

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ
В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-20м
спеціальності

144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Кирилюк Є. Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Опонент Сердюк В. Р.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Допущено до захисту

В. о. завідувача кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

Вінниця ВНТУ - 2021 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 - теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри ТЕ

_____ Дмитро Степанов
“ _____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кирилюку Євгенію Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»

керівник роботи – Остапенко Ольга Павлівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 277 від 24.09.2021 р.

2. Строк подання студентом роботи 14.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи:

тиск та температура пари на технологічні споживачі $P_{сп} = 1,2$ МПа, $t_{сп} = 188$ °С.

Витрата пари на:

– технологічні споживачі 1 – $D_{сп1} = 1,1$ кг/с;

– технологічні споживачі 2 – $D_{сп2} = 2,2$ кг/с.

Потужність системи опалення $Q_{со} = 200$ кВт;

Частка повернення конденсату від споживача 1 – 75%, від споживача 2 та опалення – 100%;

Температура зворотного конденсату: $t_{к1} = t_{к2} = 90$ °С.

Температура живильної води: $t_{жв} = 104$ °С.

Температура води після ХВО: $t_{хво} = 40$ °С.

Температура конденсату після ХВО: $t_{хво.к} = 90$ °С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналітичний огляд літературної інформації з технологій підвищення ефективності енерговикористання; дослідження та оцінка ефективності використання традиційних та альтернативних палив та технологій спалювання в тепловій схемі котельні фермерського господарства. Методика та результати досліджень; практичні рекомендації щодо підвищення ефективності енерговикористання для теплової схеми котельні фермерського господарства; аналіз економічної ефективності встановлення нового обладнання в тепловій схемі котельні; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): аксонометрична схема монтажу нового обладнання, план розташування обладнання та трубопроводів, план розташування обладнання та трубопроводів (розрізи 1 – 1, 2 – 2), календарний план монтажних робіт, функціональна схема автоматизації парової котельні, техніко-економічні показники, графічні залежності (1 – 4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз економічної ефективності встановлення нового обладнання в тепловій схемі котельні	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І. М., к.пед.н., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 27.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної інформації з технологій підвищення ефективності енерговикористання	27.09.21 – 21.10.21	
2	Дослідження та оцінка ефективності використання традиційних та альтернативних палив та технологій спалювання в тепловій схемі котельні фермерського господарства. Методика та результати досліджень	1.10.21 – 21.10.21	
3	Практичні рекомендації щодо підвищення ефективності енерговикористання для теплової схеми котельні фермерського господарства	22.10.21– 26.11.21	
4	Аналіз економічної ефективності встановлення нового обладнання в тепловій схемі котельні	15.11.21 – 30.11.21	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.21– 14.12.21	
6	Нормоконтроль МКР	14.12.21– 15.12.21	

Студент _____ **Кирилюк Є. Р.**

Керівник роботи _____ **Остапенко О.П.**

Опонент _____ **Сердюк В. Р.**

УДК 621.577

АНОТАЦІЯ

Кирилюк Є. Р. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні фермерського господарства. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 –теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2021. 98 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 122 назв; рис.:47; табл. 14

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з підвищення ефективності енерговикористання та визначення енергоефективних режимів роботи в тепловій схемі котельні фермерського господарства з когенераційно-теплонасосними установками, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі.

Графічна частина складається з 10 креслень та плакатів з результатами моделювання.

Ключові слова: ефективність енерговикористання, теплова схема, котельня.

UDC 621.577

ANNOTATION

The master's qualification work deals with issues of improving energy efficiency and determining energy efficiency modes in the thermal scheme of the boiler room with cogeneration and heat pumping units, estimating energy savings from the use of CP3III in the thermal scheme.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ.....	
1.1 Технології генерування енергії в системах централізованого Теплопостачання.....	
1.2 Використання відновлюваних джерел енергії в системах централізованого теплопостачання.....	
1.3 Підвищення енергоефективності	
1.4 Висновки та формулювання задач дослідження у МКР.....	
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
3 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	
3.1 Обґрунтування вибору варіанту з підвищення енергетичної ефективності.....	
3.2 Схема автоматизації парової котельні фермерського господарства.....	
3.3 Технологія монтажу обладнання в тепловій схемі котельні парової котельні фермерського господарства.....	
3.4 Програмне та математичне забезпечення розрахунків ефективності нового обладнання.....	
4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ НОВОГО ОБЛАДНАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ.....	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Розрахунок наслідків вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	
ДОДАТОК А (обовязковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	
ДОДАТОК Б (довідковий). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ.....	
ДОДАТОК В (довідковий) ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОТЕЛЬНІ.....	
ДОДАТОК Г (довідковий). ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ТЕПЛОАСОСНОЇ УСТАНОВКИ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ.....	
ДОДАТОК Д (довідковий). ЛОКАЛЬНИЙ КОШТОРИС НА МОНТАЖНІ РОБОТИ.....	

ВСТУП

Актуальність роботи. Енерго- та ресурсозбереження і охорона довкілля є пріоритетними напрямками розвитку фундаментальних досліджень в області споживання паливно-енергетичних ресурсів. В енергетичному комплексі України частка споживання природного газу все ще залишається на високому рівні. Більше половини енергетичних проблем країни вирішується за рахунок спалювання природного газу. У світлі енергетичної кризи актуальним стає питання ефективного споживання енергоносіїв та впровадження новітніх енергозберігаючих технологій. Використання когенераційних та тепловососних технологій сприятиме економії викопного палива та захисту навколишнього середовища за рахунок зниження теплового забруднення та кількості шкідливих викидів продуктів згорання.

Метою МКР є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні фермерського господарства та визначення енергетично та економічно ефективних режимів роботи теплової схеми котельні з новим обладнанням, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства.

Завдання МКР:

- дослідити засоби з підвищення ефективності енерговикористання теплової схеми котельні фермерського господарства;
- провести дослідження, визначити енергетично ефективні та економічно обґрунтовані режими та умови застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства;
- розробити рекомендації із підвищення енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні фермерського господарства із застосуванням нового обладнання.

Об'єкт дослідження – ефективність енерговикористання в тепловій схемі котельні фермерського господарства.

Предметом дослідження є процеси в елементах теплової схеми котельні та нового обладнання, що забезпечують підвищення енергоефективності в тепловій схемі котельні фермерського господарства.

Наукова новизна:

- проведено апробацію методу комплексного оцінювання теплових схем з когенераційними та теплонасосними установками, з використанням показників ефективності теплових схем, з метою визначення режимів енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні;

- дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергетично та економічно ефективної інтеграції теплових схем котельних з когенераційними та теплонасосними установками в теплоенергетичну галузь в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування нового обладнання в теплових схемах котельних.

Методи дослідження. Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні з КТНУ визначалися з використанням програми SOLKANE Refrigerants 8.0, адекватність результатів якої підтверджено характеристиками обладнання та холодоагентів за даними фірм-виробників.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні числових досліджень МКР, розробці методичних рекомендацій з оцінки та підвищення енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні з КТНУ, встановленні енергетичного та економічного ефекту від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні.

Зв'язок МКР з науковими програмами, планами, темами. Тематика досліджень МКР відповідає науковому напрямку досліджень кафедри

теплоенергетики ВНТУ: «Синтез комбінованих теплоенергетичних установок, теплотехнологічних систем та устаткування».

Апробація результатів роботи.

Матеріали та результати досліджень доповідалися на Міжнародній, всеукраїнській та регіональній наукових конференціях.

Публікації. Результати проведених досліджень опубліковані в трьох наукових публікаціях здобувача [1-3] у збірниках матеріалів конференцій.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

1.1 Технології генерування енергії в системах централізованого теплопостачання

Системи централізованого теплопостачання є важливою частиною декарбонізації сектора опалення, оскільки вони дозволяють інтегрувати гнучкі та чисті джерела енергії в енергетичний комплекс, що може бути складним завданням на рівні окремої будівлі в міських густонаселених районах. Хоча багато міст вже впроваджують рішення для централізованого теплопостачання з низьким викидами вуглецю, сьогодні близько 90% глобального виробництва централізованого тепла все ще залежить від викопного палива.

У сценарії чистих нульових викидів до 2050 року сукупна частка відновлюваних джерел енергії та електроенергії в глобальному централізованому теплопостачанні разом збільшується з 8% сьогодні до приблизно 35% у поточному десятилітті, допомагаючи скоротити викиди вуглекислого газу від виробництва тепла більш, ніж на одну третину [4 – 6].

Системи централізованого теплопостачання функціонують з кінця 1870-х років, в основному в районах з високим і стабільним попитом на тепло. Багато будівель і промислових об'єктів покладаються на централізоване теплопостачання, починаючи від великих міських мереж у Пекіні, Сеулі, Мілані та Стокгольмі до менших мереж, таких як університети та медичні кампуси.

Системи централізованого теплопостачання є важливими рішеннями для декарбонізації сектору опалення в сценарії чистих нульових викидів до 2050 року. Сучасні мережі з низькою робочою температурою можуть інтегрувати 100% відновлюваних джерел енергії для забезпечення енергоефективності будівель, особливо в областях, де децентралізовані рішення не дозволяють пряму

інтеграцію доступних чистих джерел енергії або ефективну роботу, наприклад, через обмеженість простору або інфраструктури.

На рис. 1.1 показано встановлену потужність обладнання у Європейському Союзі у 2000-2010 рр. та прогнози до 2040 р. у сценарії заявленої політики.

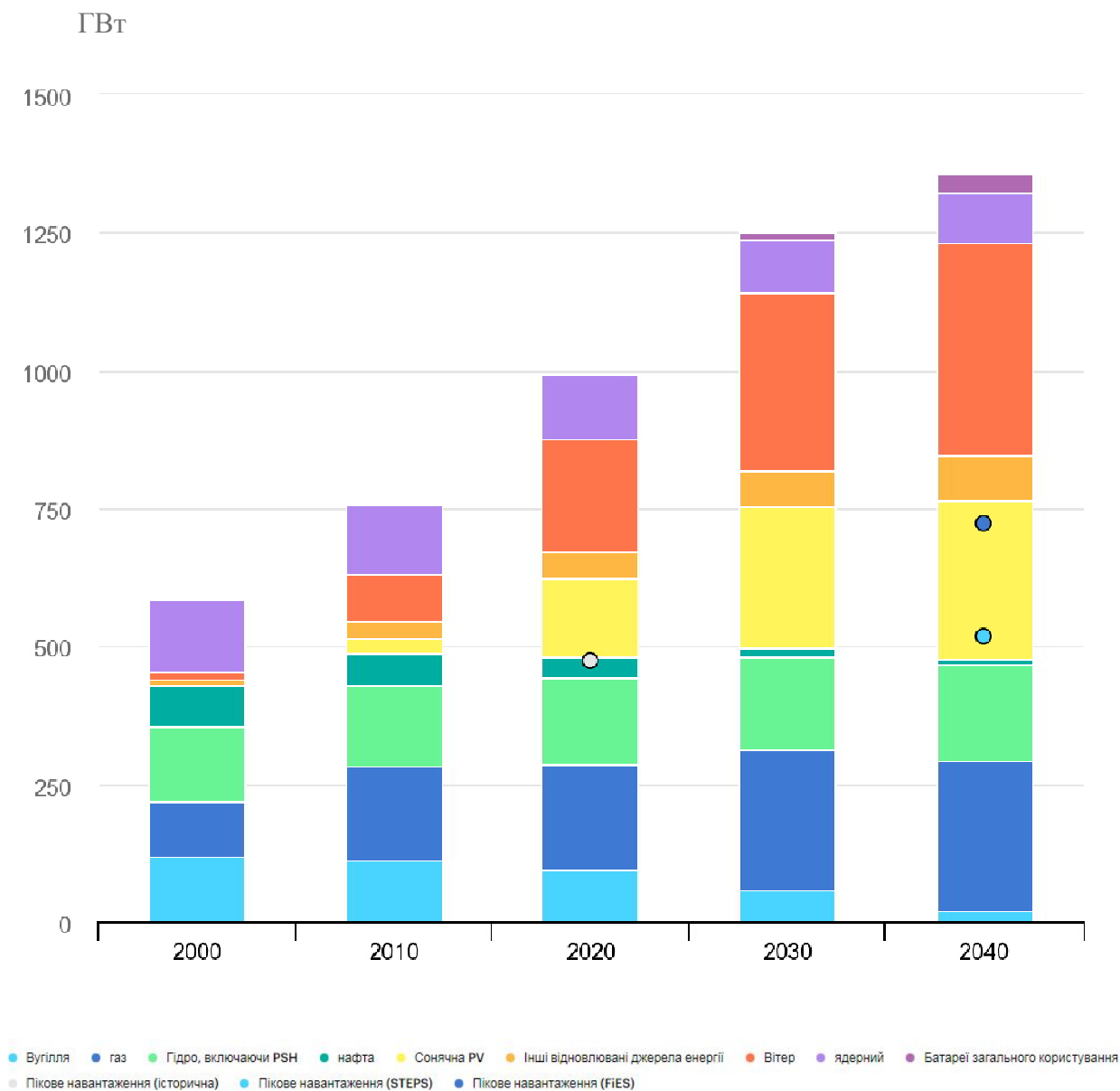


Рис. 1.1 - Встановлена потужність обладнання у Європейському Союзі у 2000-2010 рр. та прогнози до 2040 р. у сценарії заявленої політики

На рис. 1.2 показано обсяги виробництва централізованого тепла за регіонами у 2020 р та середньосвітові значення вуглецевої інтенсивності викидів централізованого теплопостачання в нульовому сценарії на період 2020-2030 рр.

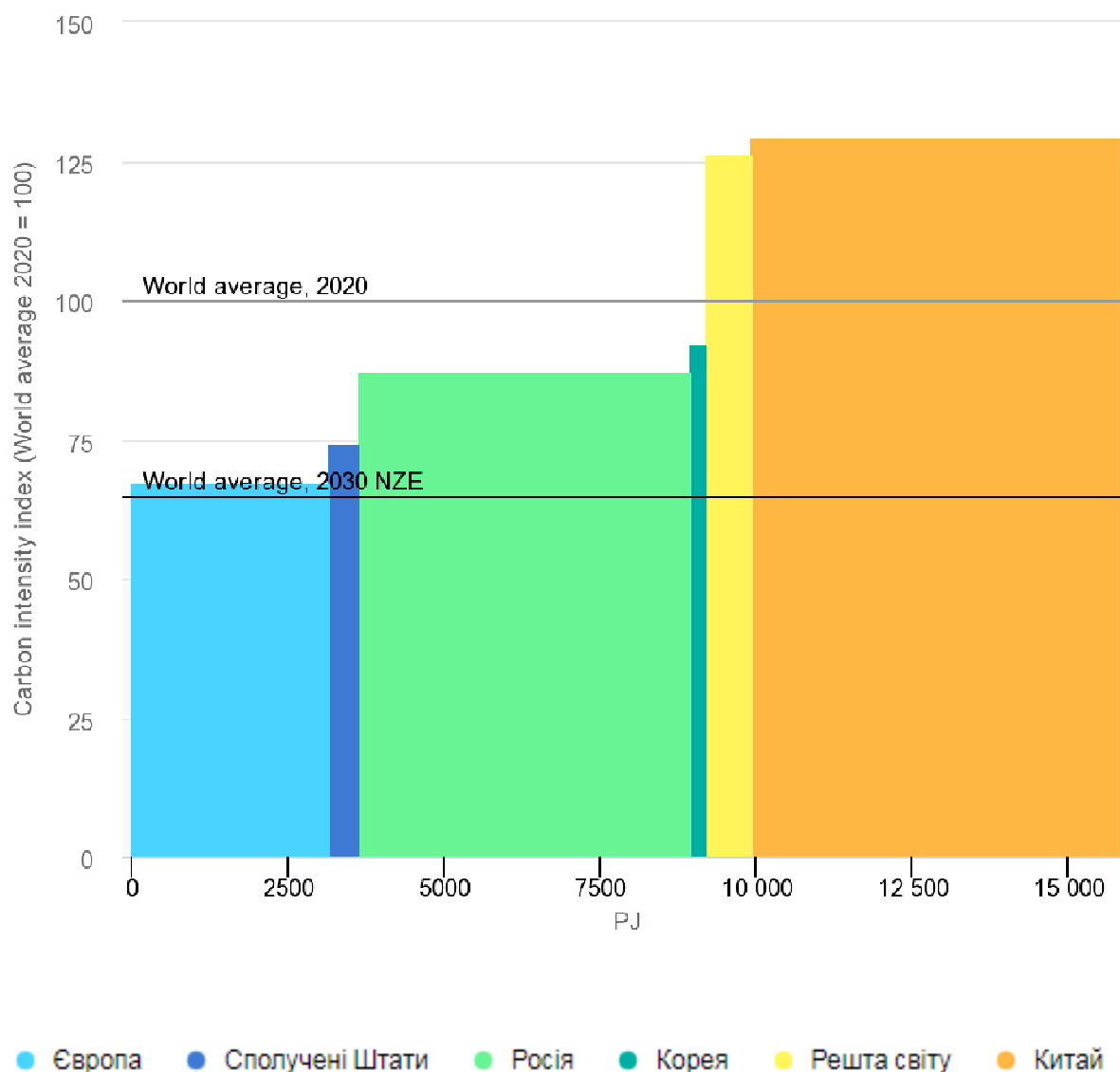


Рис. 1.2 - Обсяги виробництва централізованого тепла за регіонами у 2020 р та середньосвітові значення вуглецевої інтенсивності викидів централізованого теплопостачання в нульовому сценарії на період 2020-2030 рр.

Мережі централізованого теплопостачання, що працюють на електриці, також можуть запропонувати послуги гнучкості електричної мережі за допомогою відповіді на попит. Однак, незважаючи на ці переваги, потенціал централізованого теплопостачання з рішеннями з низьким викидами вуглецю залишається значною мірою невикористаним, і майбутні системи потребують переробки, щоб адаптуватися та відповідати новим умовам теплопостачання.

Світове виробництво централізованого опалення становило 16 ЕДж тепла у 2020 році, що на 30% перевищило рівень 2000 року при річному прирості змішаних показників приблизно на 1,3% (або 2,4% за умови нормалізації для кліматичних умов). Вражаюче зростання на 2,3% з 2019 по 2020 рік було спричинено головним чином Китаєм і частково Кореєю (по 7%).

Китай, Росія та Європа відповідають за понад 90% світового виробництва централізованого тепла, а отже, критично впливають на середню вуглецеву інтенсивність централізованого опалення. Китай мав найбільше зростання з 2000 року, до 2020 року він збільшив показник більш, ніж учетверо і є найбільшим у світі виробником (відповідальний за понад 35% світового виробництва централізованого тепла). Цей сектор також зростає в США та Кореї. В Кореї виробництво централізованого тепла швидко розширилося, майже вдвічі з 2000 року [7 – 9].

Перед постачанням частина виробленого тепла втрачається в процесі розподілу. Багато мереж, які працюють сьогодні, розподіляють тепло по трубах під тиском при температурі подачі понад 80°C, при цьому втрати коливаються від 10% до 30% і більше в найбільш неефективних системах. Оновлення існуючих мереж у напрямку зниження робочих температур, покращення ізоляції трубопроводів та інтеграція рішень цифровізації значно зменшує втрати тепла.

Майже 40% тепла, що виробляється в усьому світі на централізованих опалювальних установках, надходить у промисловий сектор, що також впливає на здатність мережі знижувати температуру розподілу, оскільки промислові споживачі часто потребують високотемпературного тепла. Використання

теплових насосів для підвищення температури на місцевих об'єктах може бути запропоноване в таких випадках.

Китай є лідером у централізованому теплопостачанні, у 2020 році в його промисловому секторі споживалося понад 50% глобального централізованого тепла, порівняно з 34% у 2010 році [10 – 13].

У глобальному масштабі централізоване теплопостачання забезпечує відносно невелику частку тепла, що використовується в будівлях, лише 8,5% від споживання теплової енергії сектором – частка, яка залишається вражаюче постійною з 2000 року. Однак, хоча середня світова частка є низькою, централізоване тепло охоплює значну частину тепла, що постачається в будівлі в деяких європейських країнах, таких як Данія та Швеція (понад 45%).

Незважаючи на зростання ринку, потенціал централізованого теплопостачання з низькими викидами вуглецю залишається значною мірою невикористаним [14 – 15].

Однією з головних переваг систем централізованого теплопостачання є їх здатність інтегрувати декілька джерел енергії, включаючи відхідне тепло та відновлювані джерела енергії. Тим не менш, у 2020 році майже 90% тепла в усьому світі вироблялося з викопного палива, переважно вугілля (45%), природного газу (40%) і нафти (3,5%), у порівнянні з 95% у 2000 році.

Частка вугілля, що використовується для централізованого теплопостачання в усьому світі, зросла з 35% у 2000 році до 45% у 2020 році завдяки Китаю, який споживає майже 70% вугілля, що використовується для централізованого теплопостачання в усьому світі, і на який припадає на весь приріст генерування енергії на основі вугілля з 2000 року. 2020 рік був не винятковим і споживання вугілля зросло на 1,3%.

Водночас, частка природного газу у виробництві централізованого тепла знизилася з 51% у 2000 році до 40% у 2020 році, а використання нафти – з 9% до 3,5%. Використання електроенергії для централізованого опалення все ще є низьким, нижче 0,3% у 2020 році. Цікаво, що Гельсінкі наразі використовує свої стічні води для роботи теплового насоса для міської мережі централізованого

теплопостачання; а Відень використовує електростанцію для перетворення електроенергії від вітрових турбін у централізоване тепло для 10 000 будинків [16].

На рис. 1.3 показано обсяги виробництва централізованого тепла за вибраними регіонами та теплопостачання за секторами у 2000-2020 рр.

ЕДж

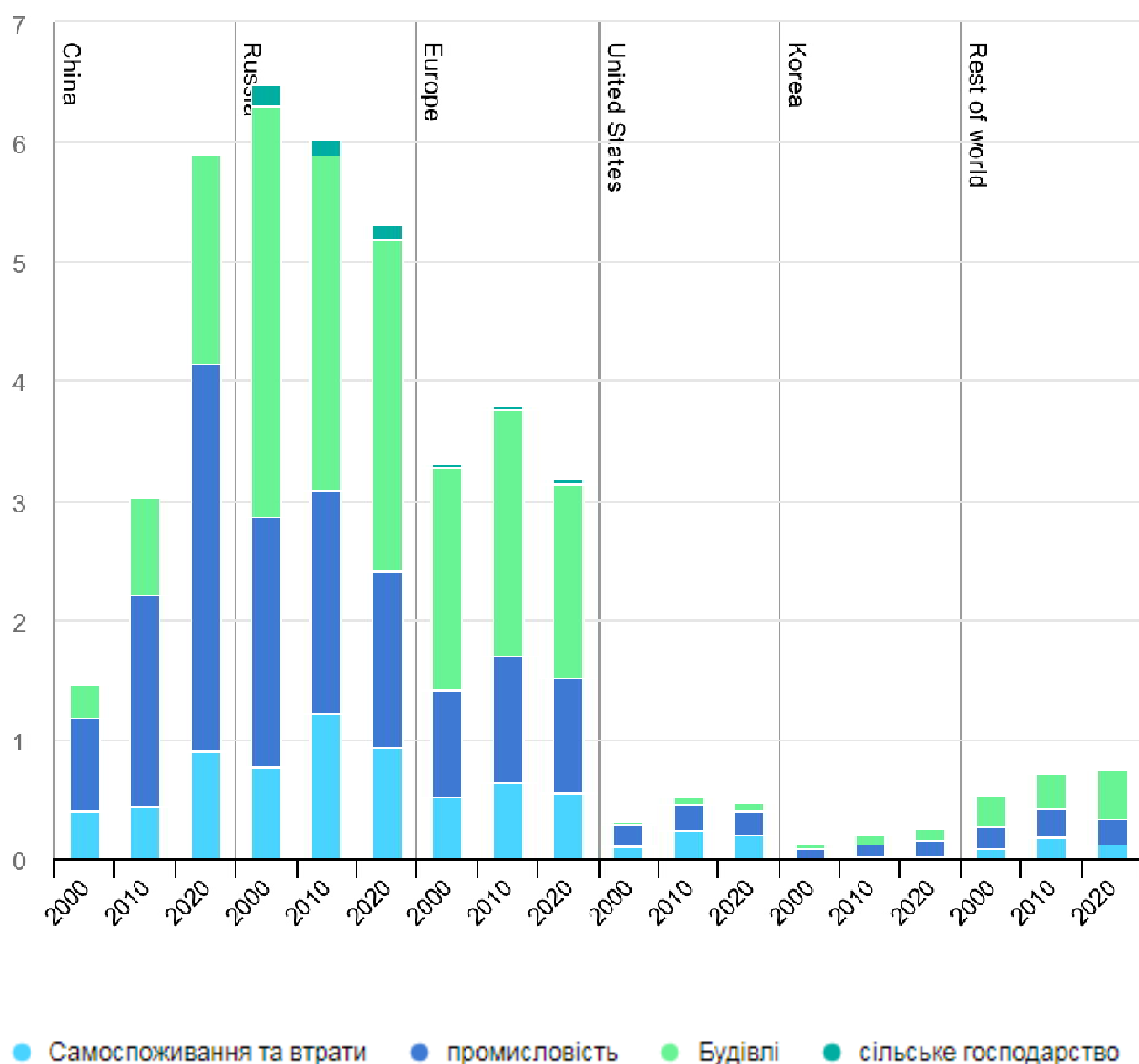


Рис. 1.3 - Обсяги виробництва централізованого тепла за вибраними регіонами та теплопостачання за секторами у 2000-2020 рр.

1.2 Використання відновлюваних джерел енергії в системах централізованого теплопостачання

До 2030 року частка використання відновлюваних джерел енергії та електроенергії разом має збільшитися в чотири рази.

Відновлювані джерела енергії вже інтегруються в генерацію централізованого опалення, але в недостатній кількості. Вони становили 8% витрат енергії для централізованого виробництва тепла в 2020 році (в основному як біоенергію), що аналогічно значенням у 2019 році, але є збільшенням частки в 2015 р. (7%) та 2000 р. (менше 4%).

Основними відновлюваними джерелами, які можуть бути використані в системах централізованого теплопостачання, є сонячна теплова, геотермальна та біоенергетика. Європа лідирує у використанні відновлюваної енергії для централізованого опалення, на яку припадає більшість глобального використання сонячної термальної та геотермальної енергії та 75% виробництва біоенергії.

Багато мереж успішно інтегрували відновлювані джерела енергії. Наприклад, Сількеборг (Данія) має 110 тис. МВт встановленої сонячної теплової потужності, яка забезпечувала близько 20% потужності централізованого теплопостачання в 2017 році, тоді як у Мюнхені працює кілька геотермальних станцій (перша з 2004 року) загальною потужністю 40 МВт., і це спрямовано на перехід до 100% теплофікації на базі відновлюваної енергетики від 2040. В цілому більше 260 великомасштабних сонячних районних опалювальних систем введені в експлуатацію в 2020 р., в Данії понад 120 таких систем [17 – 19].

На даний момент біоенергетика становить найбільшу частку відновлюваних джерел у теплопостачанні, особливо використовується як конверсійне паливо на старих підприємствах або в районах з високою доступністю біопалива (наприклад, гірські райони, багаті біомасою). Наприклад,

централізовані теплові електростанції були переведені на використання біомаси та відходів у Копенгагені (охоплюють понад 95% всього виробленого тепла), а також у Вільнюсі (Литва) (постачаючи 45% тепла, виробленого у 2018 році).

Надлишок тепла також є важливим ресурсом, який може використовуватися мережами централізованого теплопостачання. Надлишок тепла можна використовувати з промислових об'єктів і центрів обробки даних, а також з нетрадиційних джерел, таких як охолодження супермаркетів, стічні води.

У сценарії чистих нульових викидів до 2050 року, визначено, що до 2030 року сукупна частка відновлюваної енергії та електроенергії, що використовується в централізованому опаленні, збільшується вчетверо: у 2030 році виробництво з відновлюваних джерел зросте до понад 20%, що майже втричі перевищило сьогоднішній рівень. Частка електроенергії (з використанням електричних теплових насосів) також зростає приблизно до 12%, тоді як використання викопного палива зменшується більш ніж на 40% у порівнянні з 2020 роком.

Диверсифікація джерел тепла (особливо шляхом переходу від викопного палива до відновлюваних джерел, електроенергії та надлишкового тепла) та інтеграція великомасштабних проєктів для теплових насосів сприятиме переходу до низькотемпературних і більш гнучких мереж централізованого теплопостачання – переходу від «третього покоління» до того, що називається «централізованим опаленням четвертого покоління» [20].

Між тим, «Концепція централізованого опалення п'ятого покоління», що виникла в 2015 році, стосується комбінованих мереж централізованого опалення та охолодження, що працюють при температурі навколишнього середовища та використовують розподілені теплові насоси. На додаток до налагодження мережі, розгортання низькотемпературних мереж централізованого теплопостачання має бути скоординовано з підвищенням енергоефективності будівель, оскільки кращі енергетичні характеристики будівель сумісні з низькотемпературним теплопостачанням.

Модернізація існуючих мереж також є ключовою для зменшення втрат і неефективності, а також для переходу до систем централізованого теплопостачання нового покоління. З цієї причини проект «KeepWarm», заснований програмою ЄС «Horizon 2020», має на меті прискорити модернізацію систем централізованого теплопостачання у Східній Європі та надає кілька тематичних досліджень у регіоні. Так само, проект «REWARDHeat» має на меті продемонструвати нове покоління низькотемпературних мереж централізованого опалення та охолодження, які зможуть рекуперувати відновлюване та відпрацьоване тепло, доступне за низьких температур у міських умовах.

Очікується, що системи централізованого опалення наступного покоління сприятимуть інтеграції змінних відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи шляхом збільшення ресурсів гнучкості за рахунок використання великомасштабних електричних теплових насосів та відповідності попиту, що забезпечується потужністю зберігання тепла [21 – 23].

На рис. 1.4 показано зміну виробництва в промисловому підсекторі в країнах ЄС-27 та Сполучених Штатах для першої половини 2020 року порівняно з першою половиною 2019 року.

На рис. 1.5 показано вирівнювання вартості електроенергії в Європейському Союзі в прогнозі на 2040 рік.

Автоматичне керування також можна використовувати для зменшення піків, зниження вимог до встановленої потужності та оптимізації загальних мережевих операцій. Наприклад, у рамках процесу модернізації система централізованого теплопостачання міста Больцано (Італія) запровадила систему управління, яка зменшила загальні втрати енергії до 5%.

Інноваційні концепції також тестуються для повного використання відпрацьованого тепла, глибоких геотермальних технологій та інтеграції мереж опалення та охолодження. Наприклад, рекуперація тепла від станцій метро була досліджена в Лондоні та Турині. Також з'являються рішення щодо інтеграції мереж централізованого опалення та охолодження. Безмасляні компресори в

теплових насосах і холодильних машинах роблять ці технології більш конкурентоспроможними для таких застосувань [24].

