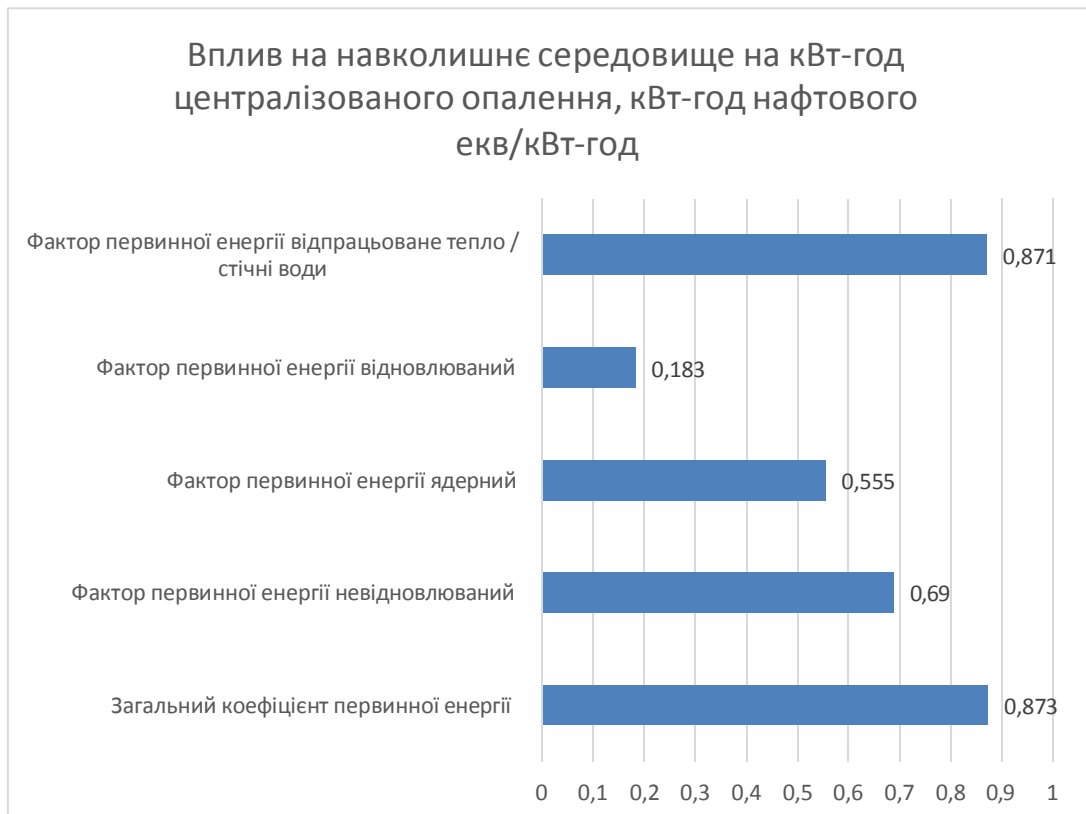
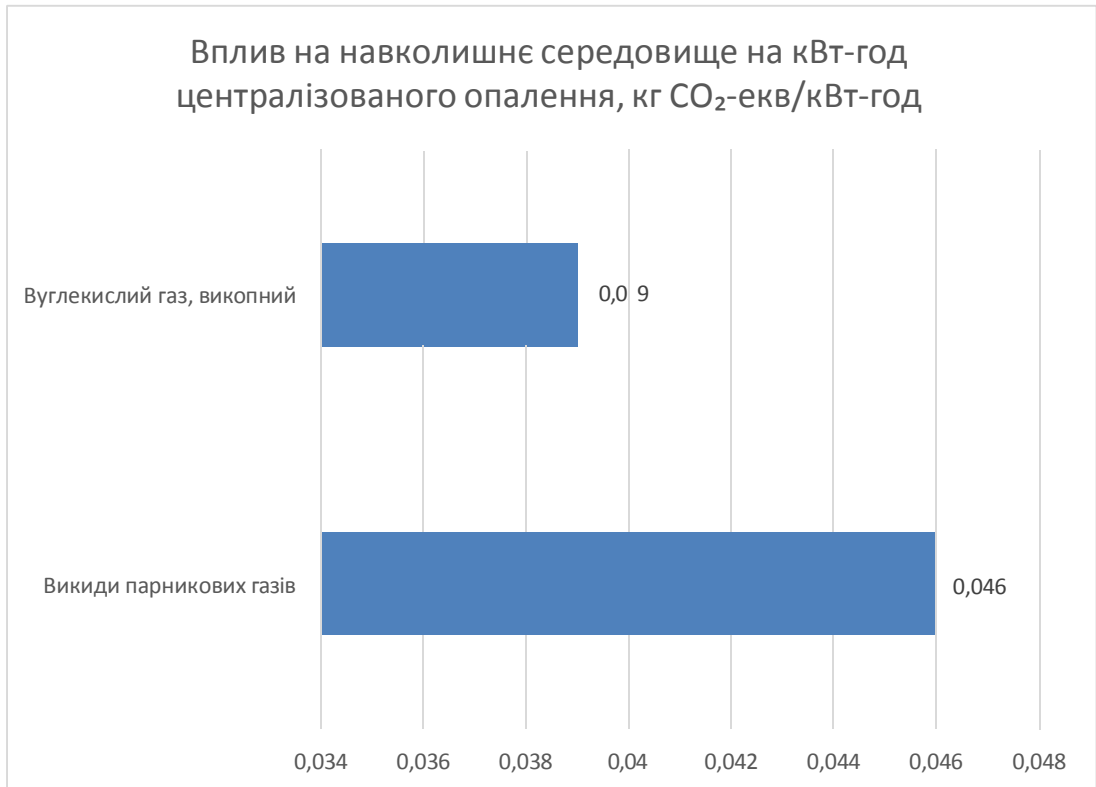
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



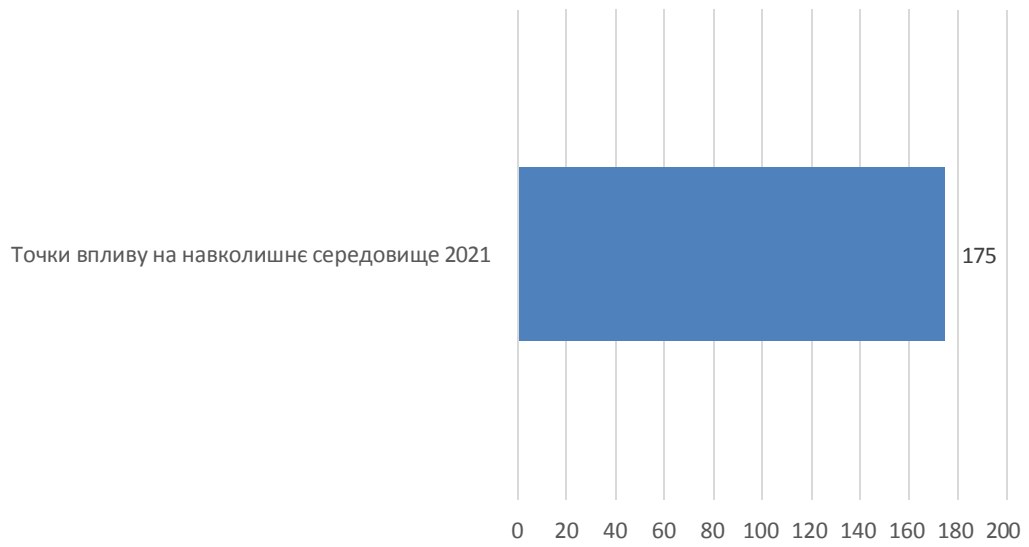
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «СТІЧНІ ВОДИ-ВОДА» ДЛЯ ЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ 2



ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ НА СТИЧНИХ ВОДАХ

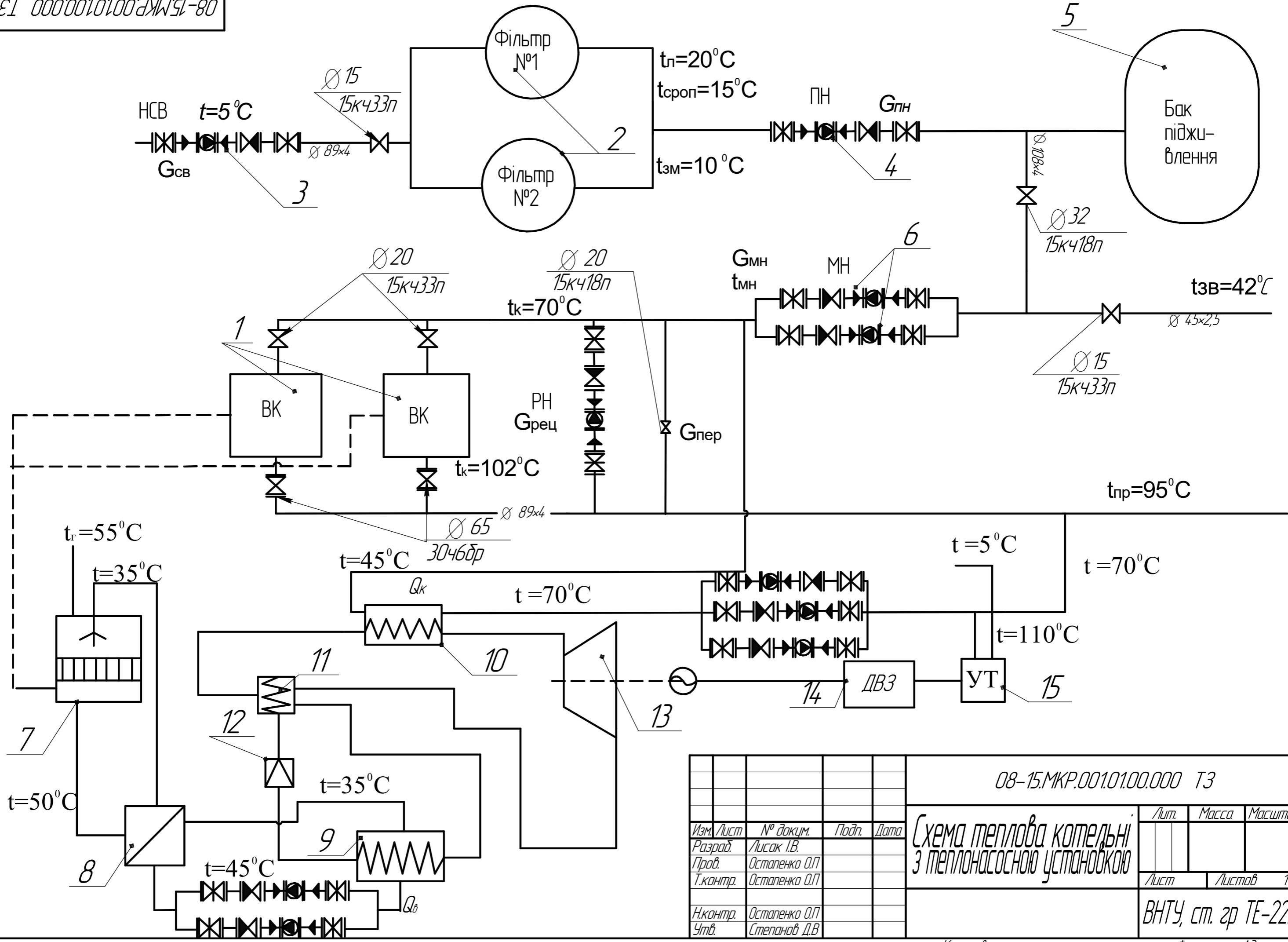


Вплив на навколишнє середовище на кВт-год
централізованого опалення, УВР/кВт-год



08-15.МКР.001.01.00.000 Т3

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инд. № дюрл.
Взам. инв. №
Инд. № инв.
Подп. и дата
Инд. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисак І.В.			
Проб.	Остапенко О.П.			
Т.контр.	Остапенко О.П.			
Н.контр.	Остапенко О.П.			
Утв.	Степанов Д.В.			