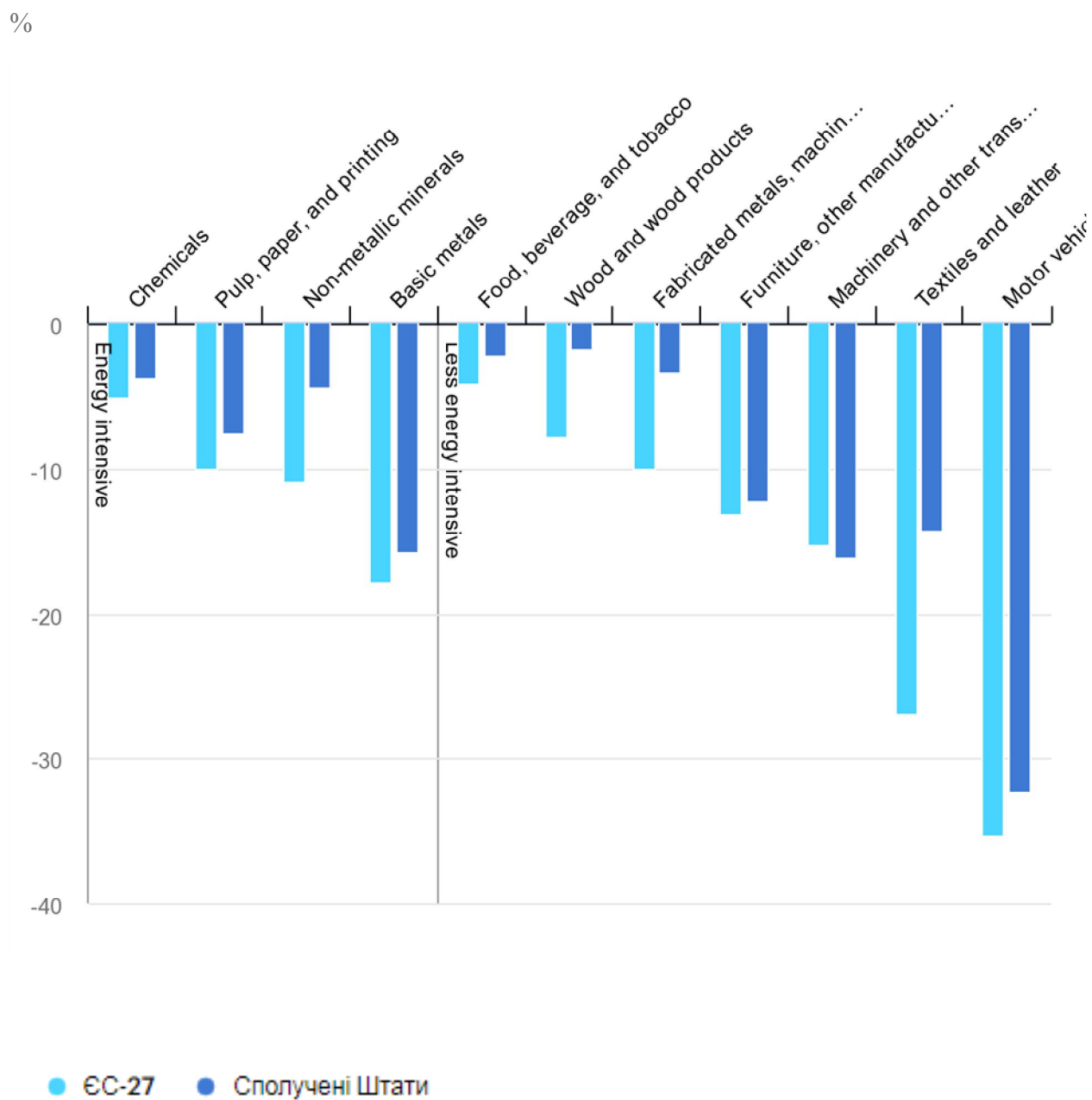


Рис. 1.4 - Зміна виробництва в промисловому підсекторі в країнах ЄС-27 та Сполучених Штатах для першої половини 2020 року порівняно з першою половиною 2019 року

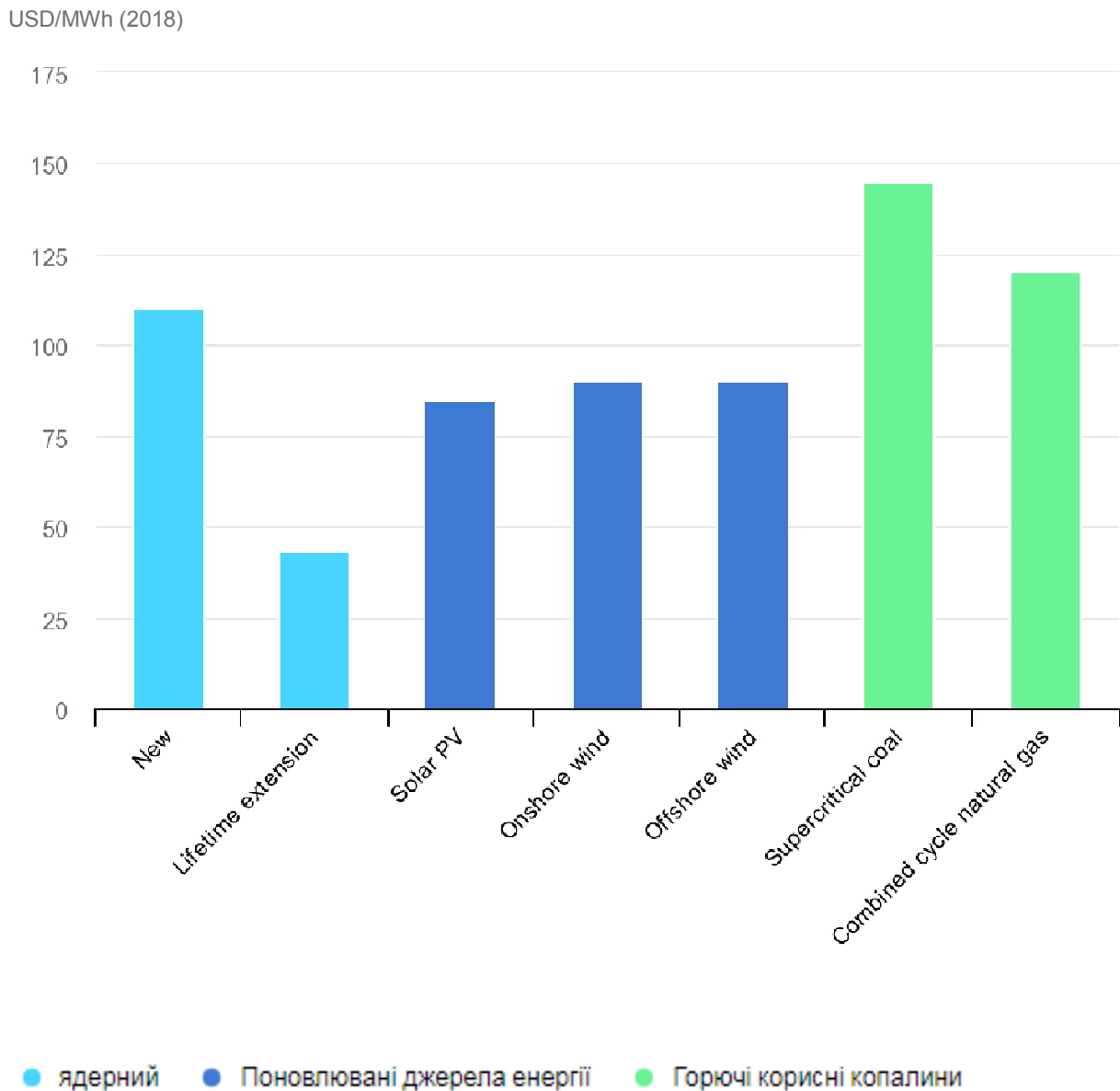


Рис. 1.5- Вирівняна вартість електроенергії в Європейському Союзі в прогнозі на 2040 рік

Премія Global District Energy Climate Award діє з 2009 року для визначення найкращих практик та інновацій у районній енергетиці. Серед одержувачів премії 2019 року були: система в Брауншвейзі (Німеччина), яка отримала нагороду «Нова схема» за використання відпрацьованого тепла з центру обробки

даних; система в Каунасі (Литва), яка отримала нагороду за модернізацію мережі; і система централізованого теплопостачання Barredo Colliery в Міересі (Іспанія), яка була відзначена нагородою Emerging Markets за впровадження інновацій у використанні геотермальної енергії.

Розгортання централізованого теплопостачання часто стимулюється перевагами, які воно може запропонувати (енергоефективність, зниження рівня забруднення тощо) та національною або місцевою політикою.

Національна політика має основне значення для розширення розгортання системи централізованого теплопостачання та підтримки дій місцевих органів влади. Політика, яка сприяє більшому розповсюдженню та модернізації централізованого теплопостачання, була пов'язана з: грантами, субсидіями та стимулами для відновлюваних джерел енергії (як у Європейському Союзі); податками на викопне паливо, забруднювачі та вуглець (поширені в скандинавських країнах і Китаї); планами та стратегіями в галузі енергетики та опалення (наприклад, «Дорожня карта ЄС на 2050 рік»); інтеграцією централізованого опалення в енергетичні стандарти для будівель (відповідно до концепції будівель, готових до нульового викиду вуглецю); регулюванню тарифів (як у Вірменії та Данії); та цілям щодо відновлюваних джерел енергії (як у Фінляндії) [25].

У червні 2020 року Данія підписала кліматичний план для сектору зелених відходів і циркулярної економіки, щоб регулювати, як відходи допоможуть досягти мети скорочення викидів парникових газів на 70% нижче рівня 1990 року до 2030 року. В якості заходу для відновлення кризи Covid19 Данія також запровадила фінансування на реконструкцію соціального житла, що включає заміну старих котлів на системи централізованого опалення або теплові насоси.

У 2021 році Канада ініціювала консультації з оцінки національної інфраструктури, щоб порівняти стан своєї інфраструктури з ключовими пріоритетами країни. У Сполученому Королівстві уряд запропонував створити Green Network Fund, щоб допомогти новим і існуючим мережам запровадити низьковуглецеві технології протягом 2022-2025 років [26 – 27].

Гармонізація національної та місцевої політики також необхідна для розвитку централізованого опалення. Місцева політика може передбачати попереднє планування для інтеграції та координації інвестицій в інфраструктуру (наприклад, у Бергені, Норвегія) або синхронізацію ремонту будівель із розширенням централізованого теплопостачання (як у Гонконгу). Інші приклади включають цілі щодо відновлюваних джерел або надлишкового тепла (як у Копенгагені), цілі щодо розширення централізованого теплопостачання (як у Гельсінкі), політику підключення (як у Фландрії, Бельгія) або більш широкі цілі щодо скорочення викидів вуглецю або споживання викопного палива (як у Відні).

На додаток до політики підтримки централізованих енергетичних систем, кілька асоціацій, програм та ініціатив також працюють, щоб сприяти їх розширенню.

У Європі «Euroheat & Power» об'єднує декілька зацікавлених сторін у сфері енергетики, щоб створити імпульс для сталого опалення та охолодження. Крім того, заснована в Сполучених Штатах «Міжнародна асоціація районної енергетики» (IDEA) працює над підключенням, інформуванням та розширенням галузі централізованого теплопостачання. У Китаї Китайська асоціація централізованого теплопостачання підтримує загальнонаціональне розгортання централізованого опалення [28 – 30].

На рис. 1.6 показано обсяги централізованого виробництва тепла на паливі у 2010-2020 рр. та в нульовому сценарії до 2030 р.

На рис. 1.7 показано обсяги спалювання за регіонами у сценарії сталого розвитку у 1970-2030 рр.

На рис. 1.8 показано обсяги спалювання за регіонами у сценарії сталого розвитку у 1985-2030 рр.

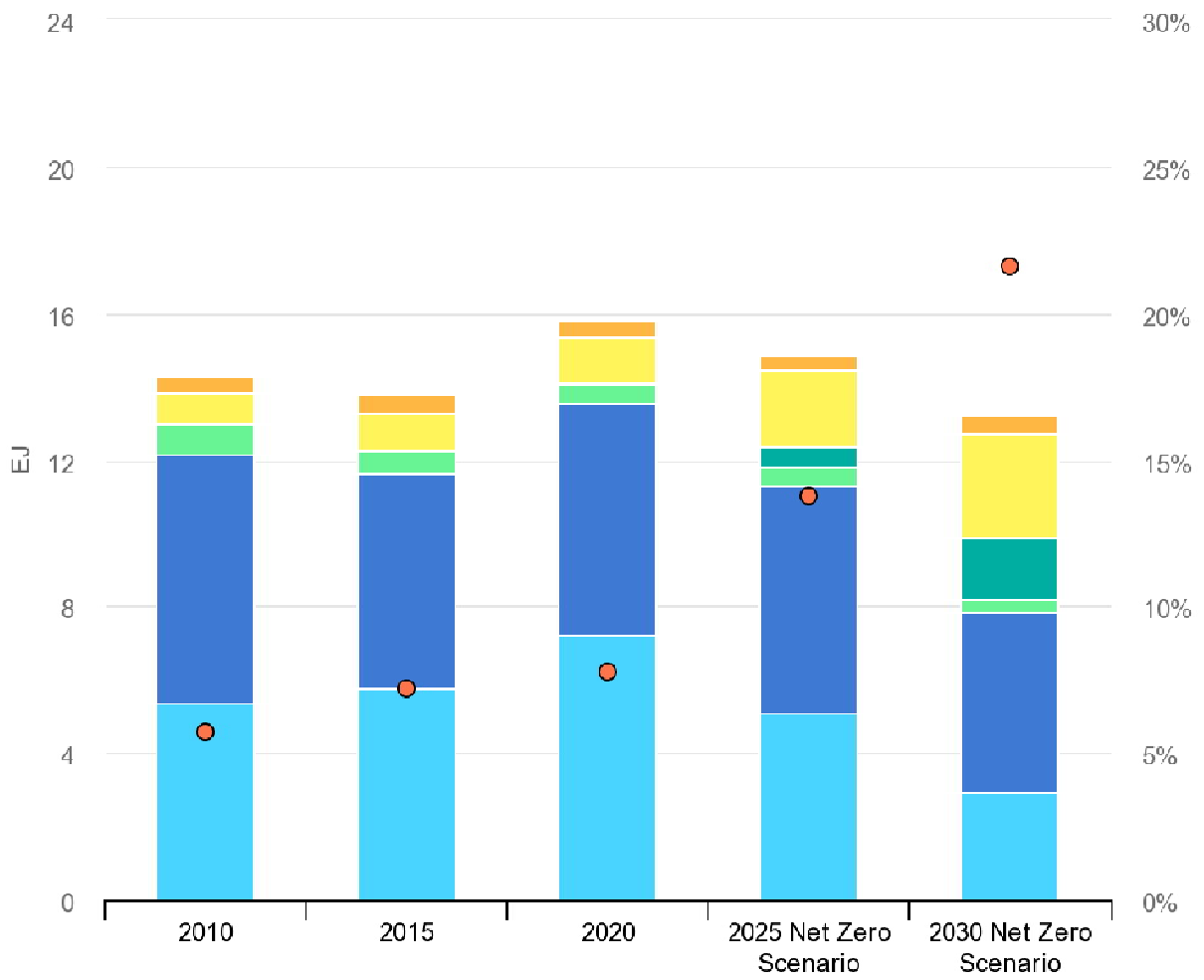


Рис. 1.6- Обсяги централізованого виробництва тепла на паливі у 2010-2020 рр. та в нульовому сценарії до 2030 р.

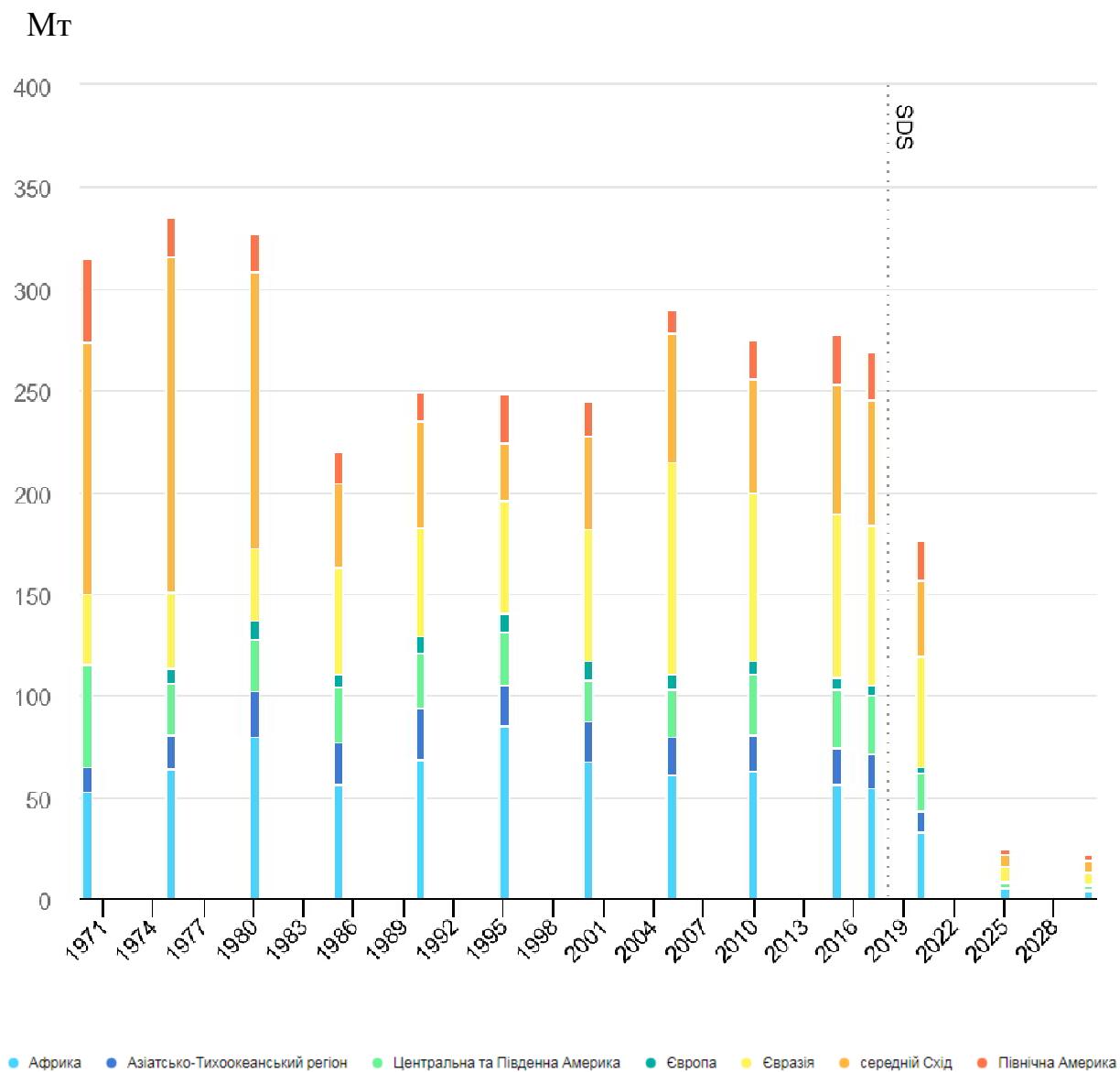


Рис. 1.7 - Обсяги спалювання за регіонами у сценарії сталого розвитку у 1970-2030 рр.

Мт

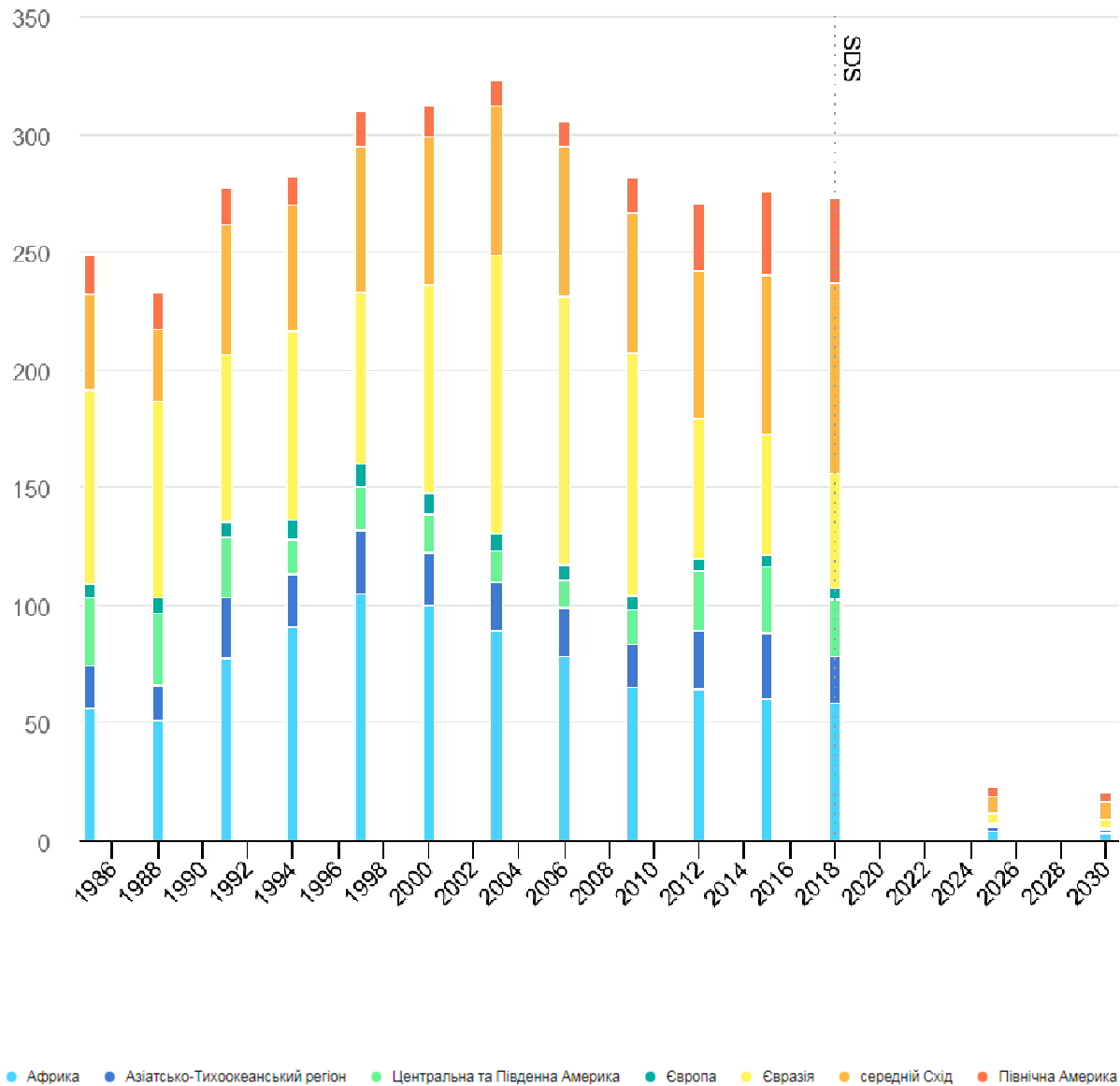


Рис. 1.8- Обсяги спалювання за регіонами у сценарії сталого розвитку у 1985-2030 рр.

1.3 Підвищення енергоефективності

Прогрес в енергоефективності, який і без того відстає, стикається з подальшими невдачами через пандемію Covid-19. З 2015 року глобальне покращення енергоефективності зменшується. Внаслідок кризи та продовження низьких цін на енергоносії енергоемність підвищилася лише на 0,8% у 2020 році, що приблизно вдвічі менше показників, з поправкою на погоду, за 2019 (1,6%) та 2018 (1,5%). Це значно нижче рівня, необхідного для досягнення цілей глобального клімату та сталого розвитку [31].

Це особливо важливо, оскільки енергоефективність забезпечує більш ніж 40% скорочення викидів парникових газів, пов'язаних з енергетикою, протягом наступних 20 років у сценарії сталого розвитку МЕА.

Одним із ключових стовпів досягнення чистих нульових викидів є більш ефективне використання енергії. У сценарії чистих нульових викидів до 2050 року (NZE) світовий попит на енергію у 2050 році приблизно на 8% буде нижчим, ніж сьогодні. Підвищення енергоефективності є центральною основою шляху, який задовольняє потреби зростаючого та все більш заможного населення планети, а також досягає нульових викидів до 2050 року [32].

Кінцевий попит на енергію в сценарії NZE знаходиться в межах порівнянних сценаріїв від Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), причому багато сценаріїв МГЕЗК вимагають подібних або більш амбітних покращень енергоефективності, ніж сценарій NZE. Загальне кінцеве споживання енергії в 2050 році в сценаріях МГЕЗК коливається від 300 ЕДж до 550 ЕДж, порівняно з приблизно 410 ЕДж в 2020 році.

На рис. 1.9 показано середню річну зміну підвищення енергоемності первинної енергії, історично та в Сценарії сталого розвитку у 2010-2040 рр.

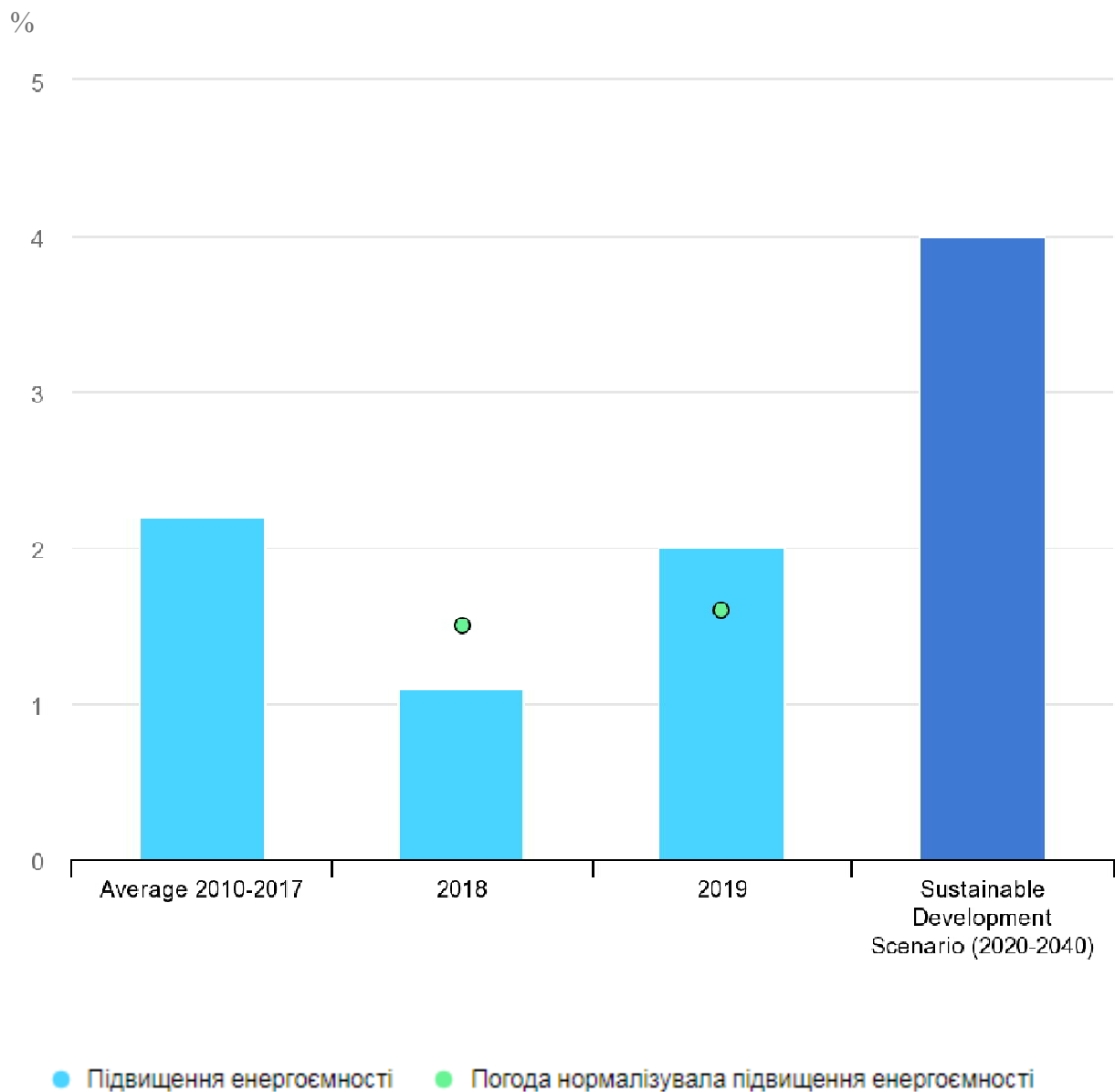


Рис. 1.9 - Середня річна зміна підвищення енергоємності первинної енергії, історично та в Сценарії сталого розвитку у 2010-2040 рр.

На рис. 1.10 показано порівняння загального кінцевого споживання за сценаріями МГЕЗК та сценарієм Net-Zero до 2050 р. за період 2020-2050 рр.

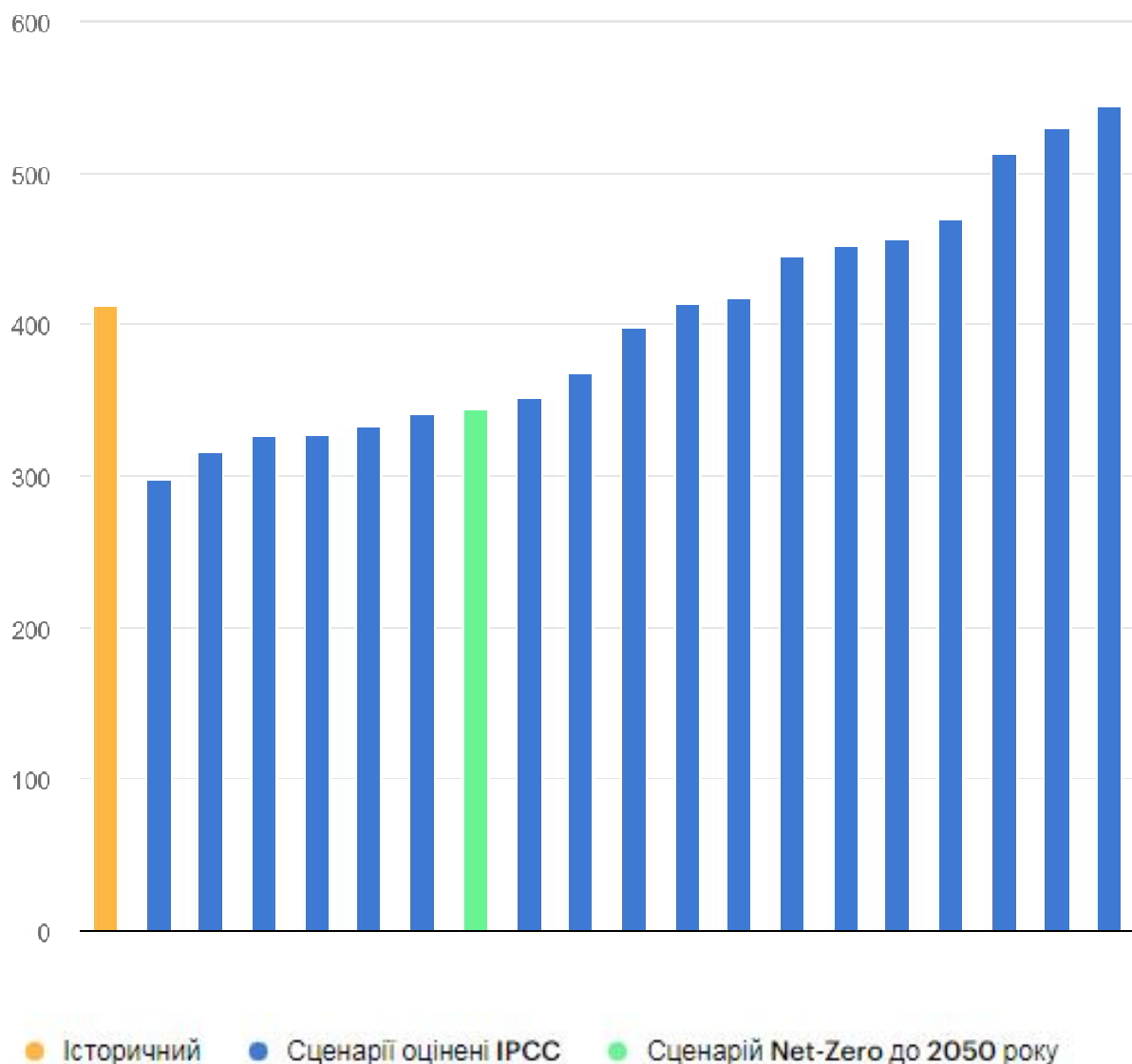


Рис. 1.10 - Порівняння загального кінцевого споживання за сценаріями МГЕЗК та сценарієм Net-Zero до 2050 р. за період 2020-2050 рр.