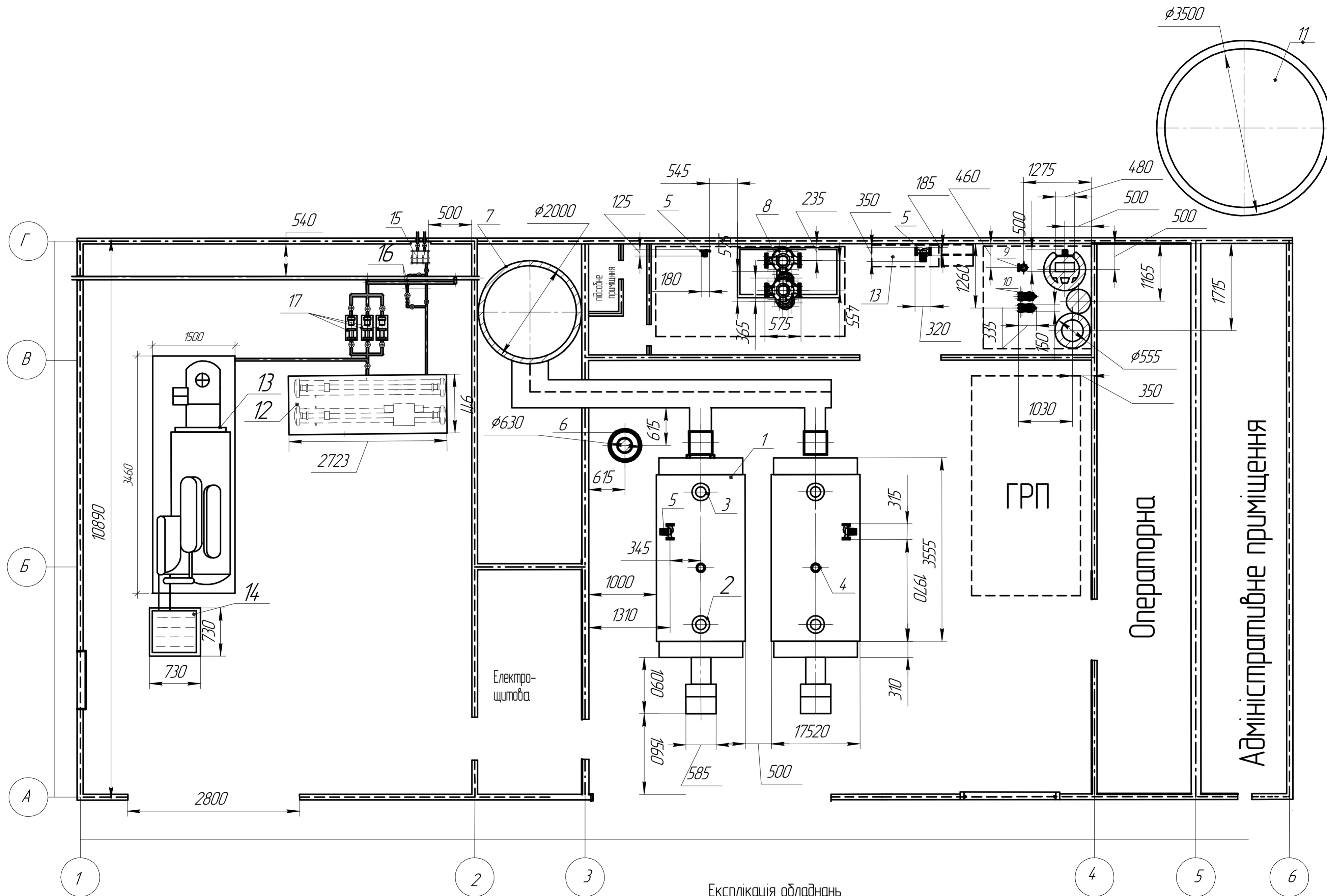
08-15.МКР.001.01.00.000 Т3

Схема теплової котельні з теплонасосною установкою

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

ВНТУ, ст. зр ТЕ-22М

Копировал
Формат А3



Експлікація обладнання

Позначення	Назва	К-ть	Примітка	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
11	Підживлювальний бак	1		1	Котел Колві 3000	2	
12	Теплонасосна установка	1		2	Патрубок прямого вводу води	2	
13	Двигун внутрішнього згорання	1		3	Патрубок оборотної води	2	
14	Утилізатор теплоти	1		4	Підключення ПСК	2	
15	Теплообмінник	1		5	Циркуляційний насос	4	
16	Конденсаційний насос	2		6	Розширювальний бак	1	
17	Випарний насос	3		7	Димова труба	1	
				8	Система насосів	1	
				9	Насос підживлювальний	2	
				10	Двигуни	2	