Багато заходів щодо енергоефективності в промисловості, будівлях, техніці та на транспорті відомі та готові до впровадження. Ось чому енергоефективність є другим за величиною внеском у скорочення викидів CO₂ у сценарії NZE протягом наступного десятиліття – кумулятивне скорочення на 13 гігатонн (Гт), яке перевершується лише впливом сонячної фотоелектричної енергії та вітру.

Швидке впровадження ефективних технологій призводить до покращення первинної енергоємності світового ВВП, в середньому на 4% до 2030 року – приблизно втричі більше, ніж середні темпи покращення за останні два десятиліття. До 2030 року світовий попит на енергію буде на 7% нижче рівня 2020 року.

Політика енергоефективності в усьому світі вже приносить свої плоди: середня потреба в опаленні та охолодженні на квадратний метр нових будівель знизилася на 40% або більше в Сполучених Штатах, Європі та Китаї з 2000 року по сьогодні.

Високоенергоефективні будівлі – це ще одне рішення, готове до масштабування сьогодні, яке зменшує викиди CO₂, зменшує рахунки за електроенергію та покращує домашній комфорт. У сценарії NZE всі країни приймають будівельні енергетичні норми, які вимагають, щоб усі нові споруди були готовими до нульового викиду вуглецю до 2030 року. Темпи модернізації існуючих будівель за десятиліття зросли більш ніж вдвічі, причому кожна п'ята будівля в усьому світі буде модернізована, щоб бути готовою до нульового викиду вуглецю до 2030 року [33].

Зусилля з модернізації продовжуватимуть розширюватися після 2030 року, при цьому 85% світового будівельного фонду до 2050 року буде модернізовано до будівельних стандартів з нульовим викидом вуглецю (порівняно з менш ніж 1% сьогодні).

Електричні теплові насоси майже в чотири рази ефективніші, ніж звичайні котли, а заходи ефективності підвищуватимуть кількість установок теплових насосів у всьому світі з 1,5 мільйона на місяць сьогодні до приблизно 5 мільйонів до 2030 року і 10 мільйонів до 2050 року.

Електрифікація всіх секторів кінцевого споживання є основною частиною глобальних зусиль, спрямованих на досягнення чистих нульових викидів. Сценарій NZE використовує можливості для підвищення ефективності та зменшення зростання попиту на електроенергію в усіх сферах використання, зокрема за допомогою високоефективної побутової техніки, кондиціонерів,

промислових двигунів та електромобілів. Досягнення підвищення ефективності за сценарієм NZE вимагає впровадження та посилення мінімальних стандартів енергетичної ефективності (MEPS) для всього обладнання, що використовує електроенергію, протягом 2020-х років.

Крім підвищення технічної ефективності та електрифікації, зміни поведінки та стратегії зменшення використання матеріалів (наприклад, оптимізація дизайну, скорочення відходів, переробка тощо) скоротять кінцеве споживання енергії ще на 7% у 2030 році і більш ніж на 10% у 2050 році в Сценарій NZE.

Більш ефективне використання матеріалів, перехід до більш ефективних видів транспорту та енергозбереження (наприклад, контроль температури в приміщеннях) стимулюються суворішими стандартами та правилами, розвитком інфраструктури та якісним міським плануванням.

Загалом, енергоефективність, зміни поведінки та заходи електрифікації, застосовані в сценарії NZE, заощаджують близько 300 ЕДж потреби в енергії в 2050 році [7 – 934].

У період з 2030 по 2050 рік енергоємність світової економіки – або кількість енергії, необхідної для кожної одиниці економічного зростання – продовжує покращуватися майже на 3% на рік за сценарієм NZE. Це на 70% швидше, ніж середні темпи покращення між 2010 і 2020 роками. Проте, прогрес є повільнішим, ніж у 2020-х роках, оскільки політичні дії протягом поточного десятиліття стимулюють значний короткостроковий поштовх до використання невикористаного потенціалу енергоефективності всіх доступних технологій.

Крім того, зростаюча роль нових видів палива (таких як водень і синтетичне паливо) та уловлювання, використання та зберігання вуглецю, як правило, збільшують кількість енергії, що використовується для постачання палива або експлуатації промислових підприємств, порівняно зі звичайними підходами. Незважаючи на це, загальний попит на енергію ще більше знизиться між 2030 і 2050 роками, в основному завдяки прискореним інноваціям,

цифровізації та оптимізації системи, які продовжують підвищувати енергопродуктивність.

Зменшення попиту на енергію в довгостроковій перспективі, підтримуючи економічне зростання, вимагає серйозних зусиль в області досліджень і розробок протягом наступного десятиліття за сценарієм NZE.

Після 2030 року подальше підвищення ефективності забезпечується технологіями, які сьогодні знаходяться на стадії демонстрації або прототипу. Наприклад, вбудовані теплові насоси з накопичувачем є ключовими для забезпечення гнучкого та високоефективного опалення та охолодження.

Цифровізація також є ключовим фактором підвищення енергоефективності в усіх кінцевих цілях і технологіях, оскільки сценарій NZE вимагає швидкого збільшення використання та продуктивності систем енергоменеджменту та підключеного обладнання. До 2050 року більшість будинків, офісів та промислових об'єктів будуть підключені через комунікаційні мережі з розумними елементами керування, датчиками та штучним інтелектом, що дозволить оптимізувати попит на енергію. Лише в будівельному секторі цифровізація та інтелектуальне керування дозволяють підвищити ефективність, що зменшить викиди на 350 мільйонів тонн (Мт) CO₂ до 2050 року [35].

На рис. 1.11 показано енергопродуктивність промисловості за регіонами у сценарії сталого розвитку у 2000-2030 рр.

На рис. 1.12 показано енергоємність нагріву приміщень та води в сценарії Net Zero у 2000-2030 рр.

Долл. США/ГДЖ

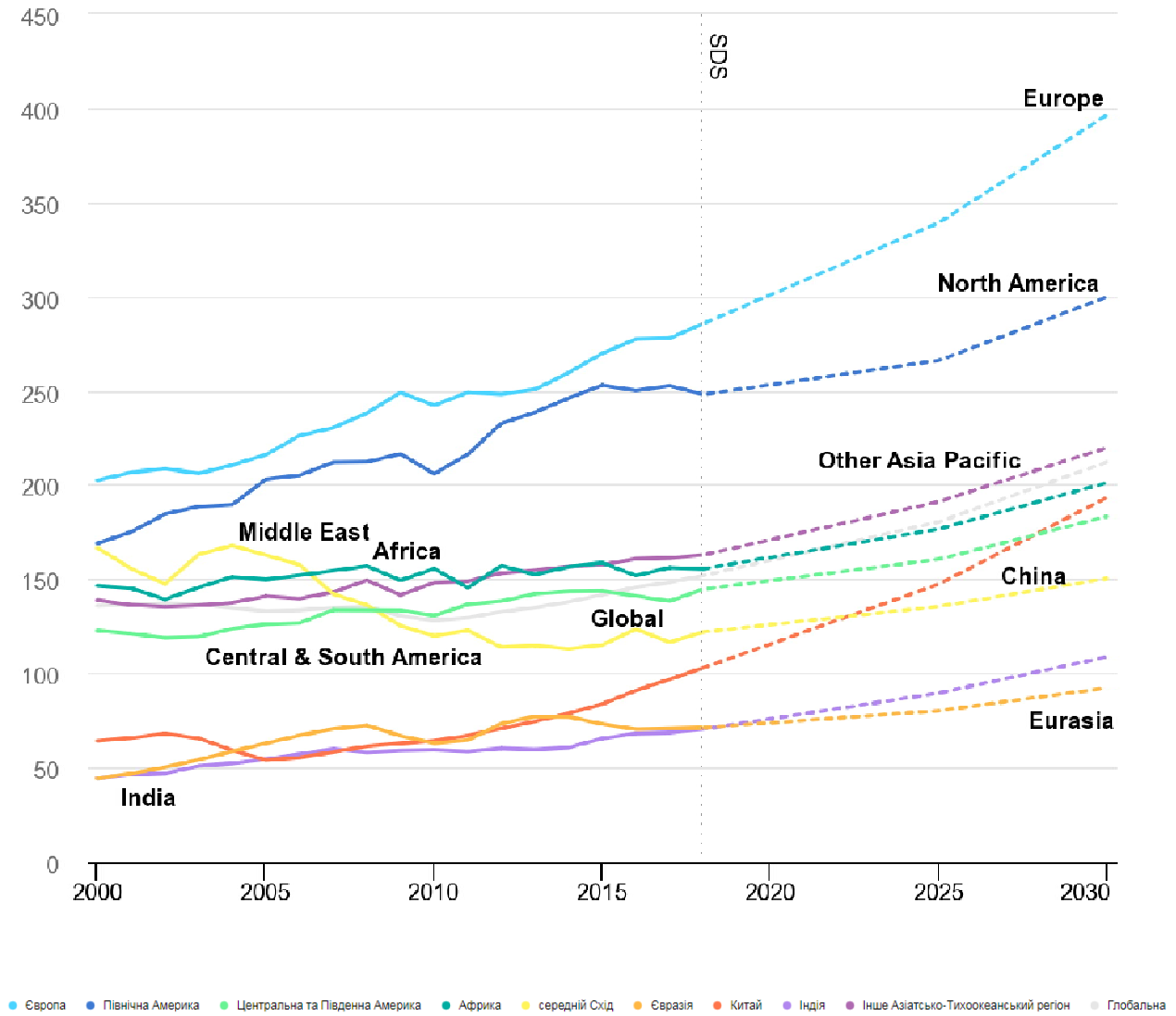


Рис. 1.11 - Енергопродуктивність промисловості за регіонами у сценарії сталого розвитку у 2000-2030 рр.

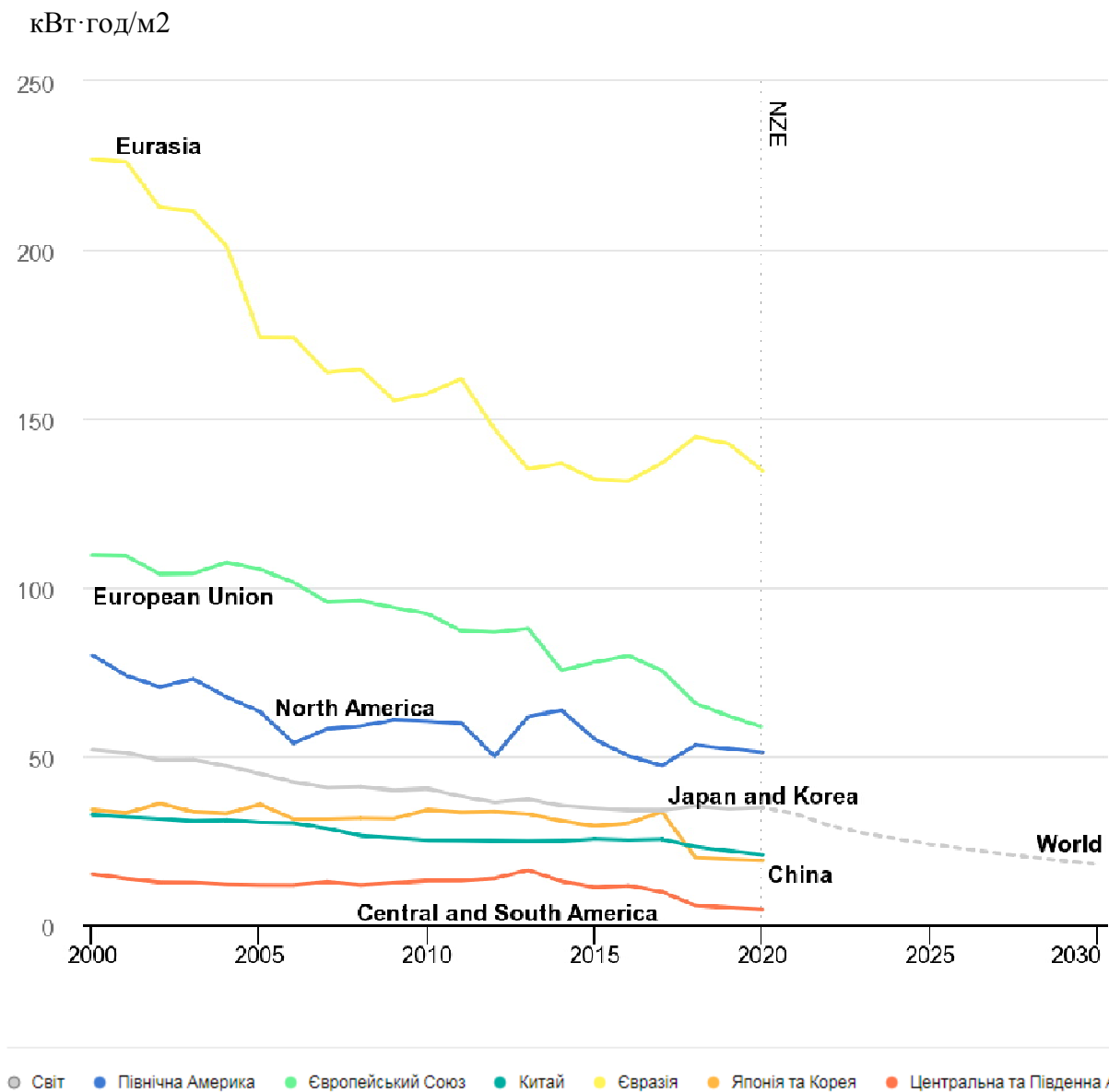


Рис. 1.12 - Енергоємність нагріву приміщень та води в сценарії Net Zero у 2000-2030 рр.

Сьогодні енергетичний сектор є джерелом приблизно трьох чвертей викидів парникових газів і є ключем до запобігання найгірших наслідків зміни клімату, можливо, найбільшої проблеми, з якою зіткнулося людство.

Зменшення глобального викиду вуглекислого газу (CO₂) до нуля до 2050 року узгоджуються з зусиллями обмежити довгострокове підвищення середніх глобальних температур до 1,5°C. Це вимагає повної трансформації вироблення, транспортування та споживання енергії [33].

Зобов'язання, взяті на сьогодні, далеко не відповідають вимогам цього шляху. Кількість країн, які пообіцяли досягти чистих нульових викидів, швидко зросла за останній рік і зараз охоплює близько 70% глобальних викидів CO₂. У разі успішного виконання зобов'язань на сьогоднішній день залишиться близько 22 мільярдів тонн CO₂ викидів у всьому світі в 2050 році.

Важливою частиною цих зусиль є серйозний світовий поштовх до підвищення енергоефективності, що призвело до того, що щорічні темпи підвищення енергоємності становитимуть у середньому 4% до 2030 року – приблизно втричі більше, ніж середній показник, досягнутий за останні два десятиліття [32].

Дві третини загального енергопостачання у 2050 році припадатиме на енергію вітру, сонця, біоенергетики, геотермальної та гідроенергетики. До 2050 року майже 90% виробленої електроенергії надходитиме з відновлюваних джерел, а вітрова та сонячна фотоелектрична потужність разом становитиме майже 70%.

Відповідно до сценарію сталого розвитку MEA, енергоефективність становить понад 40% скорочення викидів, необхідного до 2040 року. Відповідно до сценарію MEA Efficient World Scenario, нині існуючих економічно ефективних технологій достатньо, щоб подвоїти глобальну енергоефективність до 2040 року. До 2050 року, у відповідності зі сценарієм «чистих нульових викидів», частка теплових насосів, низьковуглецевого опалення та відновлюваних джерел енергії -опалення на базі перевищуватиме 80% продажів у 2030 році.

Більшість скорочень енергоємності опалення сталося внаслідок суворіших енергетичних норм будівель, які покращили енергетичні характеристики нових споруд та зменшили потребу в опаленні приміщень, особливо в Канаді, Китаї, Європейському Союзі, Росії та Сполучених Штатах [35].

На рис. 1.13 показано середньорічну зміну енергоємності первинної енергії в окремих регіонах у 2010-2018 рр

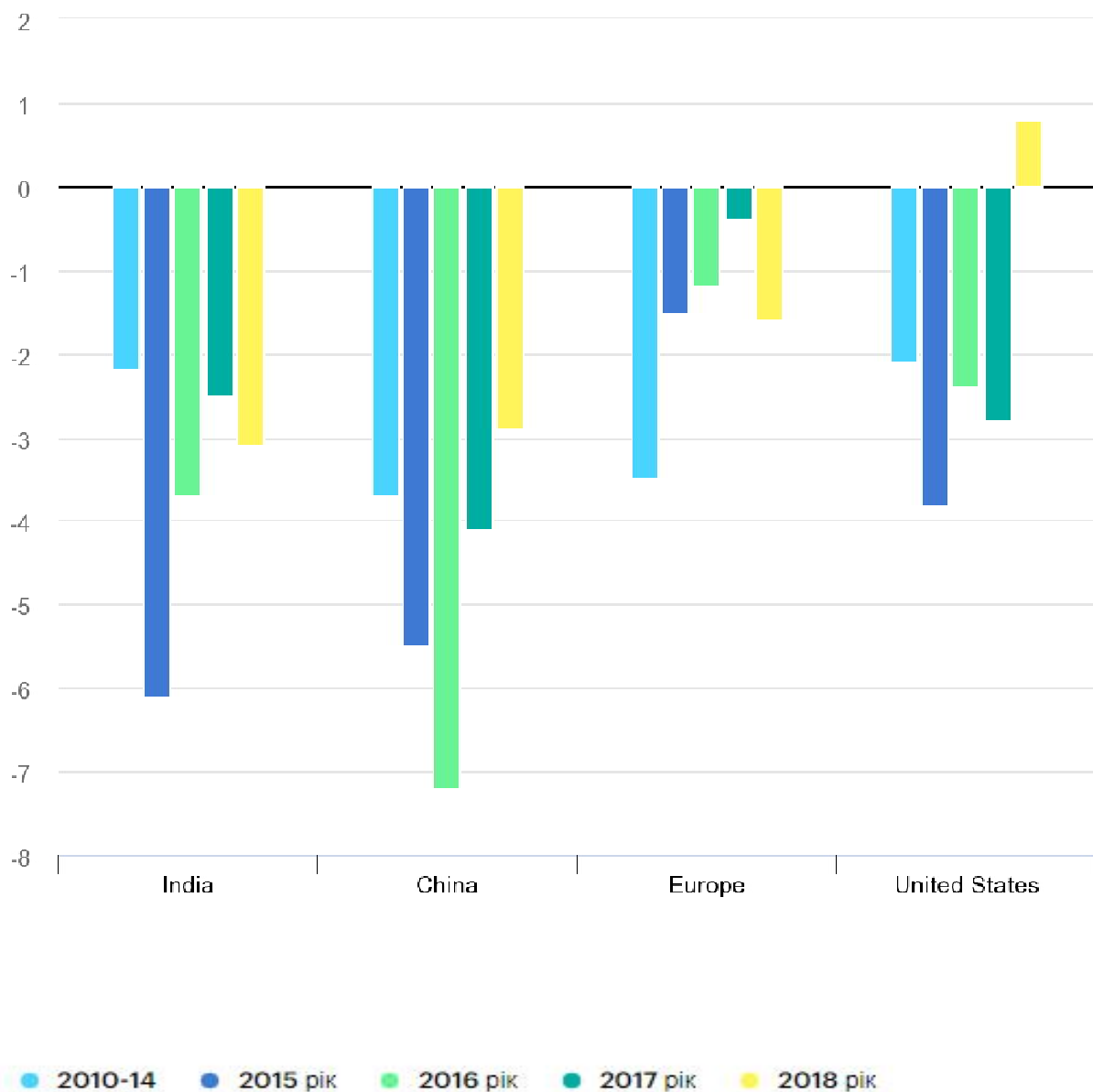


Рис. 1.13 - Середньорічна зміна енергоємності первинної енергії в окремих регіонах у 2010-2018 рр

Теплові насоси є технологією опалення, яка найшвидше поширюється в сценарії чистих нульових викидів до 2050 року. У 2020 році працювало 180 мільйонів теплових насосів у режимі опалення, у порівнянні з 100 мільйонами у 2010 році. Однак більша частина цього зростання пов'язана з зростанням продажів реверсивних установок, які також можуть забезпечувати кондиціонування повітря, що відображає зростання попиту на охолодження.

Загалом, теплові насоси досі задовольняють не більше 7% світових потреб у опаленні будівель. Однак, щоб відповідати сценарію Net Zero, до 2030 року 600 мільйонів теплових насосів повинні забезпечити 20% світового попиту на тепло для будівель [36].

У 2020 році для опалення було використано майже 180 мільйонів теплових насосів, оскільки за останні 5 років світовий обсяг збільшувався майже на 10% на рік. Хоча деякі з них є оборотними, які лише частково покривають потреби в опаленні приміщення та нагріві води, зростання є очевидним на всіх ринках первинного опалення – Північній Америці, Європі та Північній Азії. Теплові насоси стали найпоширенішою технологією в новозбудованих будинках у багатьох країнах, але все ще задовольняють лише 7% світового попиту на опалення будівель.

У сценарії чистих нульових викидів до 2050 року встановлений запас теплових насосів досягне 600 мільйонів до 2030 року.

На рис. 1.14 показано обсяг продажів опалювальних технологій у сценарії сталого розвитку у 2010-2030 рр.

Теплові насоси продовжують задовольняти лише невелику частку попиту на тепло будинків (близько 7% у 2020 році), тоді як технології на основі викопного палива становили майже половину продажів опалювального обладнання в усьому світі в 2020 році.

Більшість теплових насосів встановлюють у новобудовах. Фактично, у багатьох країнах теплові насоси реєструють найвищу частку ринку з усіх технологій опалення в новозбудованих будинках. У Сполучених Штатах, наприклад, частка продажів теплових насосів для новозбудованих будинків перевищує 40% для односімейних будинків і становить близько 50% для нових багатоквартирних будинків [37].

На рис. 1.14 показано обсяг продажів опалювальних технологій у сценарії сталого розвитку у 2010-2030 рр.

На рис. 1.15 показано обсяг встановлених теплових насосів за регіонами та впровадження глобального сценарію Net Zero у 2010-2030 рр.

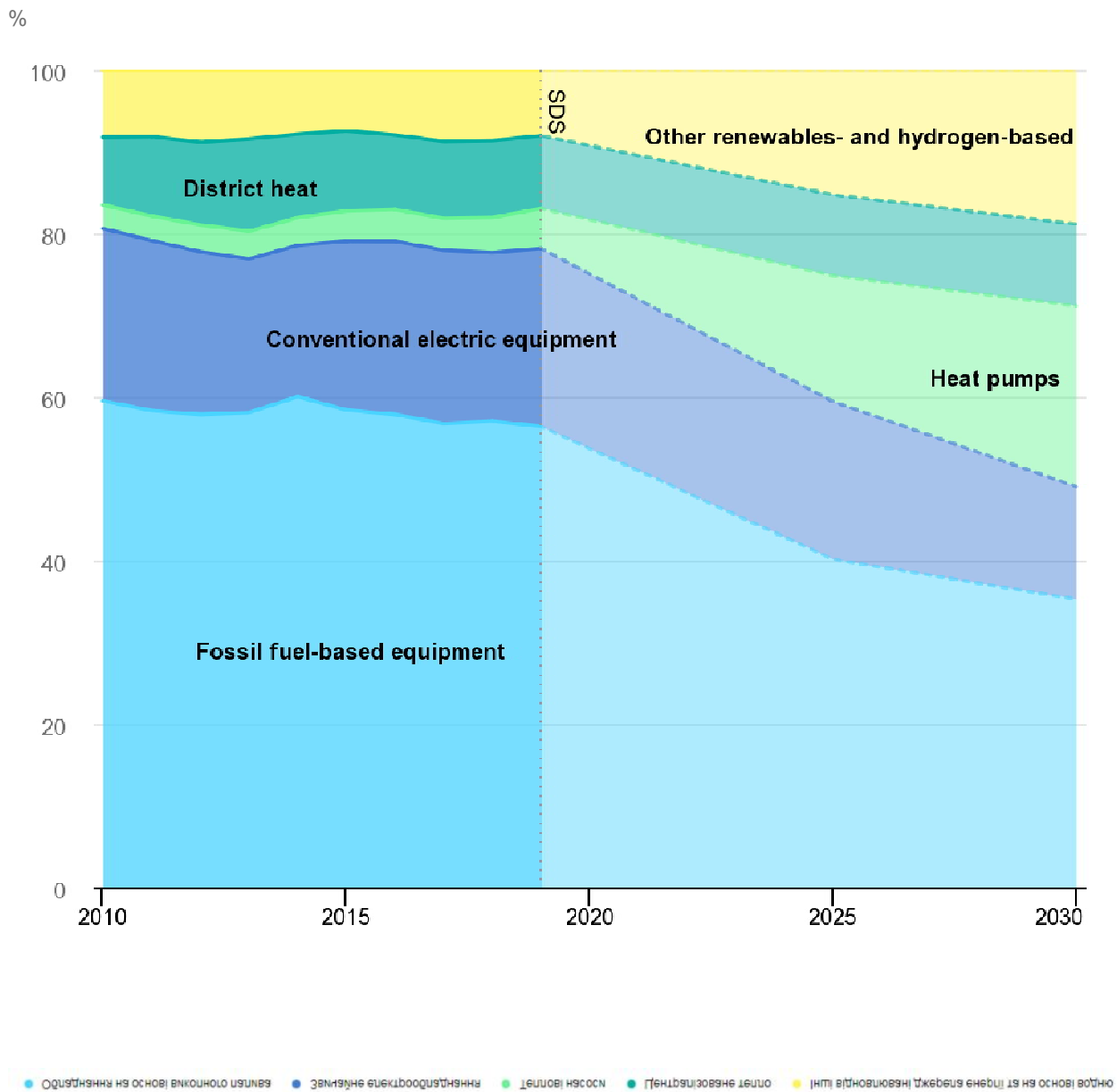


Рис. 1.14 - Обсяг продажів опалювальних технологій у сценарії сталого розвитку у 2010-2030 рр.

Встановлено мільйони одиниць

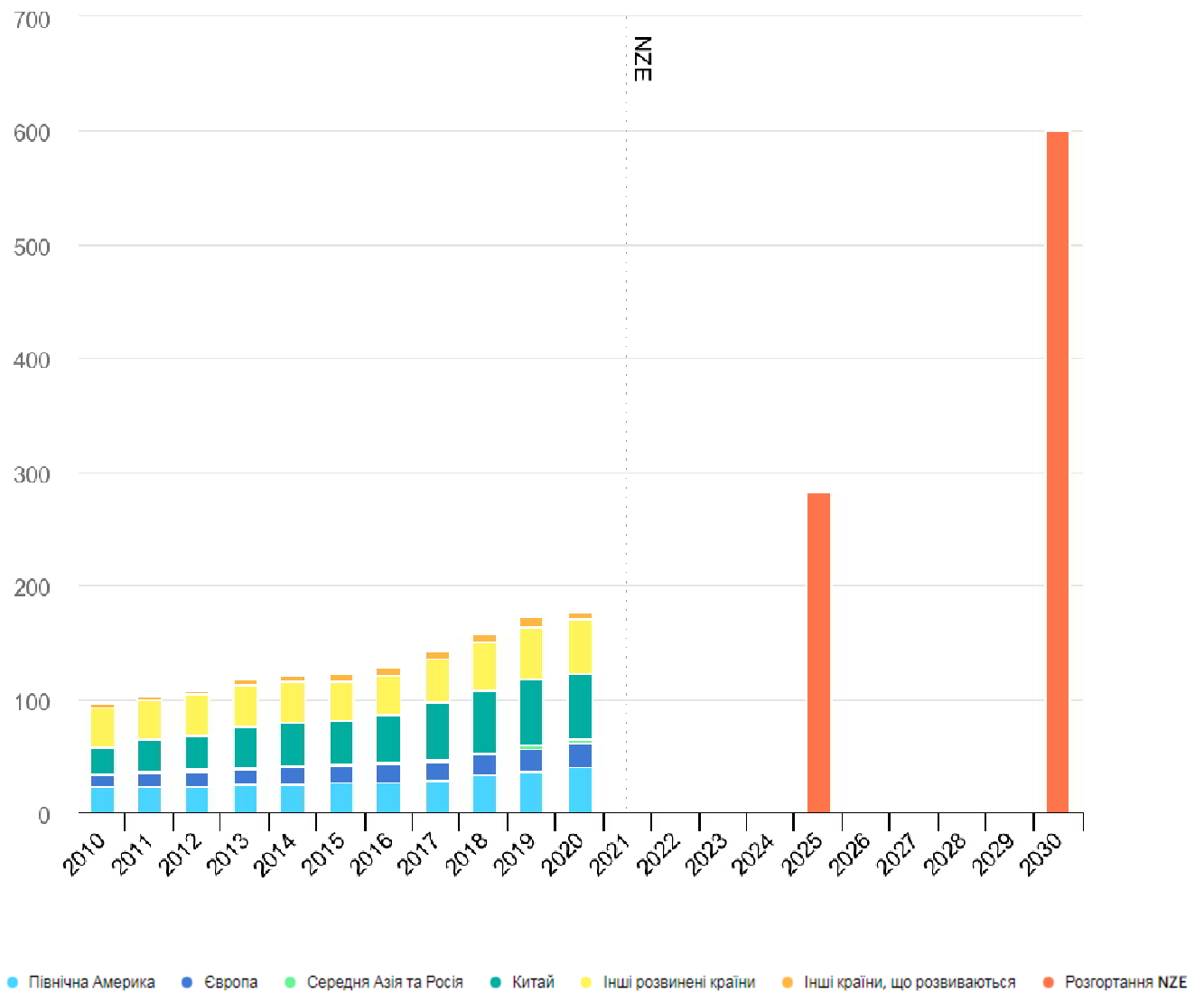


Рис. 1.15 - Обсяг встановлених теплових насосів за регіонами та впровадження глобального сценарію Net Zero у 2010-2030 рр.

1.4 Висновки та формулювання задач дослідження у МКР

Враховуючи сучасні та перспективні світові тенденції з реформування паливно-енергетичного сектору світу на основі впровадження енергоефективних та енергозберіжних технологій, з метою підвищення рівня ефективності енерговикористання при генеруванні теплоти, метою нашого дослідження було окреслено: підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні фермерського господарства та визначення енергетично та економічно ефективних, екологічно безпечних режимів роботи теплової схеми котельні з новим обладнанням, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства.

Сформульовані основні задачі дослідження МКР:

- дослідити шляхи та методи з підвищення ефективності енерговикористання теплової схеми котельні фермерського господарства;
- на основі проведених досліджень визначити енергетично ефективні, екологічно безпечні та економічно обґрунтовані режими та умови застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства;
- розробити рекомендації із підвищення екологічної безпеки, енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні фермерського господарства із застосуванням нового обладнання.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методика досліджень ефективності спалювання традиційних та альтернативних видів палива та застосування різних технологій спалювання палив в тепловій схемі котельні фермерського господарства складена з використанням методик та статистики Європейської агенції із захисту навколишнього середовища (ЕЕА - European Environment Agency) [38]. Також використано напрацювання Європейського бюро з контролю та запобігання комплексного забруднення. Крім зазначених вище методик, нами використано розробку Агентства з охорони навколишнього середовища США (ЕРА) - «Методику з розрахунку викидів ЕРА».

Екологічні показники для палив та технологій генерування теплоти для низки досліджених варіантів визначались звикористанням програми «ЕРА Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC)», щ розроблена ЕРА [38].

Результати наукових досліджень за матеріалами МКР опубліковані в [1 – 3].

В дослідженні [1] авторами здійснена оцінка енергетичної ефективності генерування теплоти для традиційних та альтернативних видів палива, оцінені показники екобезпеки для різних видів палив, що використовуються для генерування теплової енергії.

В дослідженні багатоваріантний аналіз ефективності проектних рішень виконаний на основі джерел [39 – 45].

Оцінено ряд екологічних показників викидів у разі спалювання традиційних та альтернативних видів палива, що використовуються для генерування теплової та електричної енергії (на одиницю виробленої установкою енергії, г/ГДж): показники викидів (NO_x, CO, неметанових летких органічних

сполук (НМЛОС), ЗКЗЧ); показники вмісту тонко дисперсних частинок (ТЧ10 та ТЧ2,5 діаметром менше 10 мкм та менше 2,5 мкм, відповідно); показник вмісту чорного вуглецю (ЧВ, сажі), %ТЧ2,5.

Оцінено обсяг шкідливих викидів від спалювання кам'яного вугілля, рідкого палива, природного газу та біомаси (відходів рослинництва).

За результатами проведених досліджень визначені екологічні показники емісії шкідливих викидів для випадків спалювання традиційних та альтнативних видів палива, значення яких показані на рис. 2.1 – 2.8.

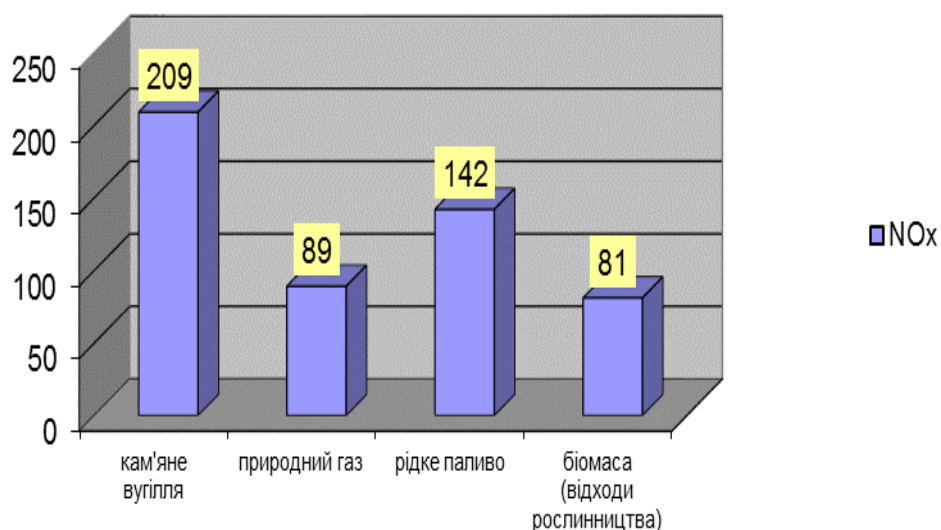


Рис. 2.1 – Значення екологічного показника викидів NOx, г/ГДж

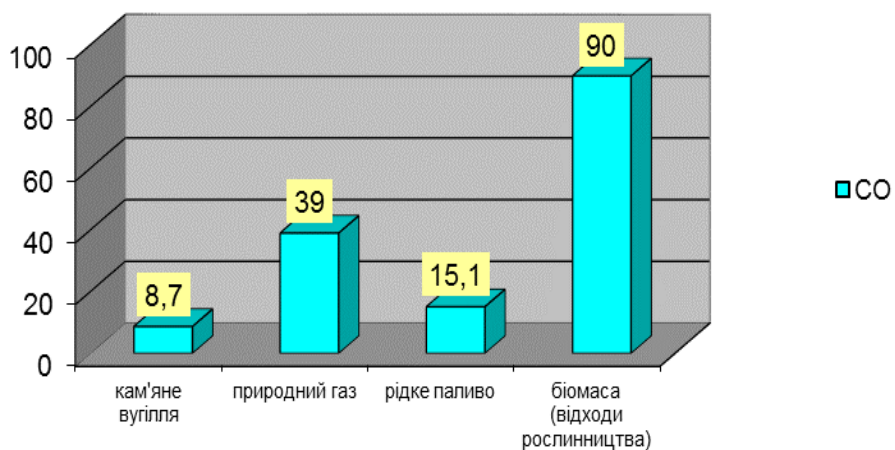


Рис. 2.2 – Значення екологічного показника викидів CO, г/ГДж

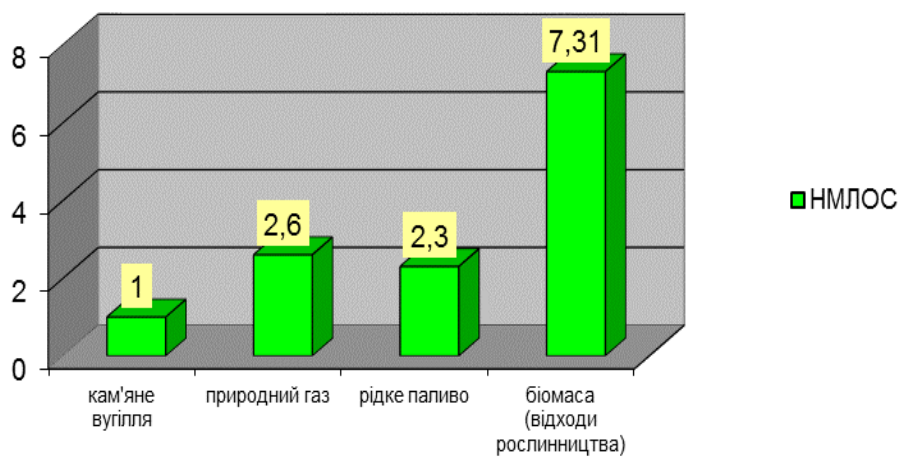


Рис. 2.3 – Значення екологічного показника викидів НМЛОС, г/ГДж

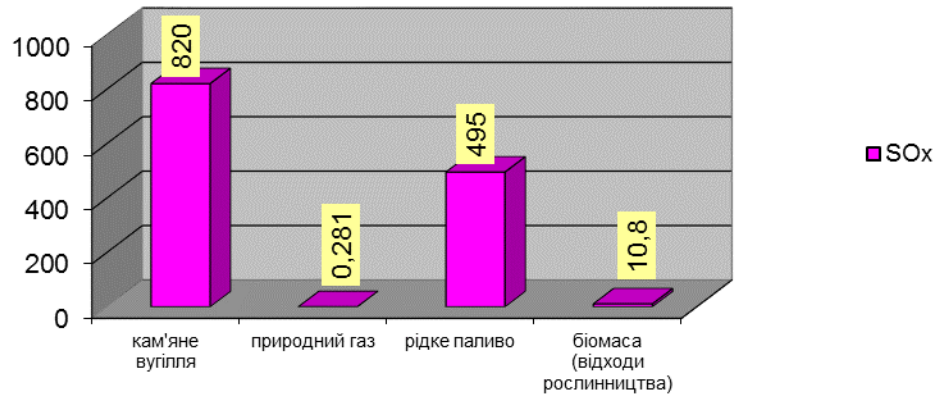


Рис. 2.4 – Значення екологічного показника викидів SOx, г/ГДж

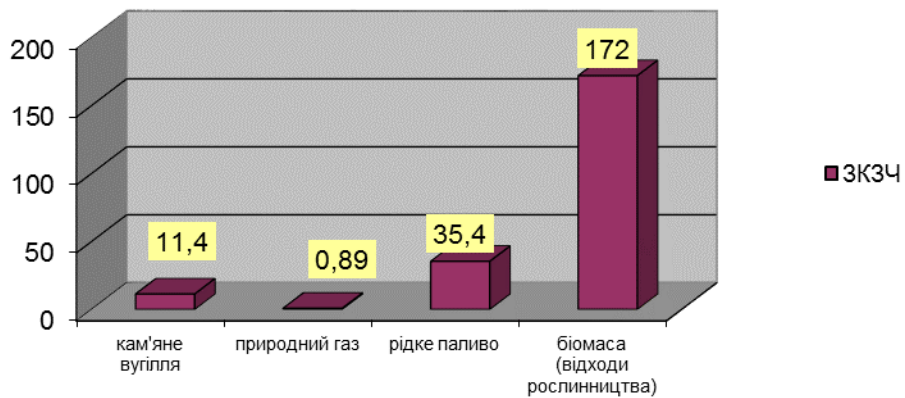


Рис. 2.5 – Значення екологічного показника ЗКЗЧ, г/ГДж

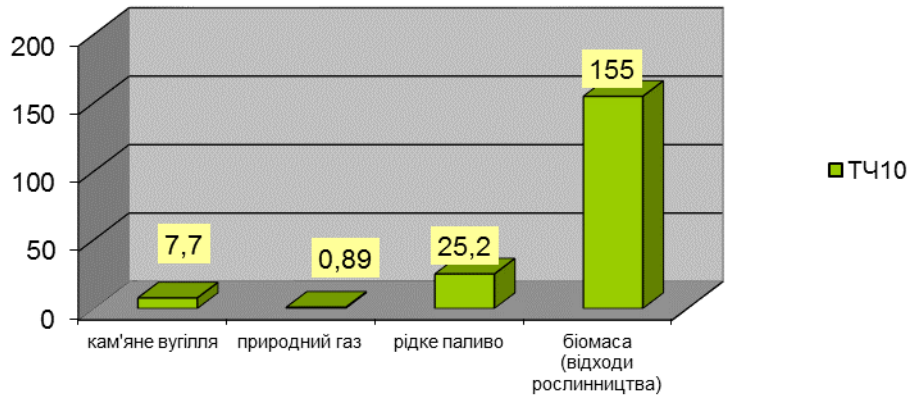


Рис. 2.6 – Значення екологічного показника ТЧ10, г/ГДж

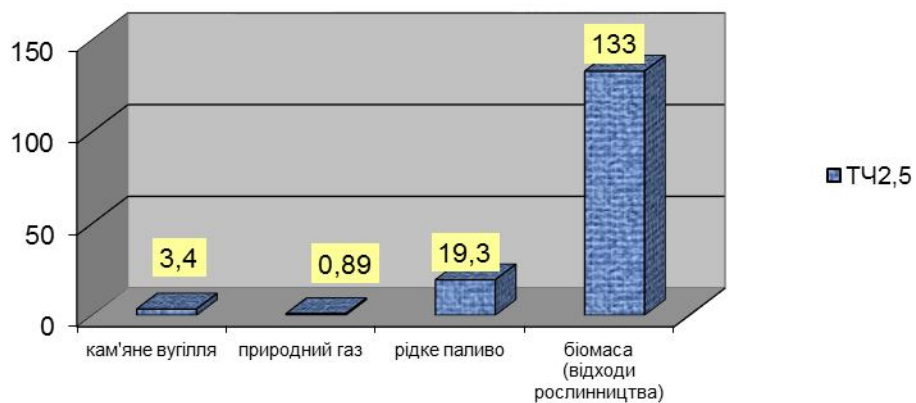


Рис. 2.7 – Значення екологічного показника ТЧ2,5; г/ГДж

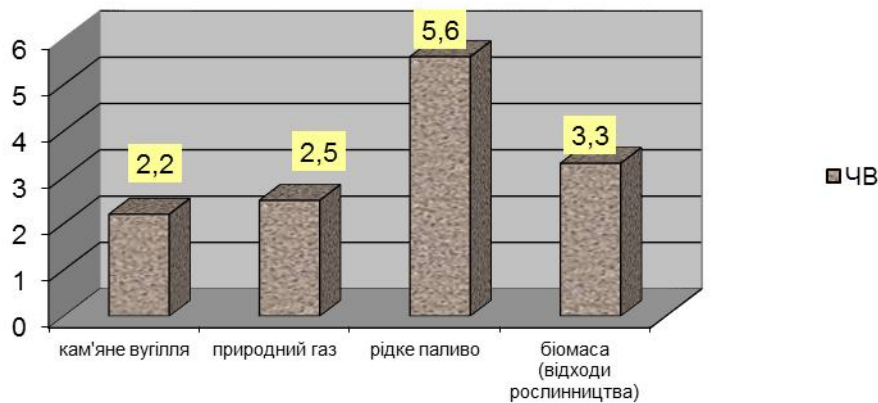


Рис. 2.8 - Значення екологічного показника викидів ЧВ, г/ГДж

Проаналізований обсяг викидів шкідливих речовин для різних технологій спалювання різних традиційних та альтернативних палив для вироблення теплової та електричної енергії: вироблення енергії в когенераційних установках, що працюють на природному газі; генерування енергії в котлах, що спалюють: природний газ, кам'яне вугілля; біомасу (відходи рослинництва);

Результати проведених досліджень та визначення кількості викидів для різних технологій спалювання палива для вироблення теплової та електричної енергії показані на рис. 2.9 – 2.16.

На основі аналізу результатів досліджень визначено низку переваг та недоліків різних технологій генерування енергії.

За результатами досліджень визначені про суттєві екологічні переваги використання природного газу та біомаси (відходів рослинництва) для генерування теплової енергії в котельні фермерського господарства. Слід зазначити, що використання біомаси в якості палива потребує застосування відповідних технологій очищення відхідних газів котельні.

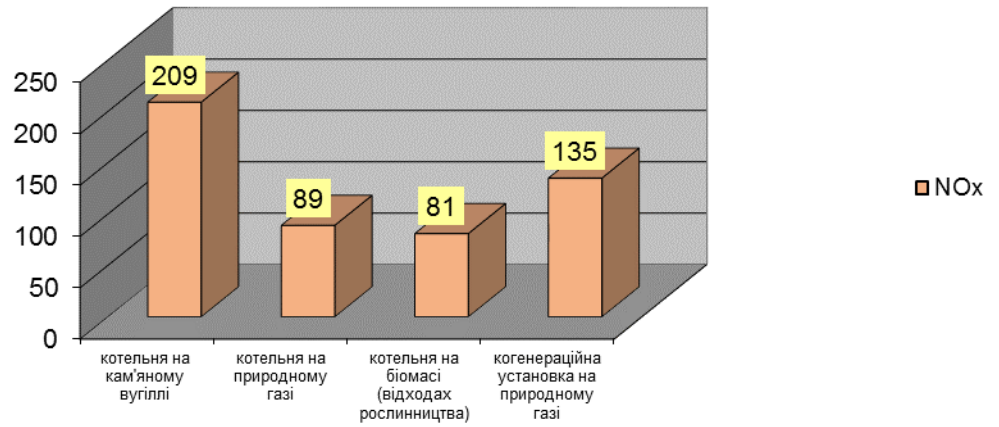


Рис. 2.9 – Значення екологічного показника викидів NOx для технологій спалювання палива, г/ГДж

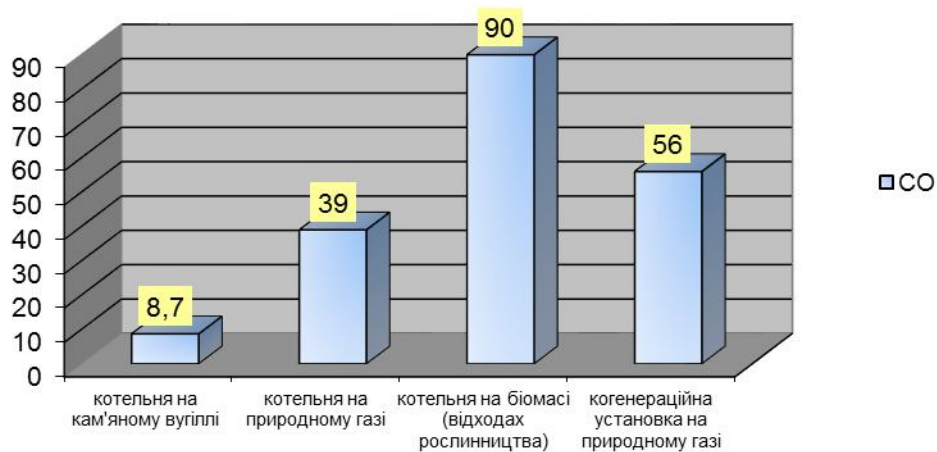


Рис. 2.10 – Значення екологічного показника викидів CO для технологій спалювання палива, г/ГДж

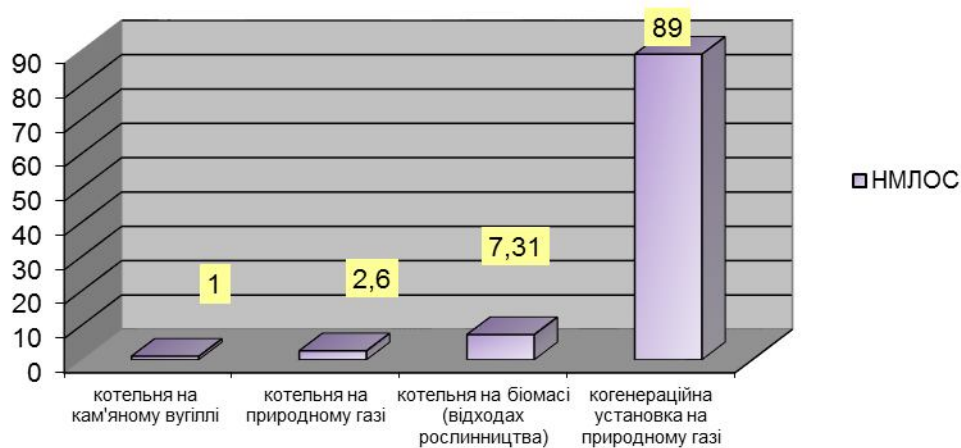


Рис. 2.11 – Значення екологічного показника викидів НМЛОС для технологій спалювання палива, г/ГДж

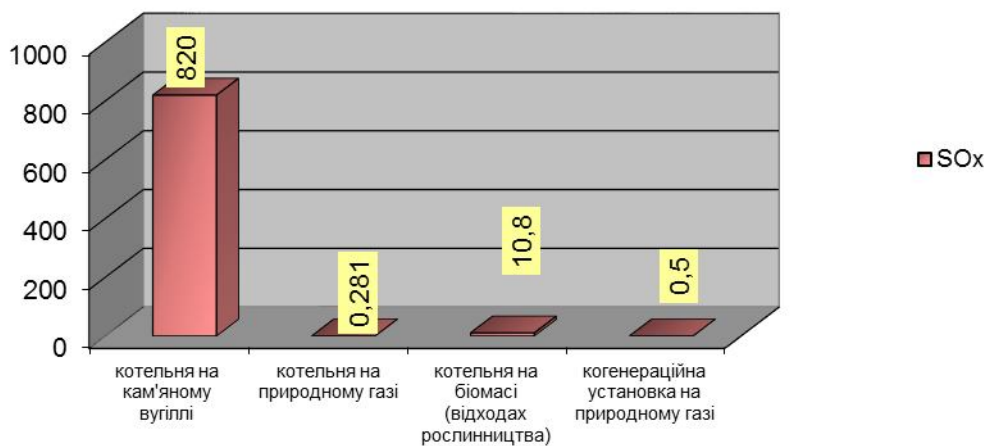


Рис. 2.12 – Значення екологічного показника викидів SOx для технологій спалювання палива, г/ГДж

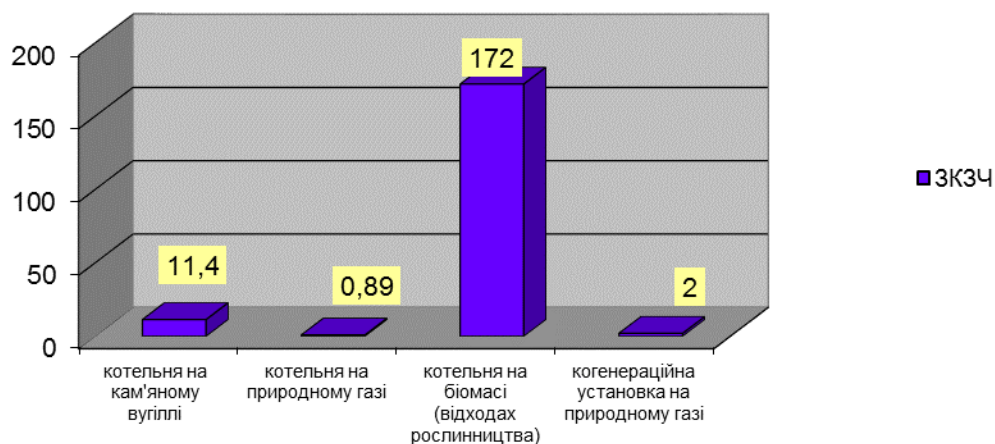


Рис. 2.13 – Значення екологічного показника ЗКЗЧ для технологій спалювання палива, г/ГДж

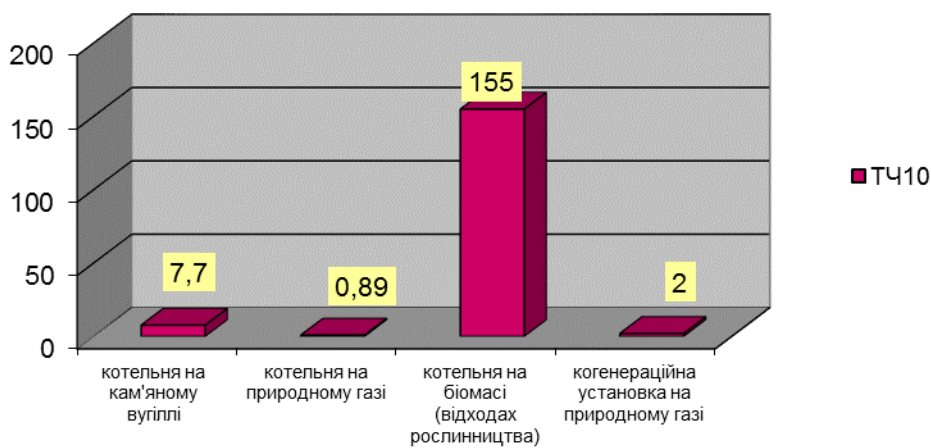


Рис. 2.14 – Значення екологічного показника викидів ТЧ10 для технологій спалювання палива, г/ГДж

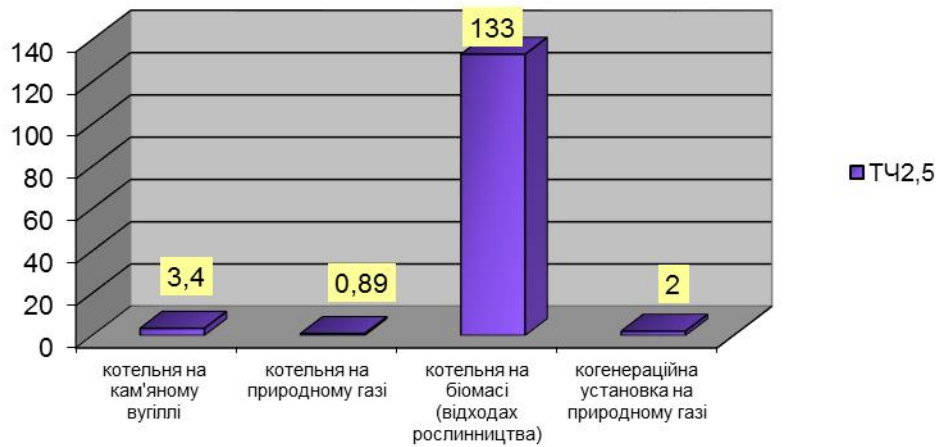


Рис. 2.15 – Значення екологічного показника викидів ТЧ_{2,5} для технологій спалювання палива, г/ГДж

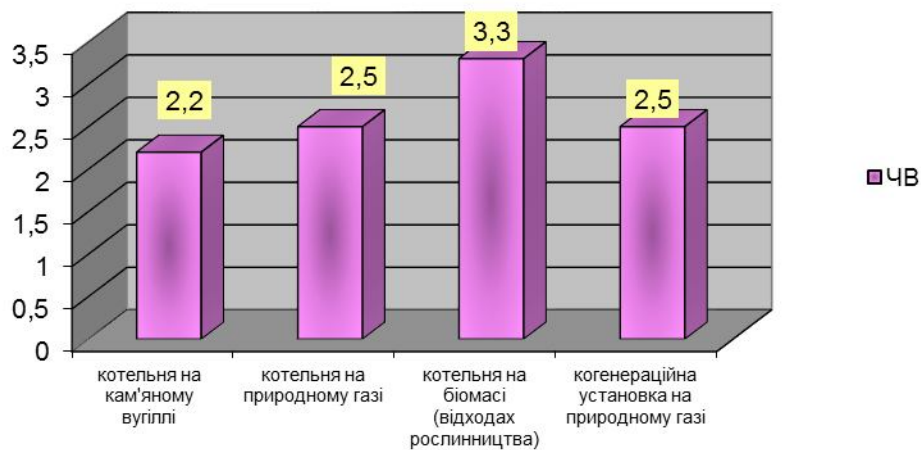


Рис. 2.16 – Значення екологічного показника викидів ЧВ для технологій спалювання палива, г/ГДж

За результатами багатоваріантного аналізу використання традиційних та альтернативних палив на основі оцінки показників енергетичної ефективності та

екобезпеки, нами визначено варіант використання, на основі когенераційних технологій, парокомпресійної теплонасосної установки (ТНУ) з когенераційною установкою на природному газі, який оцінено як найбільш ефективний. Низькотемпературна теплота для роботи ТНУ буде забезпечена від контактного утилізатора.

Висновки

В даному розділі представлено узагальнені результати з використання традиційних та альтернативних видів палива в котельних на основі показників екологічної безпеки та енергетичної ефективності.

Запропонований в роботах [39 – 45] підхід дозволив нам обрати варіант з підвищення ефективності енерговикористання для теплової схеми парової котельні фермерського господарства на основі ТНУ та когенераційної установки на природному газі.

З ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

3.1 Обґрунтування вибору варіанту з підвищення енергетичної ефективності

Результати розрахунку теплової схеми котельні фермерського господарства наведено в додатку Б.

Результати розрахунків для обраного в розділі 2 варіанту модернізації теплової схеми наведені у додатку Б, вони були проведені за методикою з досліджень [46 - 50].

За результатами проведених розрахунків визначена річна економія робочого палива котельнею в обсязі 24%. Для цього варіанту теплової схеми котельні капіталовкладення в нове обладнання будуть становити 11,615 млн. грн., термін окупності нового обладнання складе 3,38 року. Характеристики нового обладнання представлено в додатку Б. Принципова тепла схема парової котельні з підключенням нового обладнання зображена на рис. 3.1.

3.2 Схема автоматизації парової котельні фермерського господарства

В МКР виконано розробку систем автоматичного регулювання (САР) парової котельні з використанням інформаційних джерел [51 - 57], розрахунки та характеристики роботи САР наведені в додатку В.

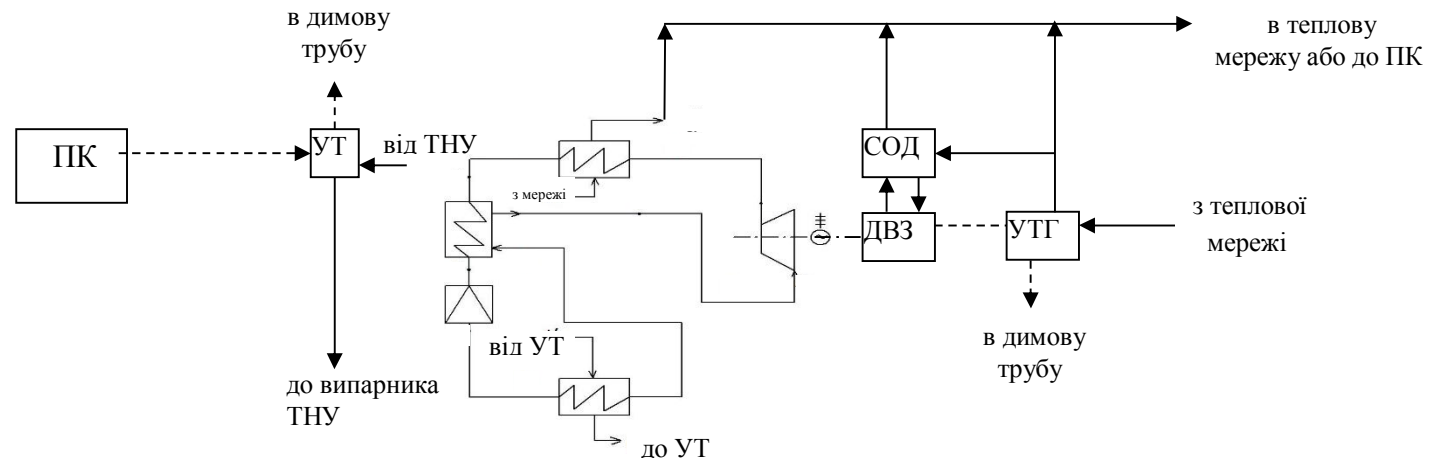


Рисунок 3.1 – Теплова схема парової котельні з ТНУ з ДВЗ
 ПК – паровий котел; ХВО – хімоводоочистка, УТ – контактний утилізатор
 теплоти відхідних газів котлів,
 ТНУ – теплонасосна установка, ДВЗ – газопоршневий двигун
 внутрішнього згорання, СОД – система охолодження двигуна,
 УТГ – утилізатор теплоти газів від двигуна

На рис. 3.2 – 3.5 показані САР парової котельні.