08-15.МКР.001.02.00.000 АР

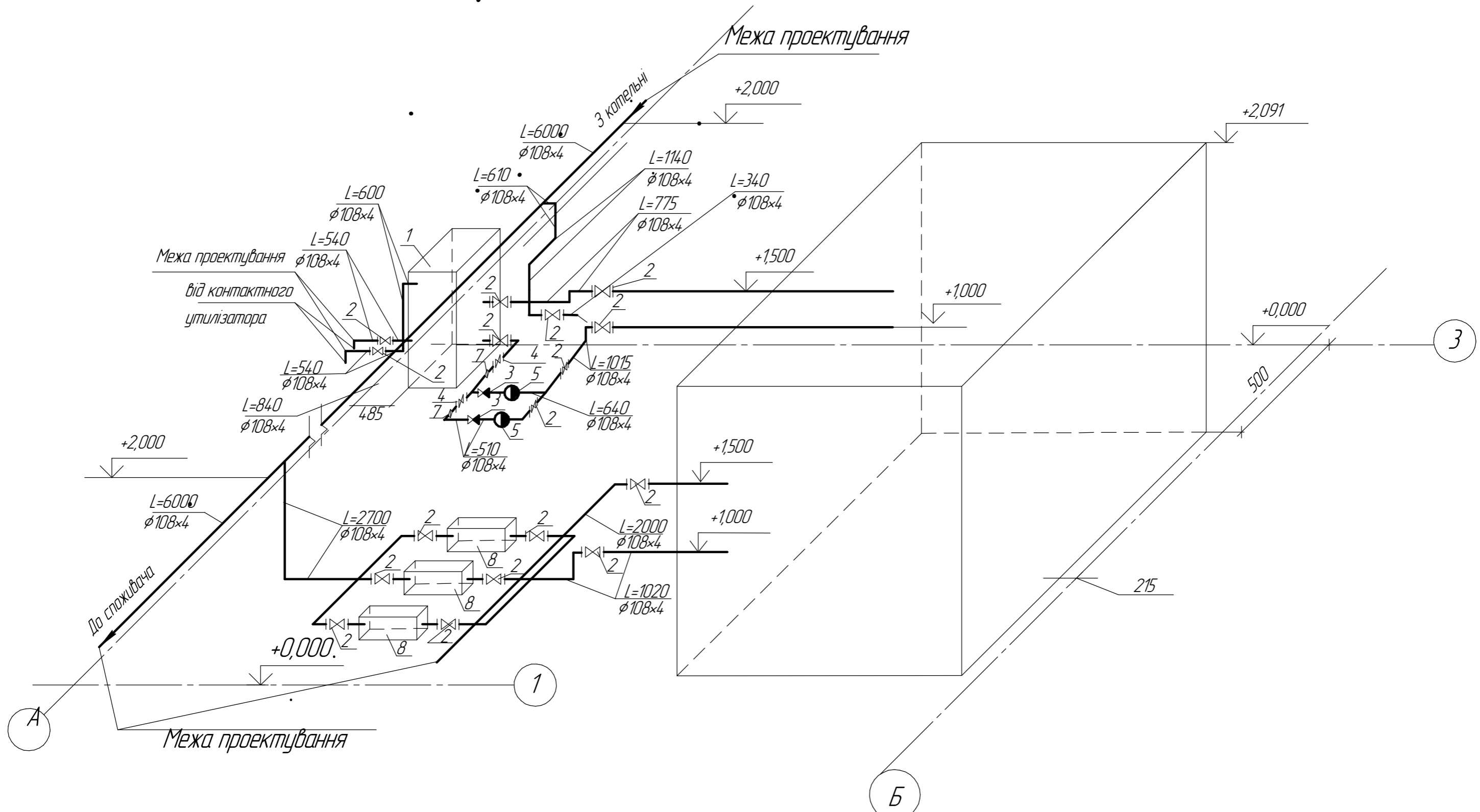
м.Вінниця

Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця

План котельні з теплонасосною установкою

ВНТУ ст.гр. ТЕ-22М

Соголасовано
Взам. инд. №
Побл. и дата
Инд. № побл.



Согласовано

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

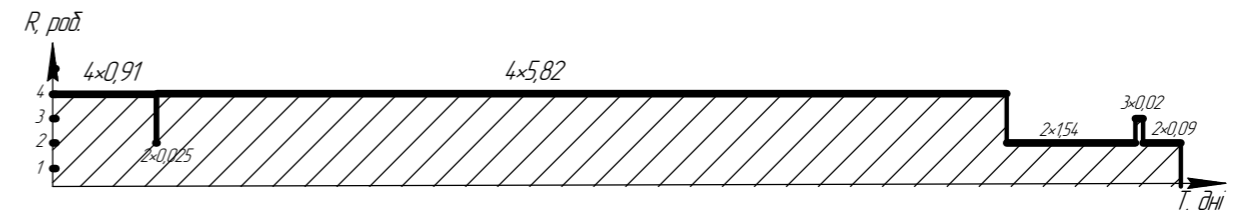
						08-15.МКР.001.03.00.000 Т8			
						м.Вінниця			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Вінниця	Стадія	Лист	Листов
Разраб.			Лисак І.В.						1
Проб.			Остапенко О.П.						
Т.контр.			Остапенко О.П.						
Н.контр.			Остапенко О.П.						
Утв.			Степанов Д.В.						
						Схема монтажна аксонометрична		ВНТУ, ст. гр. ТЕ-22м	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВНИМИ ГРАНУЛАМИ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ