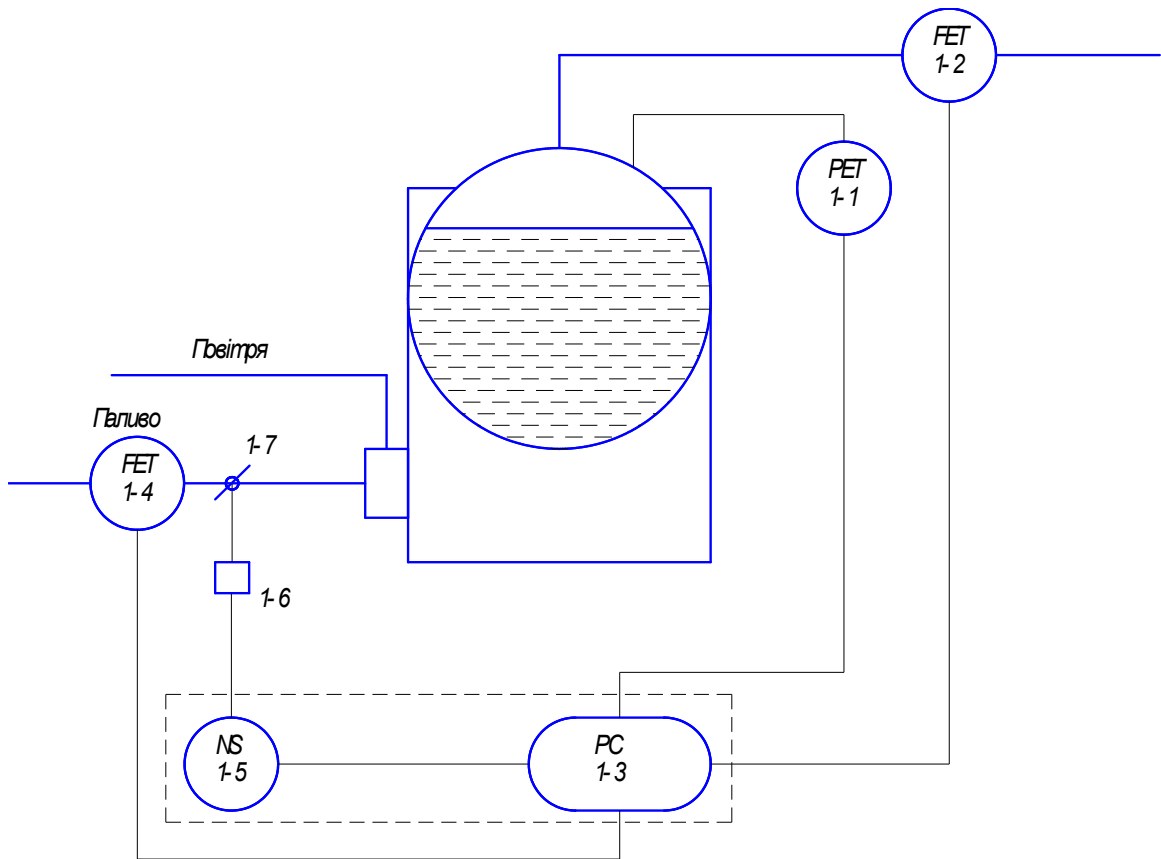


Рисунок 3.2 – Схема регулювання потужності котла

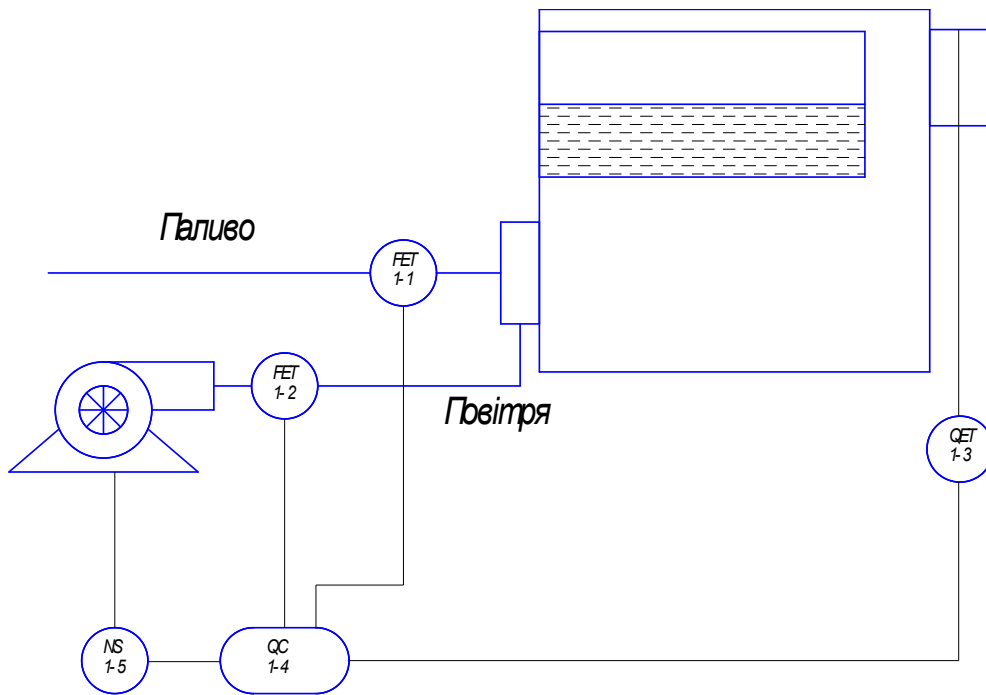


Рисунок 3.3– Схема регулювання потужності котла

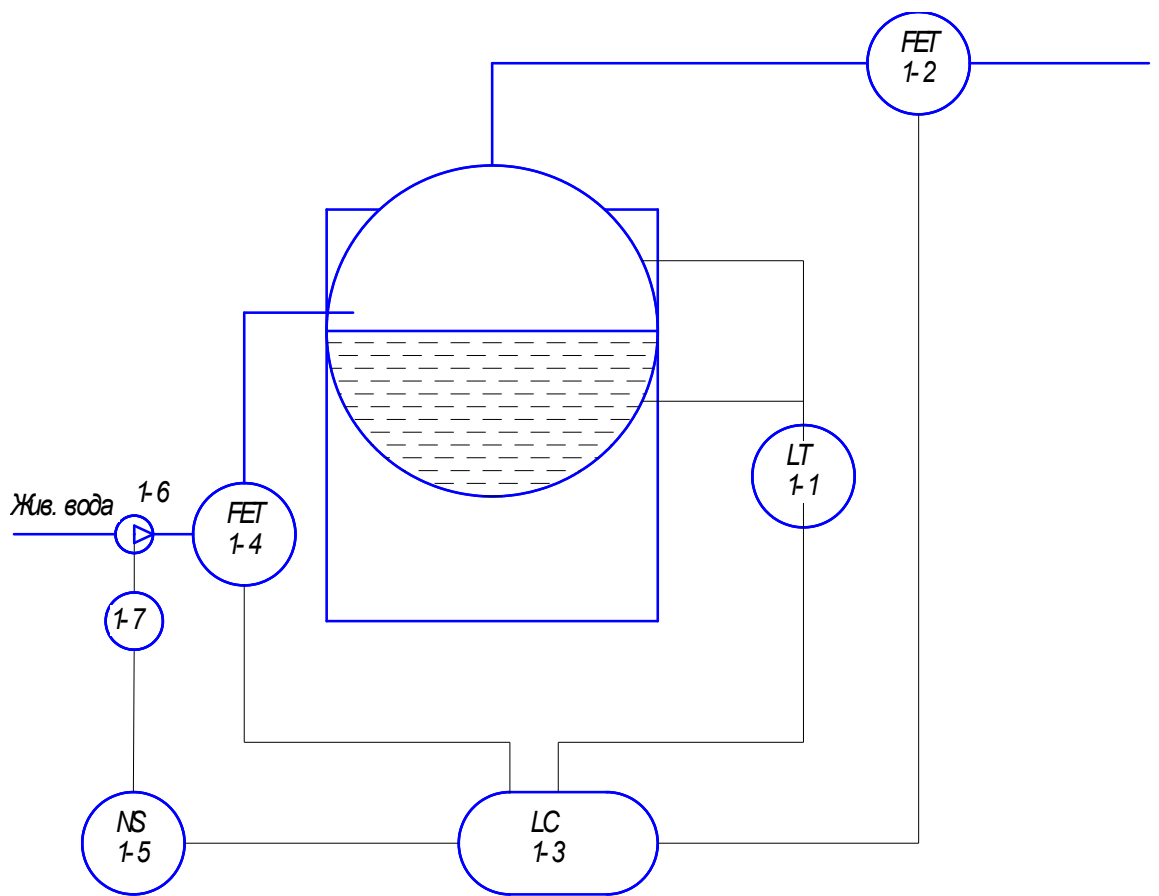


Рисунок 3.4 – Схема регулювання рівня води в барабані

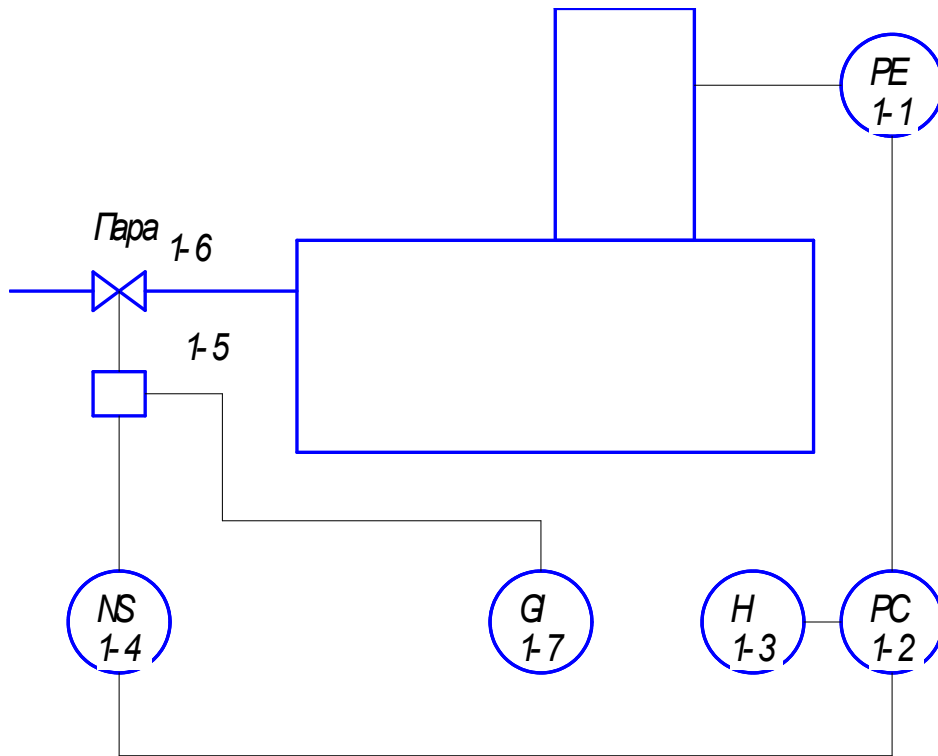


Рисунок 3.5 – Схема регулювання тиску в деаераторі

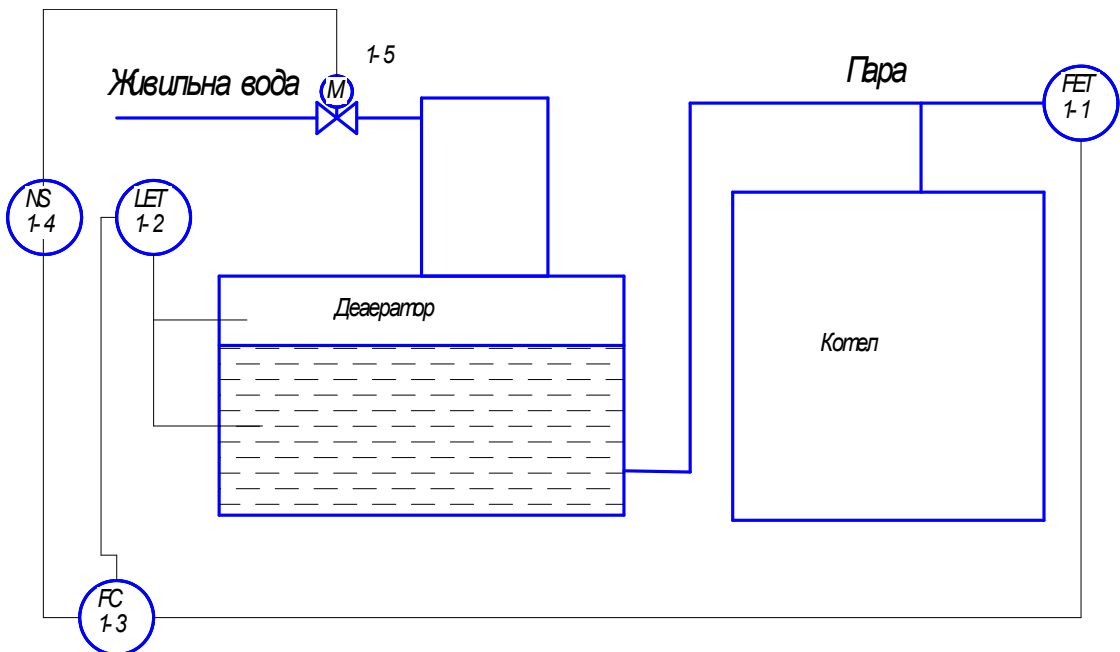


Рисунок 3.6 – Схема САР витрати пари

3.3 Технологія монтажу обладнання в тепловій схемі котельні парової котельні фермерського господарства

Виконані необхідні технічні розрахунки та виконана розробка технології монтажу нового обладнання для теплової схеми парової котельні фермерського господарства на основі джерел [58 - 68], результати зведені в додаток Г.

3.4 Програмне та математичне забезпечення розрахунків ефективності нового обладнання

Розрахунки показників ефективності ТНУ в тепловій схемі парової котельні виконані у спеціалізованій програмі SOLKANE Refrigerants 8.0 [69]. Вказана програма використовується для моделювання роботи ТНУ з різними холодоагентами, циклами та схемами.

Результати моделювання циклів парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі парової котельні фермерського господарства для першого сезону, виконані в програмі SOLKANE Refrigerants 8.0, показані на рис. 3.7 – 3.11.

Результати моделювання циклів парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі парової котельні фермерського господарства для другого сезону, виконані в програмі SOLKANE Refrigerants 8.0, показані на рис. 3.12 – 3.16.

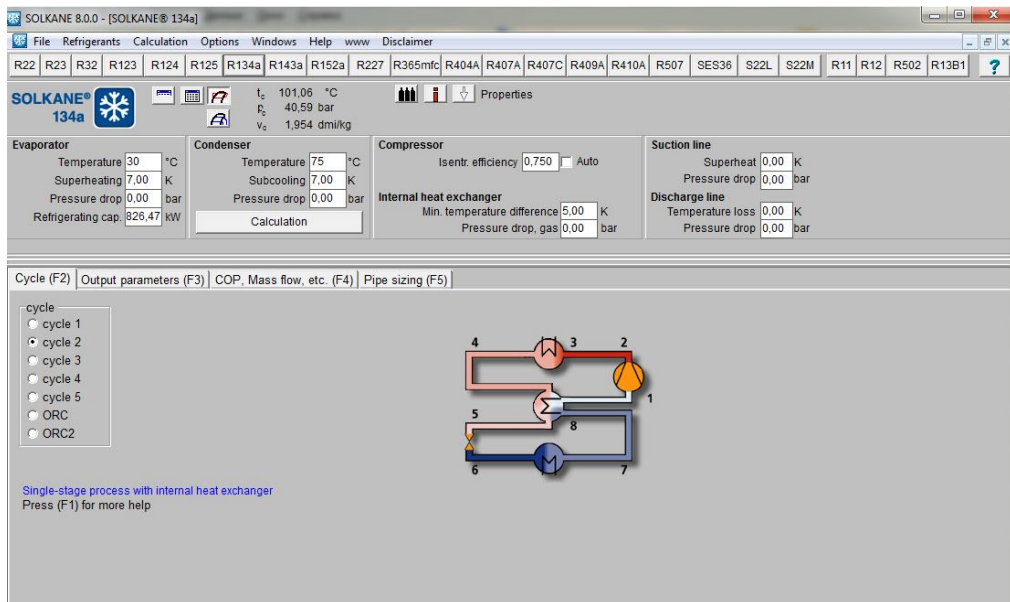


Рис. 3.7 – Введення початкових даних в SOLKANE Refrigerants 8.0

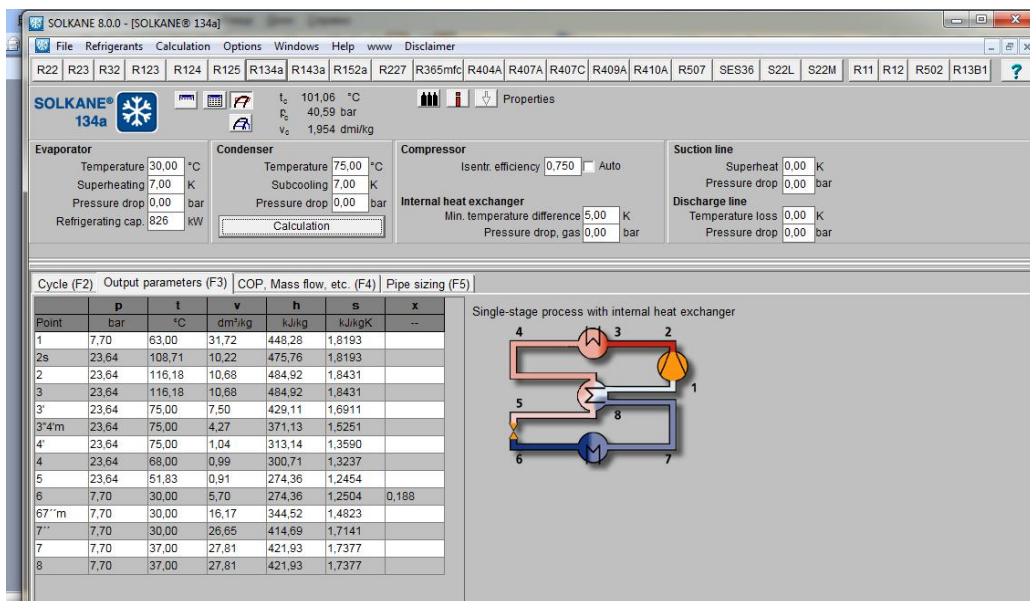


Рис. 3.8 – Розрахунок властивостей холодоагенту в SOLKANE Refrigerants 8.0

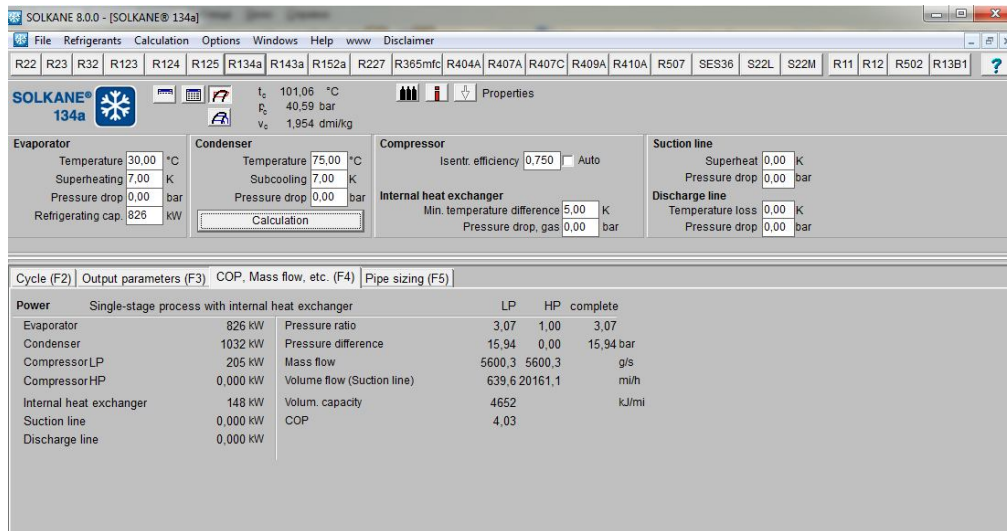


Рис. 3.9 – Індикатори роботи циклу ТНУ в SOLKANE Refrigerants 8.0

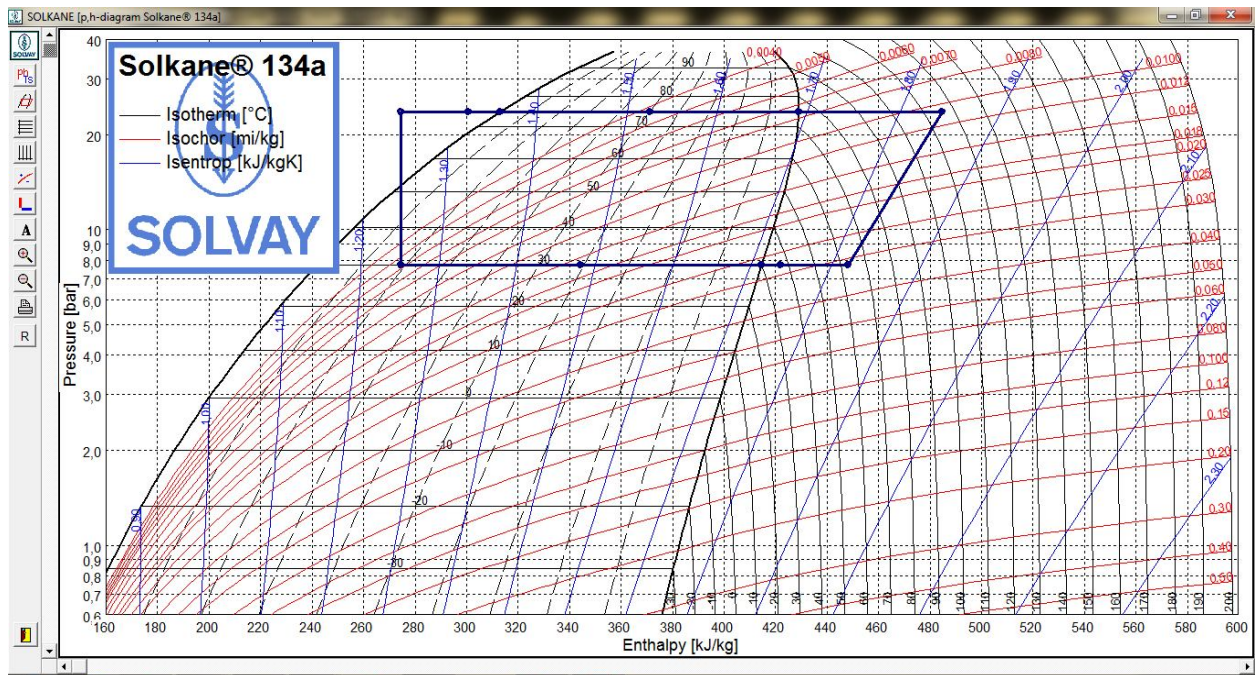


Рис. 3.10 – Циклу ТНУ в P-h діаграмі в SOLKANE Refrigerants 8.0

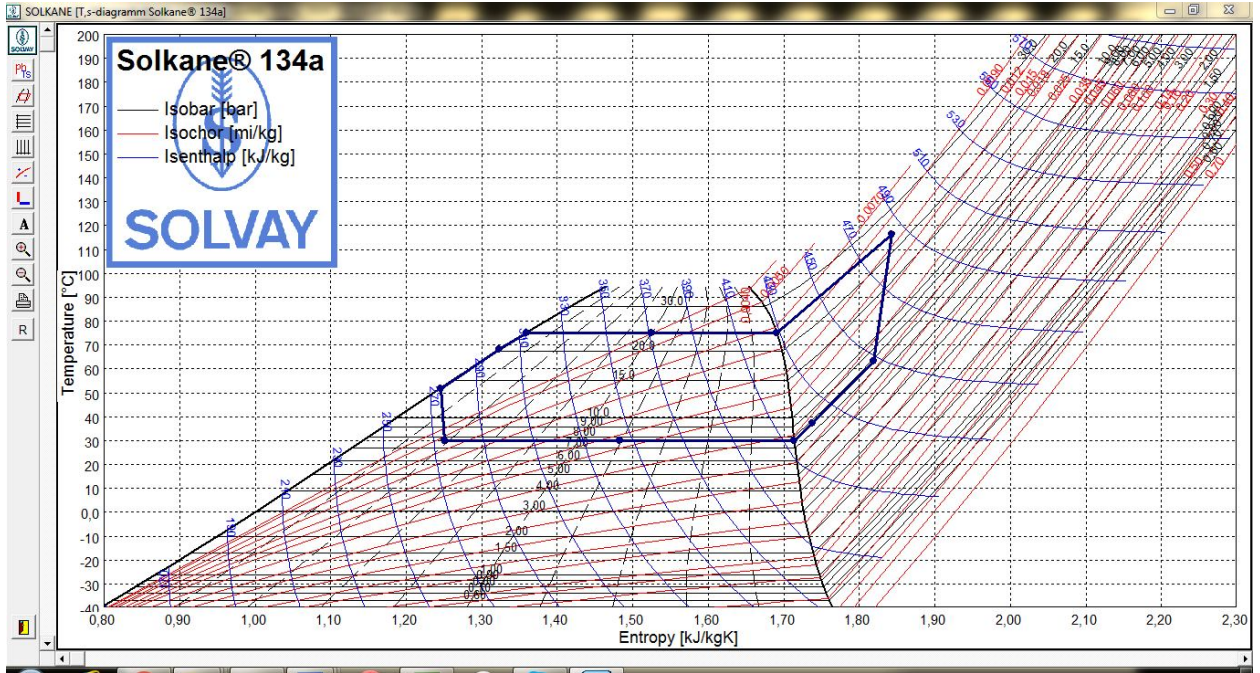


Рис. 3.11 – Циклу ТНУ в Т-s діаграмі в SOLKANE Refrigerants 8.0

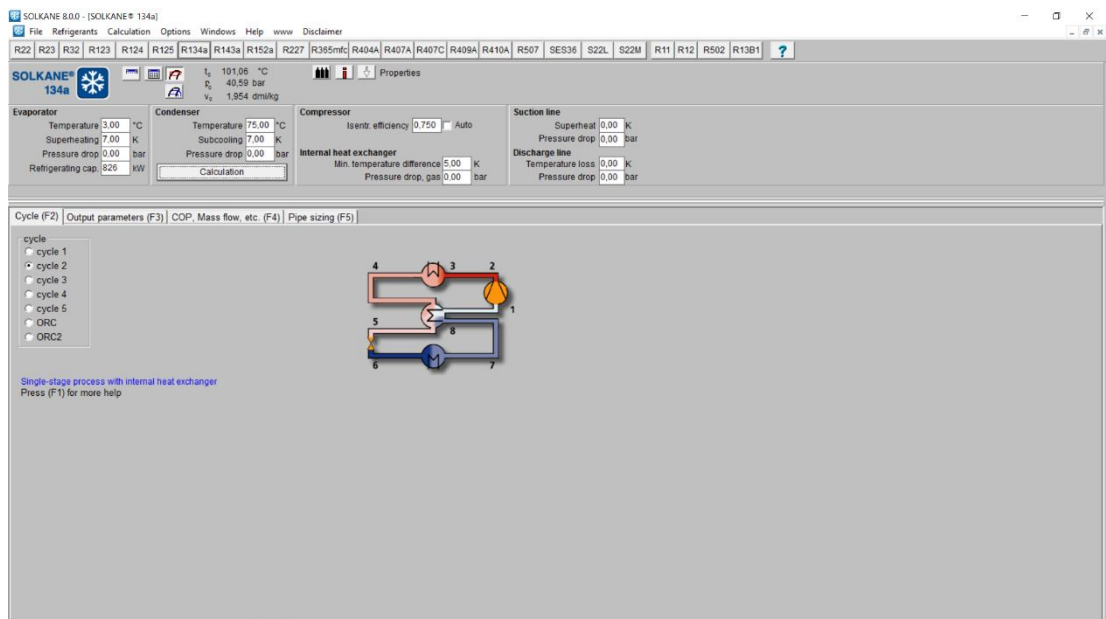


Рис. 3.12 – Введення початкових даних в SOLKANE Refrigerants 8.0

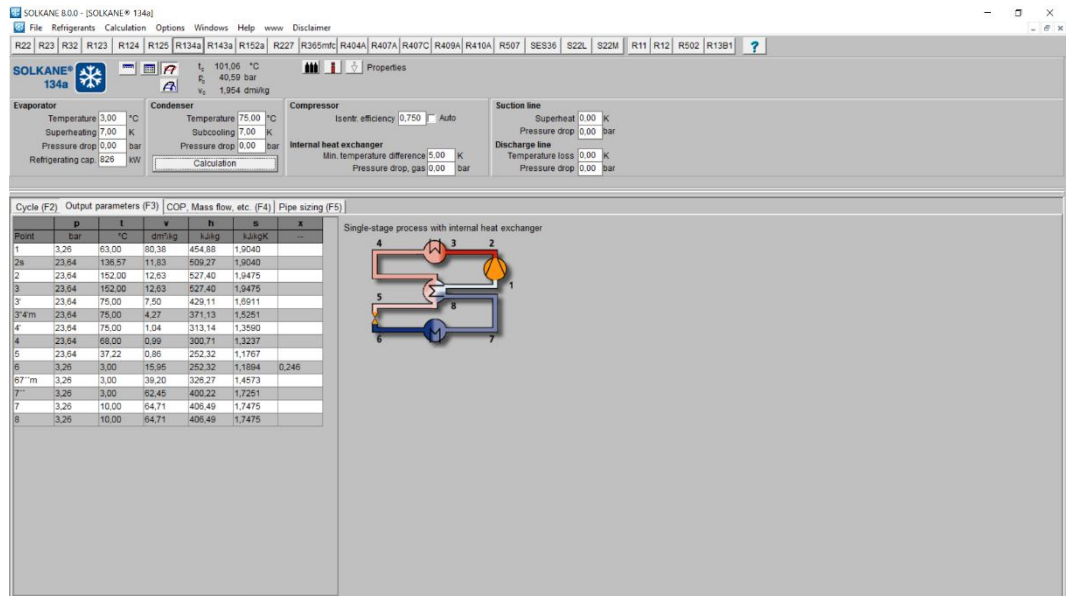


Рис. 3.13 – Розрахунок властивостей холодоагенту в SOLKANE Refrigerants 8.0

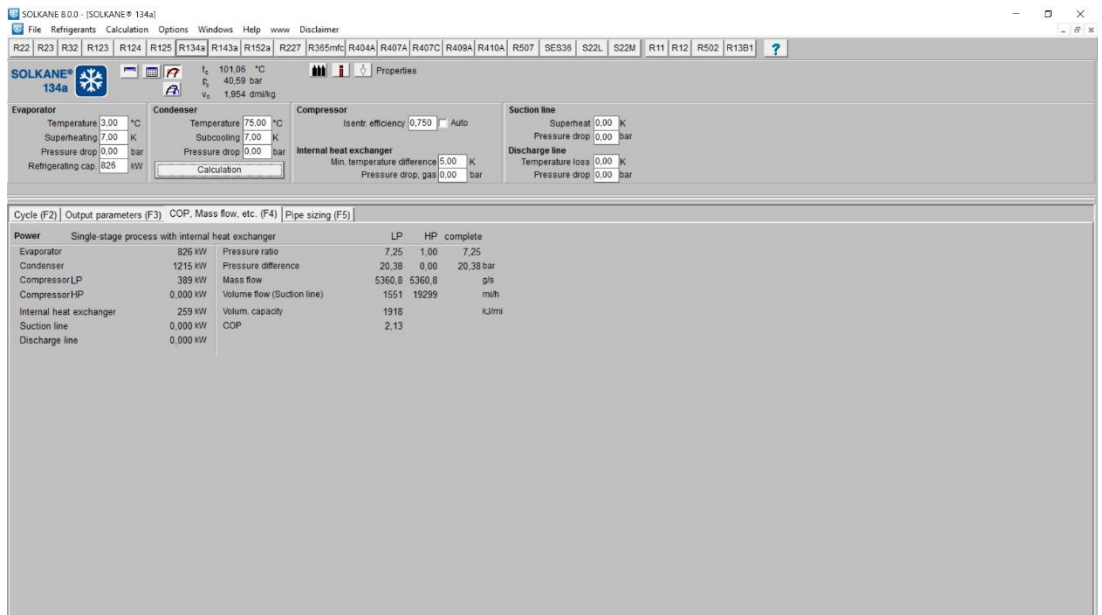


Рис. 3.14 – Індикатори роботи циклу в SOLKANE Refrigerants 8.0

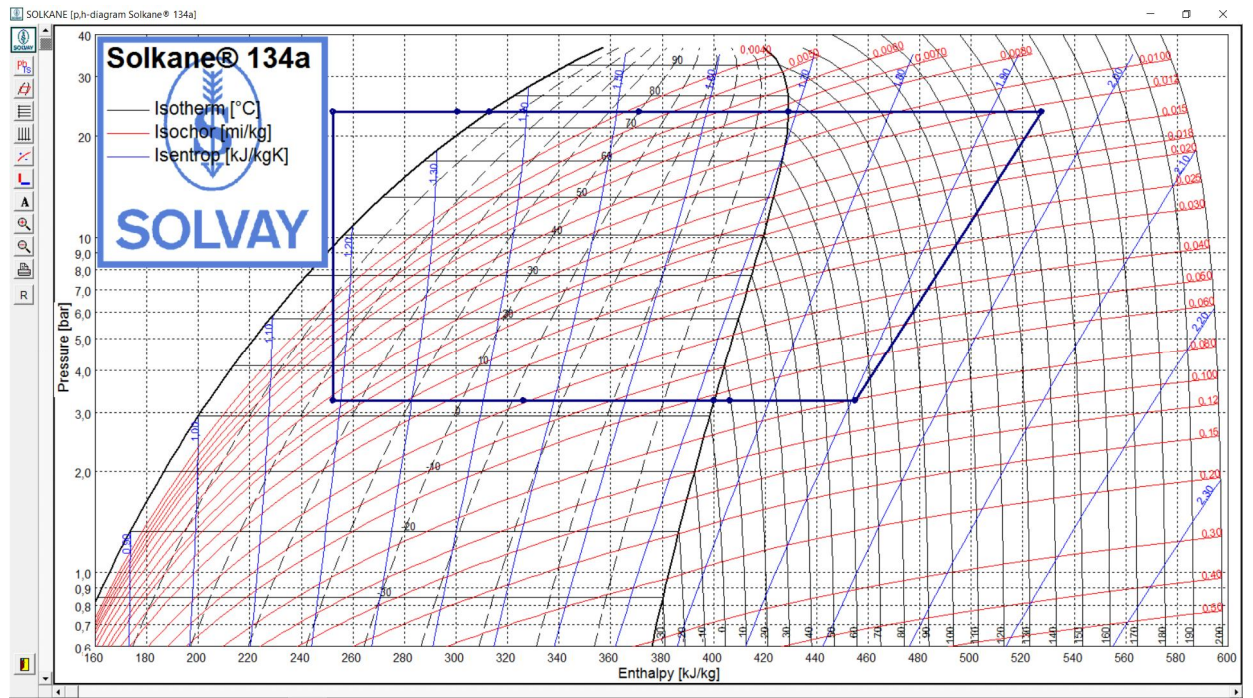


Рис. 3.15 – Цикл ТНУ в P-h діаграмі в SOLKANE Refrigerants 8.0

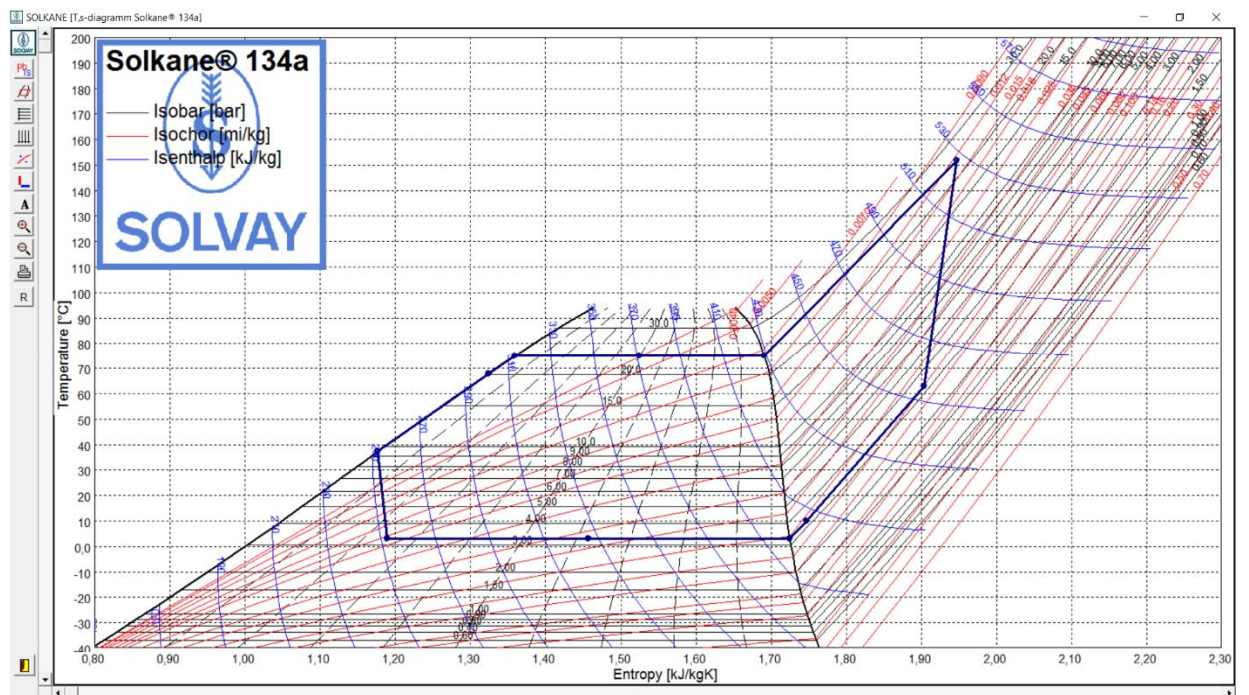


Рис. 3.16 – Циклу ТНУ в T-s діаграмі в SOLKANE Refrigerants 8.0

Виконано моделювання та здійснена екологічна оцінка низки показників екологічної безпеки варіантів спалювання традиційних та альтернативних видів палива для теплової схеми котельні фермерського господарства у спеціалізованій програмі «EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC)» [38]. На рис. 3.17 - 3.18 показано варіанти розрахунків показників, виконані в цій програмі].

Результати моделювання з визначенням екологічних показників досліджених варіантів в програмі SGEC [38] показані на рис. 3.19 – 3.34. Виконана оцінка екологічних показників низки варіантів спалювання традиційних та альтернативних видів палива в тепловій схемі парової котельні: камяного вугілля, рідкого палива, біомаси (деревина, солома), природного газу, Результати моделювання показані на рис. 3.19 – 3.26.



EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC) Version 3.2 June 2014

The EPA Simplified GHG Emissions Calculator ("the Calculator") is designed as a simplified calculation tool to help organizations estimate and inventory their annual greenhouse gas (GHG) emissions. All methodologies and default values provided were based on the most current Climate Leaders¹ *Greenhouse Gas Inventory Guidance* and the *Emission Factors Hub*. The Calculator will determine the direct and indirect emissions from all sources at a company when activity data are entered into the various sections of the workbook for one annual period.

Before entering data, please: 1) Enable Macros and 2) Familiarize yourself with the *Guide to Greenhouse Gas Management for Small Business & Low Emitters*.

Download the guide: http://www.epa.gov/climateleadership/documents/resources/lowemitter_guidance.pdf

There are three primary steps in completing a GHG inventory. Each emissions source also has these three steps.

(1) **DEFINE:** The first step in completing a GHG inventory is to determine the boundaries and emissions sources included within those boundaries. After you have defined your organizational and operational boundaries, you can use the questions on the "Boundary Questions" worksheet to help you determine which emissions sources are relevant to your business.

[Go to Boundary Questions](#)

(2) **COLLECT:** The second step is to collect data for the defined annual period. This step is typically the most time consuming, since the data can be difficult to gather. This Calculator has help sheets with suggestions and guidance for each emissions source and a

Рис. 3.17 - Програма SGES

[Back to Intro](#)[Back to Summary](#)

Tool Sheet: Emission Factors

All emission factors sourced from EPA's Emission Factors Hub, April 2014 (<http://www.epa.gov/climateleadership/inventory/ghg-emissions>)

Stationary Combustion Emission Factors (Used for Steam and Stationary Combustion)

Fuel Type	CO ₂ Factor (kg/mmBtu)	CH ₄ Factor (g / mmBtu)	N ₂ O Factor (g / mmBtu)	CO ₂ Factor (kg/Unit)	CH ₄ (g)
Anthracite Coal	103,69	11	1,6	2 602	
Bituminous Coal	93,28	11	1,6	2 325	
Sub-bituminous Coal	97,17	11	1,6	1 676	
Lignite Coal	97,72	11	1,6	1 389	
Unspecified (Electric Utility)	95,52	11	1,6		
Coke	113,67	11	1,6		
Natural Gas	53,06	1,0	0,10	0,05444	
Distillate Fuel Oil (#1, 2 & 4)	73,96	3,0	0,60	10,21	
Residual Fuel Oil (#5 & 6)	75,10	3,0	0,60	11,27	
Kerosene	75,20	3,0	0,60	10,15	
Petroleum Coke	102,41	3,0	0,60		
LPG / Propane	61,71	3,0	0,60	5,68	
Wood and Wood Waste	0	7,2	3,6	1 640	
Landfill Gas (50% CH ₄ , 50% CO ₂)	0	3,2	0,63	0,02525	

Source:

Federal Register (2009) EPA; 40 CFR Parts 86, 87, 89 et al; Mandatory Reporting of Greenhouse Gases; Final Rule, 30Oct09, 261 pp. Tables C-1 and C-2 at FR factors for selected fuels: Federal Register (2010) EPA; 40 CFR Part 98; Mandatory Reporting of Greenhouse Gases; Final Rule, 17Dec10, 81 pp. With Amendments: Revisions to the Greenhouse Gas Reporting Rule (PDF) to 40 CFR part 98, subpart C: Table C-1 to Subpart C—Default CO₂ Emission Factors and High Heat Value; Table C-2 to Subpart C—Default CH₄ and N₂O Emission Factors for Various Types of Fuel.

◀ ▶ | Purchased Gases / Waste Gases / Electricity / Steam / Business Travel / Commuting / Product Transport / RECs-Green P

Рис. 3.18 – Обчислення екологічних показників в програмі SC

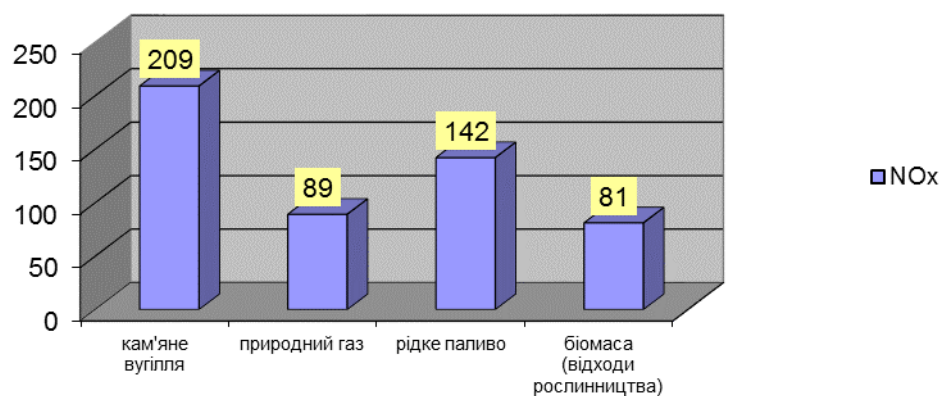


Рис. 3.19 – Значення екологічного показника викидів NOx, г/ГДж

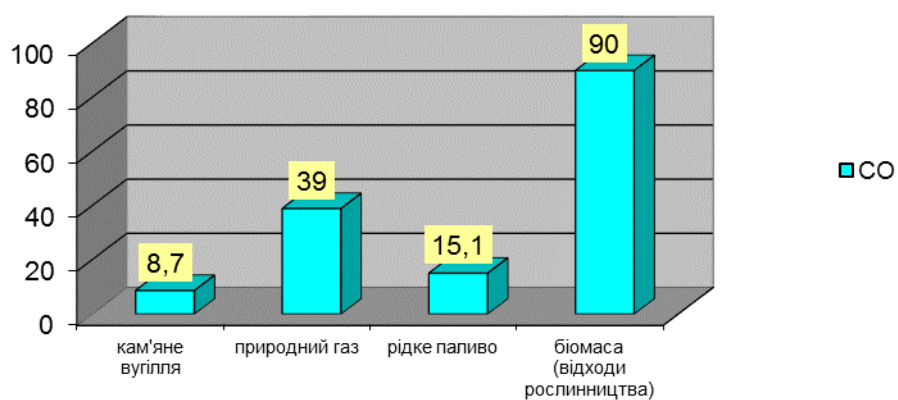


Рис. 3.20 – Значення екологічного показника викидів CO, г/ГДж

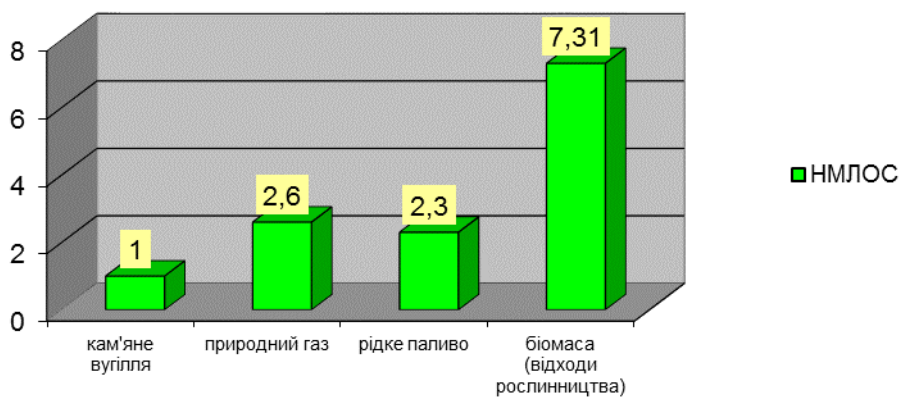


Рис. 3.21 – Значення екологічного показника викидів НМЛОС, г/ГДж

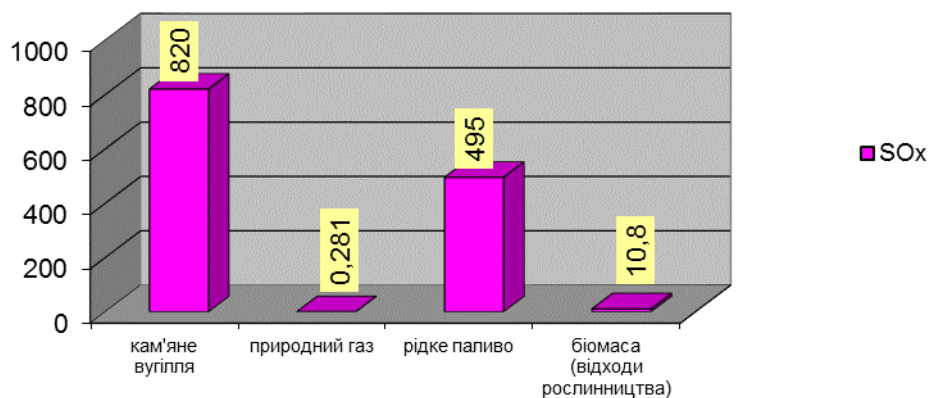


Рис. 3.22 – Значення екологічного показника викидів SOx, г/ГДж

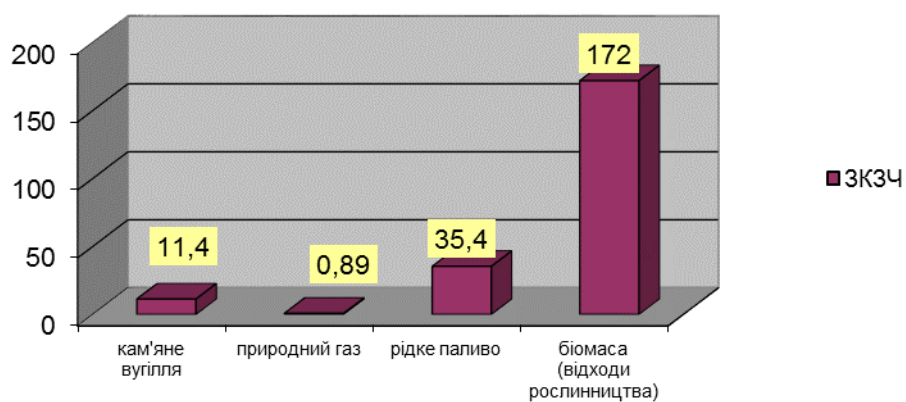


Рис. 3.23 – Значення екологічного показника ЗКЗЧ, г/ГДж

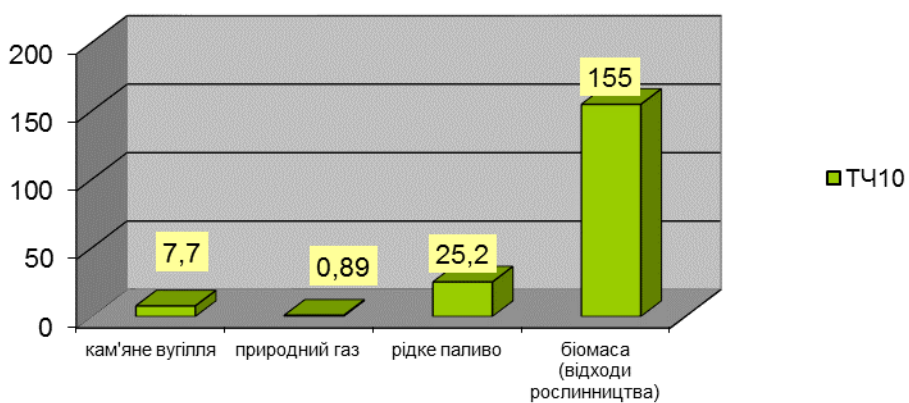


Рис. 3.24 – Значення екологічного показника ТЧ10, г/ГДж

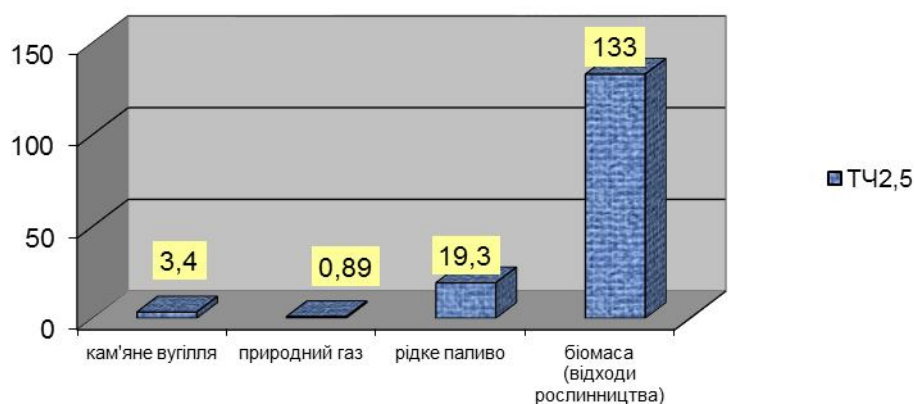


Рис. 3.25 – Значення екологічного показника ТЧ_{2,5}; г/ГДж

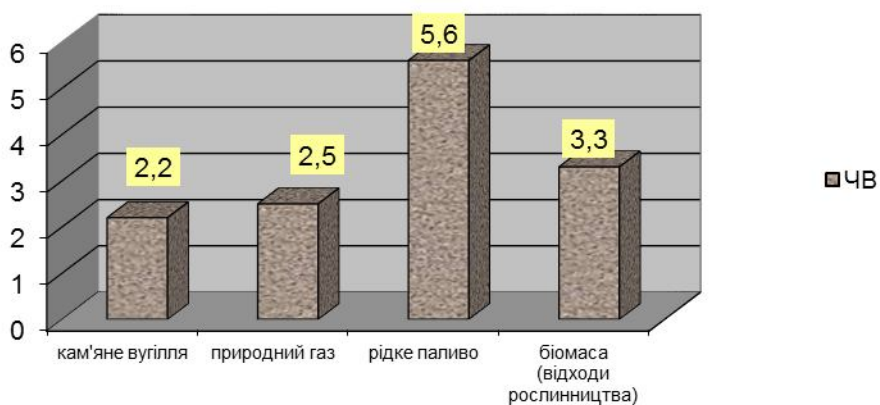


Рис. 3.26 - Значення екологічного показника викидів ЧВ, г/ГДж

Використано моделювання з метою оцінки очікуваної емісії шкідливих викидів в атмосферу для низки технологій спалювання в котельній традиційних та альтернативних палив: вироблення теплоти в котлах на відходах рослинництва, газоподібному та твердому паливі (вугілля), для технології генерування теплоти в ТНУ з когенераційною установкою на природному газі.

Результати моделювання проілюстровані на рис. 3.27– 3.34.

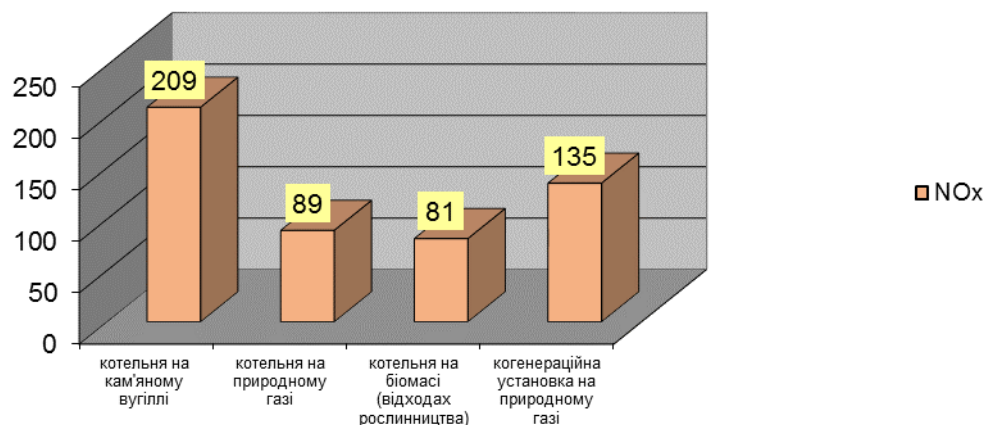


Рис. 3.27 – Значення екологічного показника викидів NOx для технологій спалювання палива, г/ГДж

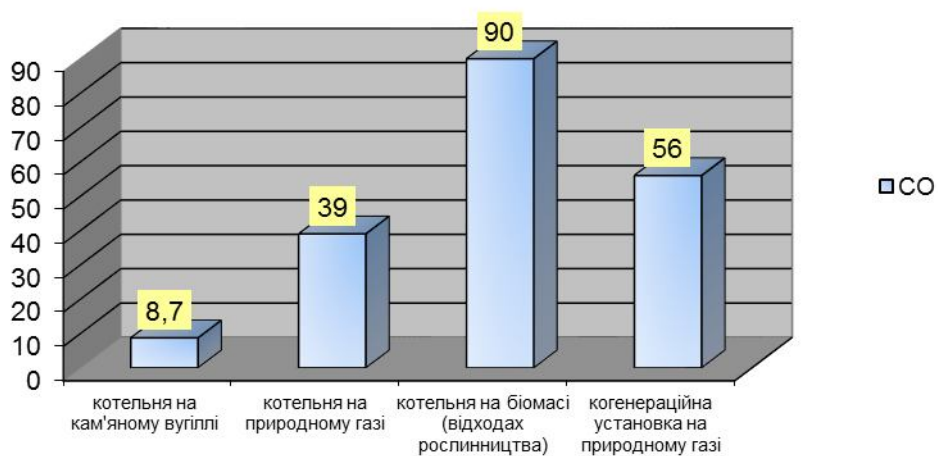


Рис. 3.28 – Значення екологічного показника викидів CO для технологій спалювання палива, г/ГДж

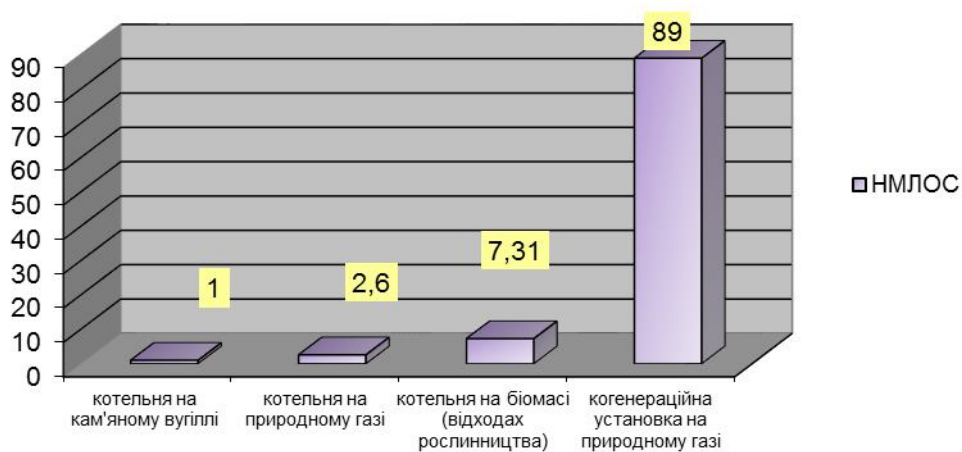


Рис. 3.29 – Значення екологічного показника викидів НМЛОС для технологій спалювання палива, г/ГДж

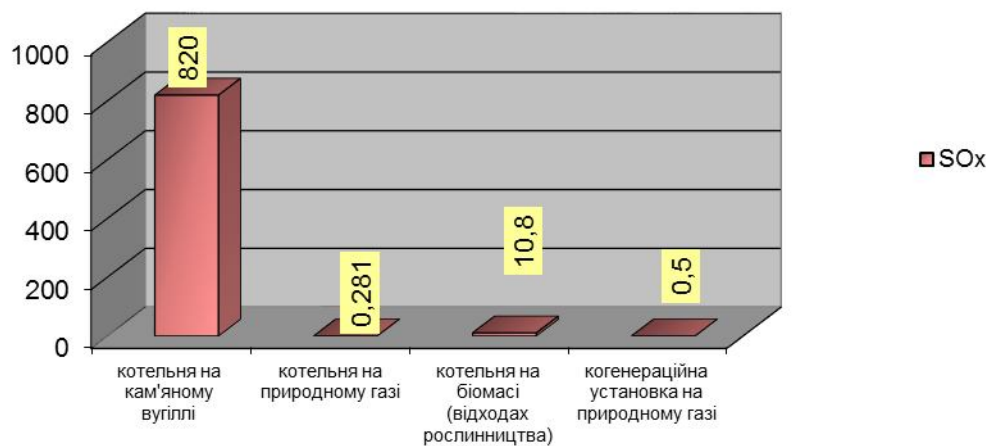


Рис. 3.30 – Значення екологічного показника викидів SOx для технологій спалювання палива, г/ГДж

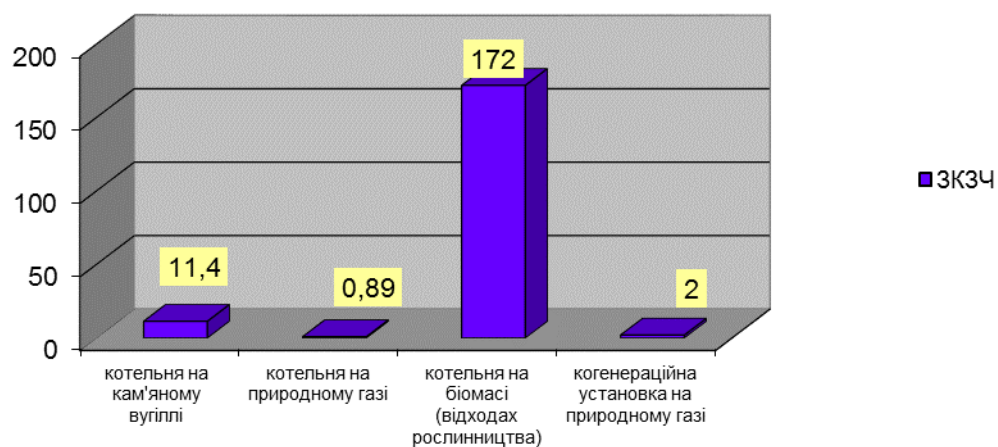


Рис. 3.31– Значення екологічного показника ЗКЗЧ для технологій спалювання палива, г/ГДж

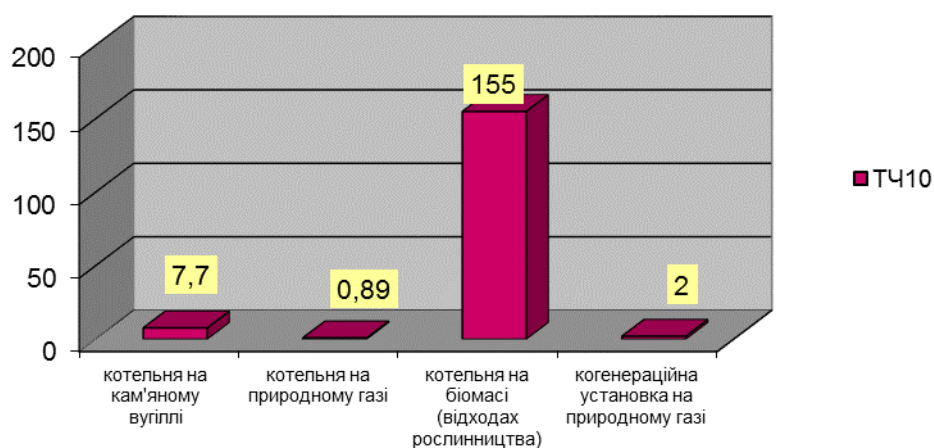


Рис. 3.32 – Значення екологічного показника викидів ТЧ10 для технологій спалювання палива, г/ГДж

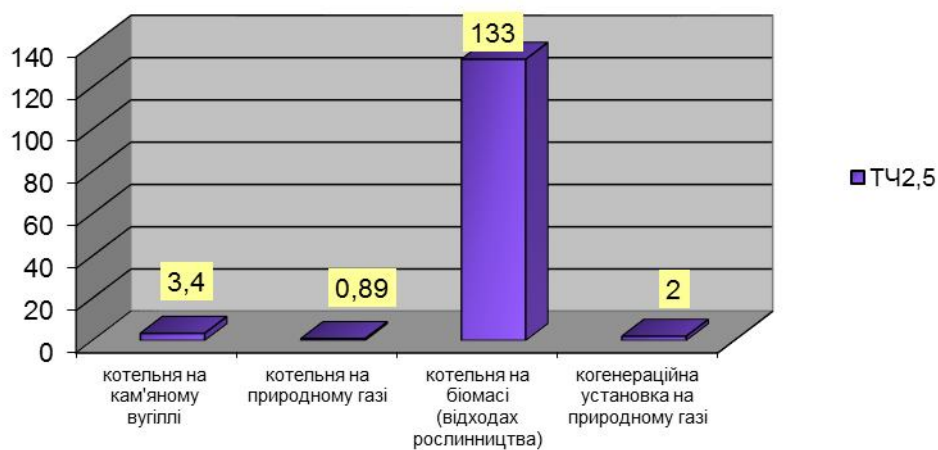


Рис. 3.33 – Значення екологічного показника викидів ТЧ_{2,5} для технологій спалювання палива, г/ГДж

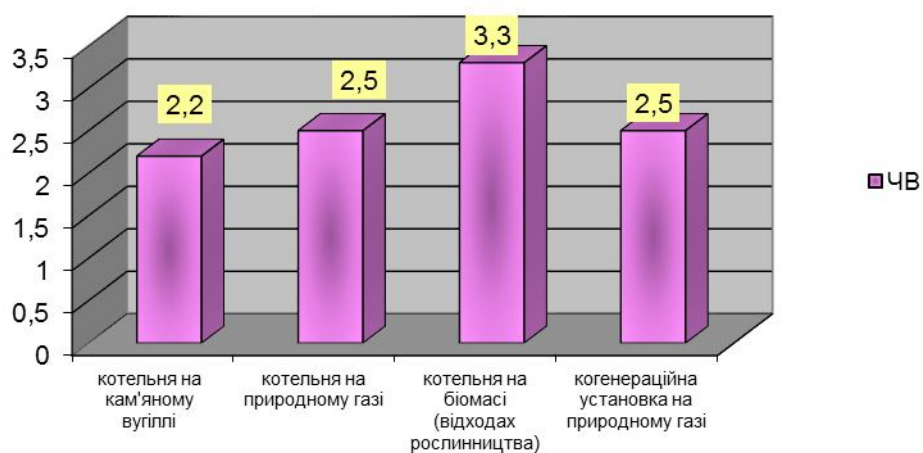


Рис. 3.34 – Значення екологічного показника викидів ЧВ для технологій спалювання палива, г/ГДж

Висновок

Розрахунки показників ефективності ТНУ в тепловій схемі парової котельні виконані у спеціалізованій програмі SOLKANE Refrigerants 8.0 [69]. Вказана програма використовується для моделювання роботи ТНУ з різними холодоагентами, циклами та схемами.