2022															2023															
Грудень															Січень															
1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	28	29	30	31	4	5	6	8	11	12	13	14	15

№ п/п	Найменування робіт	Одін. вим.	Об'єми	Норма часу год/2год	Трудо-міст-кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива-лість	1-31																														
1	Переміщення деталей до приміщення котельні та їх складування	т	6,680	4,4	1,26	3 робітники 1 вадів	4	0,91	4x0,91																														
2	Розмітка місць, де будуть прокладені трубопроводи	100 м	0,252	1,6	0,05	Монтажник 6,3 розряд	60-1 30-1	0,025	2x0,025																														
3	Монтаж теплового насоса Oton ChillHeat S 490	шт	1	54,8	4,19	Монтажник 3,7 розряд	70-1 40-1	1,05	4x1,05																														
4	Встановлення пластинчастого теплообмінника марки THERMAX PTA/GX-26	шт	1	48,3	5,48	Монтажник 3,7 розряд	70-1 40-2 30-1	1,37	4x1,37																														
5	Монтаж насоса GNF 128 Ду 100	шт	2	21,3	5,33	Монтажник 3,7 розряд	70-1 40-1	1,33	4x1,33																														
6	Монтаж насоса 1D315-5 Ду 100	шт	3	21,3	7,99	Монтажник 3,7 розряд	70-1 40-2 30-1	2	4x2																														
7	Прокладання трубопроводів діаметром 108x4 мм виготовлених зі сталі	100 м	0,252	4,87	0,93	Ел.зварювальник 6,5 розряд сл.-сантехнік 4 розряд	50-1 40-2 30-1	0,07	4x0,07																														
8	Встановлення запіра регульованої арматури діаметром Ду100	100 шт	0,17	2,41	0,03	Монтажник 3,5 розряд	60-1 30-1	0,03	3x0,03																														
9	Встановлення зворотніх клапанів діаметром Ду100	100 шт	0,02	2,41	0,006	Монтажник 3,5 розряд	60-1 40-1	0,03	3x0,03																														
10	Встановлення фільтрів для грубої очистки діаметром Ду100	шт	2	11,8	2,95	Монтажник 3,5 розряд	50-1 40-1 30-1	1,48	2x1,48																														
11	Перше робоче випробування окремих частин установки	шт	0,252	2,31	0,08	Монтажник 3,4,5 розряд	50-1 40-1 30-1	0,02																															
12	Робоча перевірка системи в цілому	100м	0,252	2,4	0,08	Слюсар сантехнік 5 розряд	50-2	0,04																															
13	Кінцева перевірка системи і здача об'єкта в експлуатацію	100м	0,0455	2,4	0,08	Слюсар сантехнік 5 розряд	50-2	0,04																															
14	Підвернення допоміжного обладнання на склад монтажної організації	т	0,252	2,6	0,02	Робітник вадів	2	0,01																															

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

МАЗ-4371СО-521-000																															
МАЗ КС - 3577																															
Дніпро-М																															
Makita HR 24.70																															
Makita GA7060																															

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$Q_{заг}$	Q_1	156,11	люд*дні
2	$T_{заг}$	-	30,29	дні
3	R_{max}	-	4	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{заг}/T_{заг}$	5,16	люд
5	$T_{вст}$	-	30,7	дні
6	\pm_1	$R_{сер}/R_{max}$	0,78	-
7	\pm_2	$T_{вст}/T_{заг}$	1	-

08-15.МКР.001.04.00.000 AP					
м. Вінниця					
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Лисак І.В.				
Перев.	Остапенко О.П.				
Т. контр	Остапенко О.П.				
Н. контр	Остапенко О.П.				
Утв.	Степанов Д.В.				
Календарний план монтажу					ВНТУ, ТЕ-22М

Соголасовано

Взам. инв. №

Полп. и дата

Инв. № подл.