Виконано моделювання та здійснена екологічна оцінка низки показників екологічної безпеки варіантів спалювання традиційних та альтернативних видів палива для теплової схеми котельні фермерського господарства у спеціалізованій програмі «EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC)».

4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ НОВОГО ОБЛАДНАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ

4.1 Визначення капітальних вкладень на модернізацію котельні

Для розрахунку вартості модернізації котельні з КТНУ дотримано вимоги ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 „Правила визначення вартості будівництва” і використано програму “АВК”.

Даний розділ складається з локального кошторису (представлено в таблиці Д.1 в додатку Д) і аналізу економічної ефективності варіанту модернізації теплової схеми котельні з КТНУ (представлений в таблиці 4.1).

Локальний кошторис на влаштування нового обладнання розрахований в цінах 2020 року на основі підібраних матеріалів та ресурсних елементних кошторисних норм, поточних цін на матеріали та ресурси (див. таблиця Д.1 в додатку Д).

Кошторисна вартість дорівнює $K = 29105,411$ тис. грн.

Кошторисна заробітна плата ЗП = 116,805 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість $T = 5,277$ тис. люд -год

4.2 Техніко-економічні показники проекту

Розраховані за методикою з [74 - 76], техніко-економічні показники проекту представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку економічної ефективності теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Значення
1	2	3	4	5
Тривалість роботи котельні в рік	$\tau_{річ}$	год/рік	Задаємося	8760
Тривалість роботи котельні перший сезон	τ_1	год/рік	Задаємося	30
Тривалість роботи котельні в другий сезон	τ_2	год/рік	Задаємося	4484
Тривалість роботи котельні в третій сезон	τ_3	год/рік	Задаємося	4246
Витрати палива в діючій схемі в перший сезон	B_1	$м^3/с$	За попередніми розрахунками	0,598
Витрати палива в діючій схемі в другий сезон	B_2	$м^3/с$	За попередніми розрахунками	0,399
Витрати палива в діючій схемі в третій сезон	B_3	$м^3/с$	За попередніми розрахунками	0,169
Річна витрата робочого палива в діючій схемі	$B_p^{річ}$	тис. $м^3/рік$	$B_p^{річ}=(B_1 \cdot \tau_1 + B_2 \cdot \tau_2 + B_3 \cdot \tau_3) \cdot 3,6$	8894,89
Витрати палива в модернізованій схемі з КТНУ в перший сезон	$B_1^{мод}$	$м^3/с$	За попередніми розрахунками	0,598

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Витрати палива в модернізованій схемі з КТНУ в другий сезон	$V_2^{\text{мод}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	За попередніми розрахунками	0,306
Витрати палива в модернізованій схемі з КТНУ в третій сезон	$V_3^{\text{мод}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	За попередніми розрахунками	0,114
Теплота згорання палива	$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$	$\text{МДж}/\text{м}^3$	3 характеристики палива	34
Річна витрата робочого палива в модернізованій схемі з КТНУ	$V_{\text{р}}^{\text{мод}}$	$\text{тис.м}^3/\text{рік}$	$V_{\text{р}}^{\text{мод}} = (V_1^{\text{мод}} \cdot \tau_1 + V_2^{\text{мод}} \cdot \tau_2 + V_3^{\text{мод}} \cdot \tau_3) / \tau_{\text{річ}}$	6417,56
Теплота згорання умовного палива	$Q_{\text{ну}}^{\text{р}}$	$\text{МДж}/\text{кг}$	Приймаємо	29,3
Річна витрата умовного палива в діючій схемі	$V_{\text{у}}^{\text{річ}}$	$\text{тонн}/\text{рік}$	$V_{\text{у}}^{\text{річ}} = \frac{V_{\text{р}}^{\text{річ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{Q_{\text{ну}}^{\text{р}}}$	10322,01
Річна витрата умовного палива в модернізованій схемі з КТНУ	$V_{\text{у}}^{\text{мод}}$	$\text{тонн}/\text{рік}$	$V_{\text{у}}^{\text{мод}} = V_{\text{р}}^{\text{мод}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} / Q_{\text{ну}}^{\text{р}}$	7447,22
Потужність споживачів в перший сезон	Q_1	МВт	За попередніми розрахунками	17,6
Потужність споживачів в другий сезон	Q_2	МВт	За попередніми розрахунками	11,67
Потужність споживачів в третій сезон	Q_3	МВт	За попередніми розрахунками	5,1
Річний відпуск теплоти котельнею	$Q_{\text{річ}}$	$\text{ГДж}/\text{рік}$	$Q_{\text{річ}} = (Q_1 \cdot \tau_1 + Q_2 \cdot \tau_2 + Q_3 \cdot \tau_3) \cdot 3,6$	262609,9

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Питома витрата робочого палива в діючій схемі	b_p	м ³ /ГДж	$b_p = \frac{B_p^{річ}}{Q_{річ}}$	33,87
Питома витрата умовного палива в діючій схемі	b_y	кг/ГДж	$b_y = \frac{B_y^{річ}}{Q_{річ}}$	39,31
Питомі витрати робочого палива в модернізованій схемі з КТНУ	$b_p^{мод}$	м ³ /ГДж	$b_p^{мод} = B_p^{мод} / Q_{річ}$	24,44
Питомі витрати умовного палива в модернізованій схемі з КТНУ	$b_y^{мод}$	кг/ГДж	$b_y^{мод} = B_y^{мод} / Q_{річ}$	28,36
Капіталовкладення в ТНУ	$K_{ТНУ}$	грн.	$K_{ТНУ} = k \cdot Q_k \cdot n$	15708480
Капіталовкладення в ДВЗ	$K_{ДВЗ}$	грн.	$K_{ДВЗ} = k \cdot N_{ДВЗ} \cdot n$	6480000
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	$K_{н.о.}$	тис. грн.	$K_{н.о.} = K_{ТНУ} + K_{ДВЗ}$	22188480
Електрична потужність в діючій схемі в перший сезон	N_1	кВт	За попередніми розрахунками	126,52
Електрична потужність в діючій схемі в другий сезон	N_2	кВт	За попередніми розрахунками	105,15

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Електрична потужність в діючій схемі в третій сезон	N_3	кВт	За попередніми розрахунками	40,28
Річні витрати електроенергії в діючій схемі	$N_{річ}$	кВт·год/рік	$N_{річ} = N_1 \cdot \tau_1 + N_2 \cdot \tau_2 + N_3 \cdot \tau_3$	630878,02
Ціна електроенергії	C_e	грн/(кВт·год)	Приймаємо	2,39
Заробітна плата працівника	$\Phi_{з.п.}$	грн./місяць	Приймаємо	11423
Витрати на електроенергію в діючій схемі	$C_{ел}$	грн/рік	$C_{ел} = C_e \cdot N_{річ}$	1507798,47
Електрична потужність в модернізованій схемі з КТНУ в перший сезон	$N_{1м}$	кВт	За попередніми розрахунками	126,52
Електрична потужність в модернізованій схемі з КТНУ в другий сезон	$N_{2м}$	кВт	За попередніми розрахунками	139,84
Електрична потужність в модернізованій схемі з КТНУ в третій сезон	$N_{3м}$	кВт	За попередніми розрахунками	94,80

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Річні витрати електроенергії в модернізованій схемі з КТНУ	$N_{\text{річ}}^M$	кВт·год/рік	$N_{\text{річ}}^M = N_{1M} \cdot \tau_1 + N_{2M} \cdot \tau_2 + N_{3M} \cdot \tau_3$	1022658,04
Витрати на електроенергію в модернізованій схемі з КТНУ	$C_{\text{ел}}^M$	грн/рік	$C_{\text{ел}}^M = N_{\text{річ}}^M \cdot \text{Ц}_e$	2444152,71
Амортизаційне відрахування в нове обладнання	$C_{\text{ам}}$	грн/рік	$C_{\text{ам}} = K_{\text{н.о.}} \cdot \text{Н}_a$	2267662,66
Витрати на поточний ремонт	$C_{\text{пр}}$	грн/рік	$C_{\text{пр}} = C_{\text{ам}} \cdot 0,2$	453532,5
Витрати на заробітну плату	$C_{\text{з.п.}}$	грн/рік	$C_{\text{з.п.}} = N_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{з.п.}}$	1370760
Ціна палива	$\text{Ц}_{\text{пал}}$	грн/тис. м ³	Приймаємо	5527,2
Витрати на паливо в діючій схемі	$C_{\text{п}}$	грн/рік	$C_{\text{п}} = V_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{пал}}$	49163821,4
Витрати на паливо в модернізованій схемі з КТНУ	$C_{\text{п}}^M$	грн/рік	$C_{\text{п}}^M = V_{\text{р}}^{\text{мод}} \cdot \text{Ц}_{\text{пал}}$	36982635,9
Витрата води в перший сезон	G_1	кг/с	За попередніми розрахунками	4,117
Витрата води в другий сезон	G_2	кг/с	За попередніми розрахунками	3,25
Витрата води в третій сезон	G_3	кг/с	За попередніми розрахунками	0,914
Ціна води	$\text{Ц}_в$	грн/м ³	Приймаємо	13,91

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Річна витрата води в діючій схемі	$G_{річ}$	м ³ /рік	$G_{річ} = (G_1 \cdot \tau_1 + G_2 \cdot \tau_2 + G_3 \cdot \tau_3) \times (3600/\rho_B)$	64875,16
Витрати на воду в діючій схемі	C_B	грн/рік	$C_B = G_{річ} \cdot Ц_B$	902413,8
Річна витрата води в модерніз. схемі	$G_{річ}^M$	м ³ /рік	$G_{річ}^M = (G_1 \cdot \tau_1 + G_2 \cdot \tau_2 + G_3 \cdot \tau_3) \times (3600/\rho_B)$	64875,16
Витрати на воду в модерніз. схемі	C_B^M	грн/рік	$C_B^M = G_{річ}^M \cdot Ц_B$	902413,8
Інші витрати до модернізації	$C_{інші}$	грн/рік	$C_{інші} = 0,06 \cdot (C_{п} + C_{ел} + C_B + C_{з.п})$	3176687,6
Інші витрати після модернізації	$C_{інші}^M$	грн/рік	$C_{інші}^M = 0,06 \cdot (C_{п}^M + C_{ел}^M + C_B^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр})$	2635366,6
Експлуатаційні витрати до модернізації	C_e	грн/рік	$C_e = C_{п} + C_{ел} + C_B + C_{з.п} + C_{інші}$	56121481
Експлуатаційні витрати після модернізації	C_e^M	грн/рік	$C_e^M = C_{п}^M + C_{ел}^M + C_B^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр} + C_{інші}^M$	46558143
Зменшення експлуатаційних витрат	ΔC_e	грн/рік	$\Delta C_e = C_e - C_e^M$	9563338
Собівартість відпущеної теплоти до модернізації	$CB_{негод}$	грн/ГДж	$CB_{негод} = C_e / Q_{річ}$	213,71
Річна витрата води в діючій схемі	$G_{річ}$	м ³ /рік	$G_{річ} = (G_1 \cdot \tau_1 + G_2 \cdot \tau_2 + G_3 \cdot \tau_3) \times (3600/\rho_B)$	64875,16

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$CB_{\text{мод.}}$	грн/ГДж	$CB_{\text{мод.}} = C_e^M / Q_{\text{річ}}$	177,29
Економічна ефективність	E_{ϕ}	грн/рік	$E_{\phi} = (CB_{\text{негод.}} - CB_{\text{мод.}}) \cdot Q_{\text{річ}}$	9563338
Термін окупності	T	рік	$T = K_{\text{н.о.}} / E_{\phi}$	3,39

Висновок

Визначено основні техніко-економічні показники котельні в м. Узин. У випадку застосування КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Узин спостерігається зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми.

Термін окупності капіталовкладень становить 3,39 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 9,56 млн. грн./рік.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В магістерській роботі розглянуті технічні рішення з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні в місті Узин з використанням когенераційних теплонасосних установок.

На сьогодні із зростанням темпів розвитку сучасного виробництва значно зростає роль і значення охорони праці на підприємстві. Для дотримання нормального режиму праці робітників роботодавець зобов'язаний створити безпечні та сприятливі умови роботи, зокрема, такі, щоб забезпечували досягнення високих та ефективних результатів. Про це йдеться, зокрема в Законі України «Про охорону праці». Законодавством України установлені соціальні гарантії у сфері охорони праці найманих працівників, які потрібно виконувати в обов'язковому порядку.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Основна мета охорони праці – зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань працівників. Це здійснюється за рахунок забезпечення нормальних умов праці.

При експлуатації котельні необхідно використовувати нормативно-технічну документацію. Для постійного обслуговування обладнання котельні підприємства, працівники повинні бути забезпечені усіма необхідними інструментами. Крім того, необхідно створити сприятливі умови праці.

На оператора котельні, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1). фізичні:

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухомість повітря;

- недостатнє природне освітлення;
- підвищений рівень вібрації;
- знижена вологість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання .

2). хімічні:

- загальнотоксичні речовини, які діють на нервову систему (окис вуглецю);
- подразнюючі речовини, що діють на очі, ніс, тіло людини (окис азоту).

3). психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочого місця

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

Комплексне оснащення робочого місця є необхідною передумовою ефективної організації процесу праці. Однак іншою важливою умовою є раціональне просторове розміщення засобів оснащення на робочому місці так, щоб забезпечити зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, економію рухів і пересувань працівника, зручну робочу позу, хороший огляд робочої зони, безпеку праці, економію виробничої площі, зручний взаємозв'язок із суміжними робочими місцями, з підлеглими і керівниками. Забезпечення цих

умов досягається в ході планування робочих місць, яке ми коротко визначаємо як найраціональніше просторове розміщення матеріальних елементів виробництва, що складають оснащення робочого місця, та самого працівника.

В котельні знаходиться обладнання, яке відноситься до класу посудин, що працює під надлишковим тиском. Дане обладнання розміщується таким чином, що за ним можна здійснити нагляд та виконати ремонтні роботи. Згідно законодавства України, всі котли підлягають огляду інспектором з котлонагляду. Якщо в котельні знайдено порушення в роботі котла або не задовільний стан котлоагрегату, то його використання припиняється, до моменту здійснення ремонту.

Обслуговуванням котлів підприємства займається машиніст. Експлуатація, обслуговування та ремонт здійснюється згідно інструкцій, які містять вимоги з техніки безпеки.

Персонал котельні повинен:

1. не залишати без нагляду обладнання, яке працює на газу;
2. не допускати до такого обладнання сторонніх осіб;
3. сповіщати майстру цеху про аварійні ситуації, які виникають при роботі газового обладнання.

В котельні підприємства встановлений автоматичний блок керування насосами та компресорами, який використовується тоді, коли виникає загазованість повітря та зниження його температури нижче допустимої.

Все обладнання котельні, де знаходяться прилади під тиском, заземлене та занулене. Здійснюється навмисне електричне з'єднання з нульовим проводом металевих не струмоведучих частин, що можуть опинитись під напругою.

Для забезпечення безпечних умов праці персоналу здійснюються такі заходи: автоматична зупинка обладнання при виникненні аварійної ситуації; ізоляція трубопроводів та обладнання, що має температуру стінок $>45^{\circ}\text{C}$; розміщення арматури таким чином, щоб вона була доступна для обслуговування; заземлення та занулення обладнання; герметичність обладнання; раціональне виконання

кольорової обробки приміщень; створення температурного та вологого режиму, згідно норм технологічного режиму.

5.1.2 Електробезпека

Живлення підприємства здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. У цехах підприємства використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

В котельні підприємства використовується трифазна 4-провідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Умови роботи за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом є з підвищеною небезпекою. Оскільки в котельні залізобетонна підлога, і є можливість одночасного дотику до корпусів електрообладнання та підлоги. В якості захисту від ураження електричним струмом застосовується:

1. ізоляція струмовідних елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів, опір ізоляції нового устаткування не менше 1 кОм на 1В напруги; використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, що запобігає помилковим діям при обслуговуванні та експлуатації електроустаткування - написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація, різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, використання пониженої напруги 12В у стаціонарній мережі розеток для переносного електричного освітлення на котельні і 42В у системі місцевого освітлення; підвод кабелів до електроспоживачів у трубах, розведення до електромережі в приміщеннях у каналах стін, підлоги.

2. захисне занулення – навмисне електричне з'єднання нормально неструмовідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом.

3. використання електрозахисних засобів: ізолювальні кліщі, заземлення, інструменти з ізолювальними ручками, діелектричні рукавиці, підставки для ніг на ізоляторах, покажчики відсутності напруги, плакати безпеки, огороження.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

З метою підвищення працездатності та збереження здоров'я важливим є створення працівникові (оператору котельні) стабільних метрологічних умов - мікроклімат повітряного середовища. Він складається з:

- температури;
- відносної вологості;
- швидкості руху повітря;
- інтенсивності теплового випромінювання.

Робота виконується на постійних робочих місцях, сидячи, тому її можна віднести до категорії робіт легка, 1а.

В залежності від періоду року існують нормовані значення параметрів температури, відносної вологості та швидкості руху повітря. Допустимі норми температури відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення приводяться в таблиці 5.1.

Виміри приладами показників мікроклімату необхідно проводити на початку, в середині та в кінці кожного періоду року не менше 3-х разів за зміну. Температура повітря в робочій зоні, заміряна на різній висоті в приміщенні не повинна виходити протягом зміни за межі оптимальних величин при забезпеченні оптимальних показників мікроклімату, а для допустимих показників мікроклімату перепад температури повітря по висоті в робочій зоні дозволяється до 3°C. Інтенсивність теплового опромінювання на робочих місцях не повинна перевищувати нормованих величин.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
		Допустима на робочих місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях
Холодний	Легка Іа	21-25	75	не більше 0,1
Теплий	Легка Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони приміщення котельні не повинно перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК). Повітря у приміщенні повинно бути чистим.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас безпеки
	Максимально разова, ГДК _{МАХ}	Середньодобова, ГДК _{СЕР}	
Двоокис азоту (NO ₂)	0,085	0,04	2
Вуглець (СО)	3,0	1,0	3

Для нормалізації повітря робочої зони котельня містить дві системи вентиляції: припливну та витяжну. Перша призначена для постачання чистого повітря, а друга – видаляє забруднене пилом та іншими речовинами повітря із приміщення котельні. Повітря в котельні повинно бути очищене від пилу,

шкідливих домішок, крім того мати необхідну температуру і вологість для створення сприятливого мікроклімату.

5.2.3 Освітлення робочої зони

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або e :

$$e = E_{\text{вн}} / E_{\text{зов}} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

де $E_{\text{вн}}$ – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зов}}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з $E_{\text{вн}}$, лк.

Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості визначається за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (5.2)$$

де e_N – значення КПО;

m_N – коефіцієнт теплового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

$$e_N = 2 \cdot 0,9 = 1,8\%$$

Оператори котельні ведуть постійний нагляд за ходом технологічного процесу, слідкують за показаннями приладів. Характеристика зорової роботи персоналу –

середньої точності. Контраст об'єкту розпізнавання з фоном – середній, фон – світлий. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, розряд зорової роботи VI, підрозряд «г». При штучному загальному освітленні освітленість – 150 лк, при комбінованому освітленні – освітленість – 300 лк.

В котельній природне освітлення верхнє і бокове. Штучне освітлення машинного залу загальне і здійснюється за допомогою газорозрядних ламп.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, люмінесцентні 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). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

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

5.2.4 Виробничий шум

Під поняттям шуму розуміють звук (або сукупність звуків різної інтенсивності та частоти) незалежно від його характеру та походження, який несприятливо впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисної інформації. Зростання рівнів виробничих шумів, які суттєво перевищують нормативні значення. Шкідливо впливають на людський організм, знижує продуктивність праці та стає фактором ризику і виробничого травматизму. У

замкненому просторі (виробниче приміщення) звукові хвилі багато разів відбиваються від огорожуючих поверхонь, якими є стіни, стеля, підлога при цьому рівень шуму зростає, оскільки за умов утворення дифузійного звукового поля має місце накладання відбитої звукової хвилі на пряму.

Димососи, вентилятори, насоси, пальники котлів – це основні джерела шуму котельні. Дія шуму на людину шкідлива. Нормування шуму проводиться за граничним спектром шуму і за рівнем звуку. За характером спектру шум – широкопasmовий з безперервним спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – гідродинамічний. Допустимі рівні звукового тиску представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Найбільш раціональними способами є пониження шуму в джерелі, або зміна напрямку його випромінювання. Однак вони потребують конструкторської переробки джерела, яке випромінює шум, або механізми в цілому, що є несприятливими. Але можна рекомендувати застосування менш шумного обладнання. Пониження рівнів шуму, який проникає зовні, може бути отримано збільшенням звукоізоляції огорожуючих конструкцій. Звукопоглинання є найбільш простим і в той же час найбільш достатньо ефективним способом зменшення шуму в виробничих приміщеннях. Звукопоглинаюче облицювання слід розміщувати на стелі та на верхній частині стін.

Найбільше поглинання шуму досягається при облицюванні 60% та більше

загальної поверхні приміщення. Ефект пониження шуму збільшується із зниженням висоти приміщення.

5.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація – процес розповсюдження механічних коливань різних видів у твердому тілі з частотою від 3 до 100 Гц . Параметри, які нормуються згідно ГОСТ 12.1.012-90 є: середньоквадратичне значення віброшвидкості V (та їх логарифмічних рівнів L_v) або віброприскорення A (та їх логарифмічні прискорення L_a).

У приміщенні котельні розміщуються прилади, що є джерелом вібрації. Дії вібрації на людину класифікуються по способу передачі вібрації на загальну і локальну (місцеву). В котельні на людину діє загальна і місцева вібрація. Загальна вібрація у котельні по джерелу виникнення відноситься до 3 категорії, тип «а» - технологічна, критерій оцінка – межа зниження продуктивності праці.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньо геометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	$\frac{31,5}{5}$	63	125	250	500	1000
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	-	-	$\frac{2.8}{115}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$

Основними засобами колективного захисту є: зниження вібрації впливає на джерело збудження, динамічне гасіння коливань та заміна конструктивних елементів пристроїв та будівельних конструкцій.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Розрахунок наслідків вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючих газів (ГГ), парів легкозаймистих та горючих рідин (ЛЗР і ГР) виконується для котельного приміщення на основі таких даних(за завданням):

Розрахунок можливих наслідків вибуху газу в разі виходу з ладу газового котла.

Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші.

Густина газу при розрахунковій температурі $t_p = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ (згідно завдання) визначається за формулою

$$\rho_{\Gamma} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367t_p)} = \frac{16}{22,413(1 + 0,0036 \cdot 26)} = 0,65 \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-3}\text{)}, \quad (5.3)$$

де M – молярна маса речовини ($M(C_xO_yH_z) = x \cdot M_C + y \cdot M_O + z \cdot M_H$), $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ (для CH_4 – $M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16$);

V_0 – мольний об'єм, що дорівнює $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36, \quad (5.4)$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 1 + \frac{4}{4} = 2$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції

згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

$n_c=1$, $n_H=4$, $n_o=0$, $n_x=0$ – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР (робоче паливо – газ метан).

Об'єм газу, що вийшов з апарата

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 25 \cdot 5,75 = 1,43 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5.5)$$

де $P_1=25$ – тиск газу в апараті, кПа;

$V = 5,75$ – робочий об'єм апарата, м^3 ;

P_0 – атмосферний тиск, що дорівнює $101,3$ кПа.

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} = 1,3 + 1,5 = 2,8 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5.6)$$

де V_{1T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання, м³;

V_{2T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м³,

$$V_{1T} = q \cdot \tau = 0,3 \cdot 50 = 1,5 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5.7)$$

де $q=0,3 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ – витрата газу, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо (згідно технічного паспорта обладнання при роботі з максимальним навантаженням);

$\tau = 50 \text{ с}$ – час перекривання у режимі автоматики (згідно завдання);

$$V_{2T} = 0,01\pi \cdot P_2(r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 0,105 \cdot 15,8 = 1,3 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5.8)$$

де $P_2 = 25$ – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа;

$r_1 = 0,105$ – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$L_1 = 15,8$ – загальна довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м;

$P_0 = 101,3$ – атмосферний тиск, кПа.

Масу газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії, визначаємо за формулою

$$m_{\Gamma} = (V_a + V_T) \cdot \rho_{\Gamma} = (1,43 + 2,8) \cdot 0,65 = 2,75 \text{ (кг)}. \quad (5.9)$$

Надлишковий тиск вибуху ΔP для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_o) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{вільн} \cdot \rho_{Г}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= (900 - 101) \cdot \frac{2,75 \cdot 0,5 \cdot 100}{1785,6 \cdot 0,65 \cdot 9,36 \cdot 3} = 3,4 \text{ (кПа)}, \end{aligned} \quad (5.10)$$

де P_{max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі (приймається 900 кПа);

P_o – початковий тиск, кПа (приймається 101 кПа);

m – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, яку визначають для ГГ ;

$Z = 0,5$ – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення;

$V_{вільн} = 1785,6$ – вільний об'єм приміщення, м³(згідно завдання);

K_n – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається $K_n = 3$).

Визначення розмірів зони поширення полум'я

Горизонтальні розміри зони, м, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ($C_{НКМП}$), обчислюють за формулою

$$R_{НКМП} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{Г}}{\rho_{Г} \cdot C_{НКМП}} \right)^{0,333} = 14,5632 \cdot \left(\frac{2,75}{0,65 \cdot 14} \right)^{0,333} = 9,8 \text{ (м)}, \quad (5.11)$$

де $m_{Г}$ - маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг;

$\rho_{Г}$ - густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, кг·м⁻³;

$C_{НКМП}$ - нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ 14 % (об.).

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо. У всіх випадках значення $R_{НКМП}$ повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху
Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі
«вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м, визначаємо за формулою

$$D_s = 5,33m^{0,327} = 5,33 \cdot 2,75^{0,327} = 7,42 \text{ (м)}. \quad (5.12)$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s/2 = 7,42/2 = 3,71 \text{ (м)}. \quad (5.13)$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с, визначаємо за формулою

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 2,75^{0,303} = 1,25 \text{ (с)}. \quad (5.14)$$

Відстань від зовнішніх меж кулі до точки на поверхні землі безпосередньо
під центром «вогняної кулі»

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{7,42^2 + 3,71^2} = 8,3 \text{ (м)} \quad (5.15)$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ
розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \psi &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2) \right] = \\ &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{(7,6^2 + 3,4^2)} - 6,8/2 \right) \right] = 0,98 \end{aligned} \quad (5.16)$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$\begin{aligned} \psi &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)\right] = \\ &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{(8,3^2 + 3,71^2)} - 7,42/2\right)\right] = 0,98 \end{aligned} \quad (5.21)$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,075 \cdot 0,98 = 33 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2}\text{)}, \quad (5.22)$$

де E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я, кВт·м⁻², величину E_f приймаємо рівною 450 кВт·м⁻².

Висновки.

В підрозділі «Безпека в надзвичайних ситуаціях» було розраховано наслідки вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії. за результатами якого можна зробити висновки:

- внаслідок дії ударної хвилі можливі слабкі руйнування несучих стін приміщення, повне руйнування дахів та склінь, руйнування деяких видів обладнання;

- для підвищення стійкості приміщення та обладнання до дії ударної хвилі необхідно підсилити основні конструкції та збільшити площу легкоруйнованих конструкцій;

- за розрахованих інтенсивності та тривалості теплового випромінювання можна зробити висновок, що займання горючих та важкогорючих речовин та матеріалів в приміщенні не відбудеться, можливе лиш незначне їх обуглення.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з підвищення ефективності енерговикористання та визначення енергоефективних режимів роботи в теплової схеми котельні фермерського господарства з когенераційно-теплонасосними установками, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі.

В магістерській кваліфікаційній роботі проведені дослідження з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні фермерського господарства із використанням КТНУ. Досліджено засоби з підвищення ефективності теплової схеми котельні фермерського господарства із застосуванням КТНУ. Проведено дослідження, визначено енергоефективні режими та економічно обґрунтовані умови застосування КТНУ в тепловій схемі котельні фермерського господарства. Розроблені рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні.

Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні з КТНУ визначалися з використанням спеціалізованих програм SOLKANE SoftWare 8.0 та CoolPack1.5, адекватність результатів яких підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників та точністю матеріальних та енергетичних балансів.

В магістерській роботі проведено апробацію методу комплексного оцінювання теплових схем з когенераційними та теплонасосними установками, з використанням показників ефективності теплових схем, з метою визначення режимів енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні; дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергетично та економічно ефективної інтеграції теплових схем котельних з когенераційними та теплонасосними

установками в теплоенергетичну галузь в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування нового обладнання в теплових схемах котельних.

Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні.

Практичні рекомендації по застосуванню КТНУ в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі, розробку технології монтажу і автоматизації обладнання для обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі.

За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням КТНУ в тепловій схемі котельні було підібрано таке обладнання:

- два газопоршневих двигуна-генератора марки ГДГА800 з потужністю електрогенератора 800 кВт виробництва ВО «Первомайскдизельмаш» (Україна) та марки 11 ГД100М з потужністю електрогенератора 1000 кВт виробництва ВО «Завод ім. Малишева» (Україна);

- два теплових насоса виробництва ЗАТ «Енергія»: марки НТ-3000 з теплопродуктивністю 1800...2800 кВт, марки НТ-1000 з теплопродуктивністю 900...1350 кВт;

- КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ;

- насоси виробництва фірми GLONG (Китай).

У разі застосування цього варіанту КТНУ будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані змінні режими роботи теплової схеми котельні з використанням низькотемпературної теплоти; річна економія робочого палива котельнею з КТНУ становитиме 24%.

За результатами техніко-економічного аналізу визначено, капіталовкладення в нове обладнання (КТНУ) становитимуть 11,615 млн. грн., термін окупності нового обладнання КТНУ становитиме 3,38 року.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Остапенко О. П., Кирилюк Є. Р. Аналіз екологічної ефективності використання альтернативних видів палива в котельні фермерського господарства «Україна» // Актуальні проблеми сучасної енергетики: Матеріали Шостої Всеукраїнської науково-практичної ін-тернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (19 – 21 травня 2021 р., Херсон). – Херсон: ПП «Резнік», 2021. – С. 70-73.2.

2. Остапенко О. П., Кирилюк Є. Р. Переведення котельні фермерського господарства «Україна» на альтернативні види палива. Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2021) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2021. С. 1886-1888.

11. 3. Остапенко О. П., Горбанчук А. О., Кирилюк Є. Р. Аналіз екологічних показників використання традиційних та альтернативних видів палива в котельних [Електронний ресурс] // Наукове видання матеріалів Міжнародної науково-технічної «Енергоефективність в галузях економіки України» (23 – 25 листопада 2021р., Вінниця). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14019/> (Дата звернення 20.11.21)

4. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України : моногр. / Г. Г. Півняк, О. С. Бешта, М. М. Табаченко та ін.; під заг. ред. Г. Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 333 с.

5. Нетрадиційна енергетика : навчальний посібник / А. О. Редько та ін.; під ред. Академіка НАНУ А. А. Долинського. – Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. – 412 с.

6. Дударев С. І. Створення технологічної бази для впровадження ресурсозберігаючих технологій у теплоенергетиці / С. І. Дударев // Конгрес з енергоресурсозбереження. (3-6 червня 1997 р. Київ). – С.63 – 66.

7. Теплонасосна енергетика в екологізації паливно-енергетичного комплексу країни: перспективи розвитку та механізми управління : моногр. / О. М. Громова, О. Л. Гетьман, Т. Д. Маркова. – Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2013. – 194 с.

8. Енергетична стратегія України на період до 2030 року (Схвалена розпорядженням Кабінету міністрів України № 145-Р від 15 березня 2006 р.). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog>. 11. (Дата звернення 20.11.21)

9. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України : моногр. / Г. Г. Півняк, О. С. Бешта, М. М. Табаченко та ін.; під заг. ред. Г. Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 333 с.

10. Низькопотенційна енергетика : навчальний посібник / А. О. Редько та ін.; під ред. Академіка НАНУ А. А. Долинського. – Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. – 412 с.

12. Конструкции с источником вода [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/ru/stati-o-teplovyx-nasosax/konstrukcii-s-istochnikom-voda/> (Дата звернення 20.11.21)

13. Влияние теплового состояния грунта на эффективность теплонасосной установки с грунтовым теплообменником [Електронний ресурс] – Режим доступу: energy.kpi.ua (Дата звернення 20.11.21)

14. Опалення теплом повітря та ґрунту – використання відновлюваної енергії через теплові насоси [Електронний ресурс] – Режим доступу: viessmann.ua/uk/zhytlovi-budynky/teplovi-nasosy.html (Дата звернення 20.11.21)

15. Экономия топлива [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studopedia.info/2-54717.html> (Дата звернення 20.11.21)

16. Анализ типов тепловых насосов [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://research-journal.org/technical/analiz-tipov-teplovyx-nasosov/> (Дата звернення 20.11.21)

17. Библиотека научных статей (журнал "АВОК") [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.hvac.ru (Дата звернення 20.11.21)
18. Теплові насоси. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iqenergy.org.ua/heat-pumps.html> (Дата звернення 20.11.21)
19. Тепловой насос [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/IECKkEtpNZU.html> (Дата звернення 20.11.21)
20. Библиотека научных статей (журнал "Энергосбережение", журнал "Сантехника") [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.domsovet.ru (Дата звернення 20.11.21)
21. Эффективность применения тепловых насосов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-teplovyyh-nasosov-1> (Дата звернення 20.11.21)
22. Общеизвестные и бесспорные преимущества ТН. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.geoteplo.com.ua/> (Дата звернення 20.11.21)
23. Як вибрати тепловий насос? Теплові насоси та їх переваги [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ekosystem.lviv.ua/p-nasos> (Дата звернення 20.11.21)
24. Тепловые насосы для дома: особенности технологии, сфера применения и стоимость оборудования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kp.ru/guide/teplovye-nasosy.html> (Дата звернення 20.11.21)
25. Тепловые насосы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.geoteplo.com.ua/> (Дата звернення 20.11.21)
26. Когенерационные установки в системе теплофикации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-4/4-2/4-2-1> (Дата звернення 20.11.21)
27. Тепловые насосы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ecoenergy.org.ua/> (Дата звернення 20.11.21)
28. Обоснование основных параметров теплового насоса, использующего шахтную воду, которая отбирается на поверхность [Электронный ресурс] –

Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2012/fimm/demyanenko/diss/index.htm>

(Дата звернення 20.11.21)

29. Переваги та недоліки теплових насосів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://vsviti.com.ua/prnews/tec/75603> (Дата звернення 20.11.21)

30. Heat pumps gain traction as renewable energy grows [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.scientificamerican.com/article/heat-pumps-gain-traction-as-renewable-energy-grows/> (Дата звернення 20.11.21)

31. Аспекти проблемы стимулирования внедрения тепловых насосов [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docplayer.ru/61783171-Aspekty-problemy-stimulirovaniya-vnedreniya-teplovyyh-nasosov-berzan-v-p-robu-s-g-shit-m-l-institut-energetiki-an-moldovy.html>. (Дата звернення 20.11.21)

32. Advances in heat pump systems: A review [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191000228X> (Дата звернення 20.11.21)

33. Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное внедрение в Украине [Електронний ресурс] – Режим доступу: [nbuv.gov.ua > j-pdf > esee_2014_2_2](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/esee_2014_2_2) (Дата звернення 20.11.21)

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

35. 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-btegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звернення 20.11.21)

36. 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 20.11.21).

35. 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 20.11.21).

36. 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 20.11.21).

37. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ.– 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 136 – 141.

38. EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC). URL: <https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-greenhouse-gas-inventory-tool> (Дата звертання 10.06.21)

39. 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 20.11.21).

40. Остапенко О. П. Енергетична ефективність парокомпресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2014. –

№ 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/421/419>. (Дата звертання 20.11.21).

41. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокомпресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3976/5776>. (Дата звертання 20.11.21).

42. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>. (Дата звертання 20.11.21).

43. Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокомпресійних 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 20.11.21).

44. 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 20.11.21).

45. 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 20.11.21).

46. Остапенко О. П. Енергетична, екологічна та економічна ефективність парокомпресійних 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 20.11.21).

47. 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 20.11.21).

48. 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 20.11.21).

49. Остапенко О. П. Области энергоефективной работы систем энергозабезпечення 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 20.11.21).

50. Остапенко О. П. Области високої енергоефективності систем энергозабезпечення 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 20.11.21).

51. Ostapenko O. P. Spheres of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – IV (12). – Issue 110. – 2016. – P. 64-67.

52. Ostapenko O. P. Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers in heat supply systems / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – V (13). – Issue 121. – 2017. – P. 77-80.

53. Ostapenko O. P. Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers in heat supply systems [Electronic resource] / O. P. Ostapenko // Proceedings of the International Scientific and Professional Conference «Actual Problems of Science and Education APSE2017» (29th of January 2017, Budapest). – Available at: <http://scaspee.com/all-materials/areas-of-high-energy-efficiency-of-energy-supply-systems-with-cogeneration-heat-pump-installations-of-small-power-and-peak-electric-boilers-in-heat-supply-systems-stapenko>. (Дата звертання 20.11.21)..

54. Ostapenko O. P. Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers for heat supply systems / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – V (14). – Issue 132. – 2017. – P. 70-74.

55. Ostapenko O. P. Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers for heat supply systems [Electronic resource] / O. P. Ostapenko // Proceedings of the International Scientific and Professional Conference «Advances in the Natural Sciences and Engineering – ANSE2017» (25th of June 2017, Budapest). – Available at: <http://scaspee.com/all-materials/areas-of-high-energy-efficiency-of-energy-supply-systems-with-cogeneration-heat-pump-installations-of-large-power-and-peak-fuel-fired-boilers-for-heat-supply-systems-stapenko>. (Дата звертання 20.11.21)

56. Ostapenko O. P. Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak fuel-fired boilers / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – V (15). – Issue 140. – 2017. – P. 64-68.62.

57. Ostapenko O. P. Application of the method of complex assessment of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump

installations and peak sources of heat [Electronic resource] / O. P. Ostapenko // Proceedings of the International Scientific and Professional Conference «Advances in the Natural Sciences and Engineering – ANSE2018» (30th of June 2018, Budapest). – Available at: <http://scaspee.com/all-materials/application-of-the-method-of-complex-assessment-of-energy-ecological-economic-efficiency-of-energy-supply-systems-with-cogeneration-heat-pump-installations-and-peak-sources-of-heat-stapenko>. (Дата звертання 20.11.21).

58. Ostapenko O. P. Economical aspects of the efficiency of usage of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of various power levels / Ostapenko O. P., Portnov V. M. // Proceedings of the International Scientific conference «Eastern European Studies: Economics, Education and Law» (June 7 – 8, 2018, Burgas Free University, Burgas), Burgas : Publishing House FLAT Ltd-Burgas, 2018. – Volume II. – P. 60 – 62.

59. Остапенко О. П. Аналіз енергетичного та економічного аспектів ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками з використанням теплоти вторинних енергоресурсів / О. П. Остапенко, Є. О. Павлович, І. С. Михайлюк, М. І. Максимов // Збірник наукових матеріалів XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Наукові підсумки 2017 року» (15 грудня 2017 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2017. – Частина 5. – Технічні науки. – С. 57 – 63.

60. Остапенко О. П. Оцінка ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками на теплоті вторинних енергоресурсів за умов змінних режимів роботи / О. П. Остапенко, Є. О. Павлович, М. І. Максимов, М. С. Дзюбанчук, В. М. Портнов // Збірник наукових матеріалів XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Перспективні напрями розвитку науки і техніки» (23 березня 2018 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2018. – Частина 2. – Технічні науки. – С. 16 – 22.

61. Остапенко О. П. Техніко-економічне обґрунтування застосування енергоефективної системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі котельні санаторію / О. П. Остапенко, В. М. Портнов

// Збірник наукових матеріалів XX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інновації XXI століття» (25 травня 2018 р., м. Вінниця). – Вінниця, 2018. – Частина 7. – Технічні науки. – С. 59 – 65.

62. Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти / О. П. Остапенко, І. Ю. Лебідь, В. М. Портнов // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). – Вінниця :ВНТУ, 2018. – С. 152 – 155.

63. Остапенко О. П. Енергоефективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплових схемах промислово-опалювальних котельних / О. П. Остапенко, І. Г. Войцех, А. Д. Волошин // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 160 – 163.

64. Остапенко О. П. Дослідження енергоефективної системи енергозабезпечення з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в схемі котельні / О. П. Остапенко, І. С. Михайлюк, Є. О. Павлович // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 164 – 168..

65. Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. Ю. Лебідь, В. М. Портнов // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). –

Режим

доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/5713/4842>.

(Дата звертання 20.11.21).

66. Остапенко О. П. Енергоефективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплових схемах промислово-опалювальних котельних [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. Г. Войцех, А. Д. Волошин // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). –

Режим

доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/5711/4844> (Дата

звертання 20.11.21).

67. Остапенко О. П. Дослідження енергоефективної системи енергозабезпечення з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в схемі котельні [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. С. Михайлюк, Є. О. Павлович // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). –

Режим

доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/5710/4845>.

(Дата звертання 20.11.21).

68. Остапенко О. П. Обґрунтування вибору ефективних режимів роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками / О. П. Остапенко // Університетська наука-2018 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2018. – Т. 1. – С. 321–323.

69. SOLKANE Refrigerants 8.0 [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://solkane-refrigerants.software.informer.com/8.0/> (Дата звертання 20.11.21).

70. Остапенко О. П. Ефективні режими роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками на теплоті вторинних енергоресурсів / О. П. Остапенко, Є. О. Павлович, М. І. Максимов // Університетська наука-2018 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2018. – Т. 1. – С. 262–263.

71. Остапенко О. П. Система енергозабезпечення з теплонасосними установками в тепловій схемі котельні в місті Борзна / О. П. Остапенко, Ю. В. Рябоконт // Університетська наука-2018 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2018. – Т. 1. – С. 260–262.

72. Остапенко О. П. Аналіз енергоекономічної ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою на теплоті поверхневих вод / О. П. Остапенко, В. М. Портнов // Збірник доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 25-27.

73. Остапенко О. П. Аналіз енерго-еколого-економічної ефективності ресурсоенергоефективних систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками з використанням теплоти систем оборотного водопостачання / О. П. Остапенко, Я. С. Попроцький, В. О. Кохан // Збірник доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 22-24.

74. Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок / О. П. Остапенко // Актуальні проблеми енергетики та екології: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції (26 – 29 вересня 2018 р., м. Одеса). – Одеса : ОНАХТ, 2018. – С. 143 – 144.

75. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навч. посібник / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137 с.

76. Остапенко О. П. Холодильна техніка та технологія. Теплові насоси : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 123 с.

77. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси. Конспект лекцій : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 69 с.

78. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ.– 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 136 – 141.

79. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 3. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507>. (Дата звертання 20.11.21).

80. 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.

81. 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.

82. 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.

83. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності // Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроєкологічний аспекти: [колективна монографія]. – Полтава: ПП Астроя, 2019. – С. 526 – 530.

84. Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах тепlopостачання [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 20.11.21).

85. Ostapenko O. P. Spheres of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers [Electronic resource] / O. P. Ostapenko // Proceedings of the International Scientific and Professional Conference «Natural, Mathematical and Technical science – NaMaTech2016» (11th of December 2016, Budapest). – Available at: <http://scaspee.com/all-materials/-spheres-of-high-energy-efficiency-of-energy-supply-systems-with-cogeneration-heat-pump-installations-of-large-power-and-peak-fuel-fired-boilers-stapenko>. (Дата звертання 20.11.21).

86. Остапенко О. П. Енергоекономічна ефективність систем енергозабезпечення з парокомпресійними теплонасосними установками / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, А. Д. Волошин // Університетська наука-2017 : в 3 т. : тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 18-19 травня 2017 р.). – Маріуполь: ПДТУ, 2017. – Т. 1. – С. 254–255.

87. Остапенко О. П. Енергоефективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплових схемах промислово-

опалювальних котельних / О. П. Остапенко, І. Г. Войцех, А. Д. Волошин // Наукове видання матеріалів регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2 січня – 6 червня 2018 р., Вінниця). – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 160 – 163.

88. Газопоршневий двигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://malysevplant.com.ua/>. (Дата звертання 20.11.21).

89. Газопоршневий двигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://dieselmash.com.ua/>. (Дата звертання 20.11.21).

90. Теплові насоси ЗАТ «Енергія» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://energy1991.ru/?page_id=56. (Дата звертання 20.11.21).

91. Контактний утилізатор КТАН [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 20.11.21).

92. Насоси GLONG [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.glong-motor.com/>. (Дата звертання 20.11.21).

93. ДБН В.2.5-77:2014 – Котельні. [Чинний від 2015 -01-01 № 252]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 61 с.

94. ДБН В.2.5-56:2014 – Системи протипожежного захисту.

95. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів: ДСТУ Б.А.2.4-3-95. – [Чинний від 1995 -04-06 № 65]. – К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 42 с.

96. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах: ДСТУ Б А.2.4-16:2008. [Чинний від 2008 -06-27 № 271]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.

97. Каталог Регулирующие клапана и электрические приводы (полная номенклатура) [Електронний ресурс]: – Режим доступу до ресурсу: http://heating.danfoss.ru/PCMPDF/Control_valves_catalogue.pdf – Назва з екрану. (Дата звертання 20.11.21).

98. Овчаренко В. А. Використання теплових насосів / В. А. Овчаренко, А. В. Овчаренко. // Холод М. Т. – 2006. – №2. – С. 34-36.

99. Долинский А. А. Тепловые насосы в теплоснабжении / А. А. Долинский, Е. Т. Базеев, А. И. Чайка // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т.28, №2. – С. 99–105.

100. Янтовский Е. И. Парокомпрессионные теплонасосные установки / Е. И. Янтовский, Ю. В. Пустовалов. – М. : Энергоиздат. – 1982. – 144 с.

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

102. Ткаченко С. Й. Систематизація інформації з розробки, дослідження та впровадження теплонасосних установок / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – №4. – С. 176–184.

103. Степанова Н. Д. Теплові мережі: Навчальний посібник / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ. – 2009. - 135 с.

104. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання: Навчальний посібник / Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. – Вінниця: ВНТУ. – 2004. – 135 с.

105. Аронов И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И. З. Аронов. – Л. : Наука, 1978. – 350 с.

106. Осипов А. Л. Исследование и разработка схем теплоснабжения для использования низкопотенциального тепла на основе применения теплонасосных установок: дисс. канд. техн. наук : 05.14.04 / Осипов Айрат Линарович. – Казань, 2005. – 117 с.

107. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. – Введ. 1993–01–01. – М. : Изд.-во стандартов, 1991. – 15 с.

108. 11. СНиП 2.04.07–86. Тепловые сети / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 55 с.

109. Сайт фірми k-flex [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.k-flex.ua/index.php?hl=ru> (Дата звертання 20.11.21).

110. Сайт «Автомобільний світ України». Режим доступу: http://www.autosvit.com.ua/Iveco_techtruck_21.html (Дата звертання 20.11.21).
111. Каталог кранів КС на спеціальному шасі [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.techstory.ru> (Дата звертання 20.11.21).
112. Сайт фірми Tesla Weld [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://ua.teslaweld.com> (Дата звертання 20.11.21).
113. Сайт фірми МАКІТА [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://makitaservice.tools.lviv.ua> (Дата звертання 20.11.21).
114. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>. (Дата звертання 20.11.21).
115. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 106 с.
116. ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. – К.: Держстандарт України, 2000. – 47 с.
117. ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.
118. ДБН Д.2.2-18-99. Збірник 18. Опалення – внутрішнє пристосування. – К.: Держстандарт України, 1999. – 28 с.
119. ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Внутрішні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 48 с.
120. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.
121. ДБН Д.2.2-26-1999. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
122. Технічні характеристики автомобілів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki> (Дата звертання 20.11.21).

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖЕНО

В. о. завідувача кафедри ТЕ

_____ Д.В.Степанов

“ _____ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ
В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»

за спеціальністю

144 – теплоенергетика

08-11.МКР.006.00.00.000 ТЗ

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. доц. Остапенко О. П.

“ _____ ” _____ 2021 р.

Розробив студент гр.ТЕ–20м

_____ Кирилюк Є. Р.

“ _____ ” _____ 2021 р.

1 Найменування і область використання продукції

Когенераційна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні фермерського господарства призначена для забезпечення потреб 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 №277 від 24.09.2021 р.

3 Мета та призначення розробки

Метою проектування є підвищення рівня ефективності енерговикористання при генеруванні теплоти, метою нашого дослідження було окреслено: підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні фермерського господарства та визначення енергетично та економічно ефективних, екологічно безпечних режимів роботи теплової схеми котельні з новим обладнанням, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування нового обладнання в тепловій схемі котельні фермерського господарства

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 промислової 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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 парокompресійних 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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

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 27.09.21).

5 Технічні вимоги

Тиск та температура пари на технологічні споживачі $P_{сп} = 1,2$ МПа,

$t_{сп} = 188$ °С.

Витрата пари на:

– технологічні споживачі 1 – $D_{сп1} = 1,1$ кг/с;

– технологічні споживачі 2 – $D_{сп2} = 2,2$ кг/с.

Потужність системи опалення $Q_{co} = 200$ кВт;

Частка повернення конденсату від споживача 1 – 75%, від споживача 2 та опалення – 100%;

Температура зворотного конденсату: $t_{к1} = t_{к2} = 90$ °С.

Температура живильної води: $t_{жв} = 104$ °С.

Температура води після ХВО: $t_{хво} = 40$ °С.

Температура конденсату після ХВО: $t_{хво.к} = 90$ °С.

6 Економічні показники

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

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної інформації з технологій підвищення ефективності енерговикористання	27.09.21 – 21.10.21	
2	Дослідження та оцінка ефективності використання традиційних та альтернативних палив та технологій спалювання в тепловій схемі котельні фермерського господарства. Методика та результати досліджень	1.10.21 – 21.10.21	
3	Практичні рекомендації щодо підвищення ефективності енерговикористання для теплової схеми котельні фермерського господарства	22.10.21– 26.11.21	
4	Аналіз економічної ефективності встановлення нового обладнання в тепловій схемі котельні	15.11.21 – 30.11.21	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.21– 14.12.21	
6	Нормоконтроль МКР	14.12.21– 15.12.21	

Дата видачі завдання 27.09.2021 р.

Крайні терміни виконання 14.12.2021 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 Koreгування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

Додаток Б
(довідковий)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ

Б.1 Застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 85% потужності контактного утилізатора

В таблиці Б.1 наведені результати розрахунку теплового насосу в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 85% потужності контактного утилізатора.

Таблиця Б.1 – Результати розрахунку в двох сезонах з використанням 85% потужності контактного утилізатора

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Періоди роботи КТНУ (сезон)	
				1- середній	2 - режим ГВП
1	2	3	4	6	7
Температура конденсації холодоагента	t_k	°С	Задаємось	75	75
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	°С	$t_{\text{вип}} = h''_1 - \Theta_n$	30	3
Температура води на вході в випарник	$t_{\text{в}}^I$	°С	Приймаємо	50	15
Температура води на виході з випарника	$t_{\text{в}}^{II}$	°С	Приймаємо	35	8
Величина недогріву	q_n	°С	Приймаємо	5	5
Величина перегріву	q	°С	Приймаємо	7	7
Теплоємність води	C_p	кДж/кг		4,19	4,19
Температура	t_1	°С	$t_1 = t_{\text{вип}} + \Theta_{\text{п}}$	37	10
Ентальпія	h_1	кДж/кг	з [5]	417	403
Ентальпія	h_1^I	кДж/кг	з [5]	425	409

Ентальпія	h_{2a}	кДж/кг	3 [5]	450	446
Ентальпія	h_3	кДж/кг	3 [5]	315	315

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6
Ентальпія	h_4	кДж/кг	$h_4 = h'_3 = h_3 - q_{по}$	307	309
ККД компресора	η_{oi}^{KM}	-	Приймаємо	0,75	
ККД теплообмін.	$\eta_{то}$	-	Приймаємо	0,98	
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	Приймаємо	0,95	
Питома потужність переохолодника	$q_{по}$	кДж/кг	$q_{по} = h'_1 - h_1$	8	6
Адіабатний теплоперепад в компр.	H_a	кДж/кг	$H_a = h_{2a} - h'_1$	25	37
Робочий теплоперепад	H_p	кДж/кг	$H_p = H_a / \eta_{oi}^{KM}$	33,33	49,33
Ентальпія точки 2	h_2	кДж/кг	$h_2 = h_{2a} + H_p$	458,33	458,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	143,33	143,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_b	кДж/кг	$q_b = h_1 - h_4$	110	94
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	3 розрахунку	3987,19	3500
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = Q_{тну} / q_k \times \eta_{то}$	27,90	24,92
Коефіцієнт перетворення	φ	-	$\varphi = Q_{тну} / N_{км}$	4,07	2,705
Потужність компресора	N_k	кВт	$N_{км} = G_{xa} \times H_p / \eta_{ем}$	979,10	1293,93
Потужність випарника	Q_b	кВт	$Q_b = Q_{тну} - N_{км}$	3008,09	2206,07
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = Q_b / C_p \times (t'_b - t''_b) \times \eta_{то}$	48,84	76,75
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	3 розрахунку	129,98	37,28

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6
Температура води на вході в випарник	t_v^I	°С	Приймаємо	50	15

Отже, теплова потужність ТНУ становить в перший сезон 3987,19 кВт, в другий сезон 3500 кВт; потужність випарника становить в перший сезон 3008,09 кВт, в другий сезон 2206,07 кВт; потужність компресора становить в перший сезон 979,1 кВт, в другий сезон 1293,93 кВт.

Результати розрахунку двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) та потужності утилізаторів, показані в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Розрахунок ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Значення для сезону роботи КТНУ	
				1	2
1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива	b_y	кг/кВт·год	З розрахунку	0,35	
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	Приймаємо	0,95	
Теоретичний об'єм повітря для спалювання 1 м ³ робочого палива	V^0	м ³ /м ³	З розрахунку	9,52	

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6
Густина повітря	$\rho_{\text{пов}}$	кг/м ³	Приймаємо	1,165	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	З розрахунку	2,1	
Споживана електрична потужність ДВЗ	$N_{\text{ГПД}}$	МВт	З розрахунку	0,979	1,294
Питома теплоємність газів після ДВЗ	$C_{\text{рг}}$	кДж/кг·К	Приймаємо	1,125	
ККД теплообмінника а	$\eta_{\text{то}}$	-	Приймаємо	0,98	
Теплота згорання робочого палива	$Q_{\text{н}^p}$	МДж/м ³	Приймаємо	34,001	
Нижча теплота згорання умовного палива	$Q_{\text{н}^y}$	МДж/кг	Приймаємо	29,3	
Температура відхідних газів після ДВЗ	$t_{\text{д}}$	°С	Приймаємо	475	
Температура відхідних газів після утилізатора	$t_{\text{уг}}$	°С	З розрахунку теплообмінника	140	
Температура води на вході в утилізатор	t_2	°С	З розрахунку теплообмінника	56,32	60,41
Температура води на виході з утилізатора	t_1	°С	З розрахунку теплообмінника	110	

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6
Теплоємність води	C_p	кДж/кг·К	Приймаємо	4,19	
Ефективний ККД ДВЗ	$\eta_{\text{еф}}$	-	$\eta_{\text{еф}}=0,123/ b_y$	0,351	
Повний ККД ДВЗ і електрогенератора	η_d	-	$\eta_d= \eta_{\text{еф}} \cdot \eta_{\text{ем}}$	0,334	
Питома витрата умовного палива на дизельгенератор	b_y^d	кг/с	$b_y^d= 0,123 / \eta_d$	0,368	
Теоретична маса повітря для спалювання 1м ³ палива	M_0	кг/м ³	$M_0= V_o \cdot \rho$	11,091	
Питома витрата суміші повітря і палива	$M_{\text{сум}}$	кг/м ³	$M_{\text{сум}}= 1 + \alpha \cdot M_0$	24,291	
Витрата умовного палива на ДВЗ	B_y^d	кг/с	$B_y^d= b_y^d \cdot N_{\text{двз}} / 3600$	0,100	0,132
Витрата робочого палива на ДВЗ	B_p^d	м ³ /с	$B_p^d= B_y^d \cdot Q_{\text{нy}}^p / Q_{\text{н}}^p$	0,086	0,114
Витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}}= B_p^d \cdot M_{\text{сум}}$	2,097	2,769
Потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	МВт	$Q_{\text{ут}}= G_{\text{вг}} \cdot C_p \times (t_d - t_{\text{ут}}) \cdot \eta_{\text{то}}$	0,774	1,023
Потужність системи охолодження	$Q_{\text{ох}}$	МВт	$Q_{\text{ох}}=0,2 \cdot B_p^d \times Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{то}}$	0,575	0,760

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6
Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ	Q_{yt}	МВт	$\Sigma Q_{yt} = Q_{yt} + Q_{ox}$	1,350	1,782
Масова витрата води через утилізатор	G_{yt}	кг/с	$G_{yt} = Q_{yt} / (t_2 - t_1)$	6,12	8,75
Загальна потужність ТНУ з ДВЗ	ΣQ	МВт	$\Sigma Q = Q_{тну} + Q_{двз}$	5,337	5,282

Отже, витрата робочого палива на ДВЗ в перший сезон становить 0,1 м³/с, в другий сезон 0,132 м³/с; потужність утилізатора відхідних газів в перший сезон становить 0,774 МВт, в другий сезон 1,023 МВт; потужність системи охолодження в перший сезон становить 0,575 МВт, в другий сезон 0,76 МВт. Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ та ТНУ в перший сезон становить 5,337 МВт, в другий сезон 5,282 МВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з КТНУ, наведені в таблиці Б.3

Таблиця Б.3 – Розрахунок теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Значення для сезону		
				Опалов. максимальній	Опалов. середній	Режим ГВП
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт		18,985	6,883	-

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4	5	6	7
Витрата робочого палива на котел	V_{pk}	m^3/c	$V_{pk}=Q_k/Q_p^H \cdot \eta_k$	0,607	0,220	-
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	V_{icn}	m^3/c	З розрахунку	0,607	0,399	0,169
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	m^3/c	З розрахунку ДВЗ	-	0,086	0,114
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	V_3	m^3/c	$V_3=V_k+V_{двз}$	0,607	0,306	0,114
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B=((V_{icn}-V_3)/V_{icn}) \cdot 100$	-	23,20	32,63
Загальна кількість робочих годин котельні	τ_3	год	З розрахунку котельні	8760		
Кількість робочих годин котельні в перший сезон	τ_1	год	З розрахунку котельні	30		
Кількість робочих годин котельні в другий сезон	τ_2	год	З розрахунку котельні	4246		

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4	5	6	7
Кількість робочих годин котельні в третій сезон	τ_3	год	З розрахунку котельні	4484		
Середньо річна економія палива	$\Delta B_{\text{річ}}^{\text{сєр}}$	%	$\Delta B_{\text{річ}}^{\text{сєр}} = (\Delta B_1 \times \tau_1 + \Delta B_2 \times \tau_2 + \Delta B_3 \times \tau_3) / \tau_{\text{річ}}$	27,85		

Отже, теплова потужність котельні для першого сезону склала 18,99 МВт, для другого сезону – 6,88 МВт; витрата робочого палива: для першого сезону 0,607 м³/с, для другого сезону 0,306 м³/с, для третього сезону 0,114 м³/с. Середньорічна економія палива при використанні КТНУ склала 27,85%.

Б.2 Застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 75% потужності контактного утилізатора

Розрахунки застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 75% потужності контактного утилізатора наведені в таблиці Б.4.

Таблиця Б.4 – Результати розрахунку КТНУ для роботи в двох сезонах з використанням 75% потужності контактного утилізатора

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Періоди роботи КТНУ	
				сезон 1	сезон 2
1	2	3	4	5	6
Температура конденсації холодоагента	t_k	°С	Задаємось	75	75

Продовження табл. Б.4

1	2	3	4	5	6
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	$^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{вип}} = h''_1 - \Theta_{\text{н}}$	30	3
Температура води на вході в випарник	$t_{\text{в}}^{\text{I}}$	$^{\circ}\text{C}$	Приймаємо	50	15
Температура води на виході з випарника	$t_{\text{в}}^{\text{II}}$	$^{\circ}\text{C}$	Приймаємо	35	8
Величина недогріву	$q_{\text{н}}$	$^{\circ}\text{C}$	Приймаємо	5	5
Величина перегріву	q	$^{\circ}\text{C}$	Приймаємо	7	7
Теплоємність води	$C_{\text{р}}$	кДж/кг		4,19	4,19
Температура	t_1	$^{\circ}\text{C}$	$t_1 = t_{\text{вип}} + \Theta_{\text{п}}$	37	10
Ентальпія	h_1	кДж/кг	3 [5]	417	403
Ентальпія	h_1^{I}	кДж/кг	3 [5]	425	409
Ентальпія	$h_{2\text{а}}$	кДж/кг	3 [5]	450	446
Ентальпія	h_3	кДж/кг	3 [5]	315	315
Ентальпія	h_4	кДж/кг	$h_4 = h'_3 = h_3 - q_{\text{по}}$	307	309
ККД компресора	$\eta_{\text{oi}}^{\text{KM}}$	-	Приймаємо	0,75	0,75
ККД теплооб.	$\eta_{\text{то}}$	-	Приймаємо	0,98	0,98
Електромеханічний ККД	$\eta_{\text{ем}}$	-	Приймаємо	0,95	0,95
Питома потужність переохолодника	$q_{\text{по}}$	кДж/кг	$q_{\text{по}} = h'_1 - h_1$	8	6
Адіабатний теплоперепад в компресорі	$H_{\text{а}}$	кДж/кг	$H_{\text{а}} = h_{2\text{а}} - h'_1$	25	37
Робочий теплоперепад	$H_{\text{р}}$	кДж/кг	$H_{\text{р}} = H_{\text{а}} / \eta_{\text{oi}}^{\text{KM}}$	33,33	49,33
Ентальпія точки 2	h_2	кДж/кг	$h_2 = h_{2\text{а}} + H_{\text{р}}$	458,33	458,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	$q_{\text{к}}$	кДж/кг	$q_{\text{к}} = h_2 - h_3$	143,33	143,33

Продовження табл. Б.4

1	2	3	4	5	6
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_v	кДж/кг	$q_v = h_1 - h_4$	110	94
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	З розрахунку	3670,97	3500
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = Q_{TNU} / q_k \times \eta_{TO}$	25,69	24,92
Коефіцієнт перетворення	φ	-	$\varphi = Q_{TNU} / N_{KM}$	4,07	2,705
Потужність компресора	N_k	кВт	$N_{KM} = G_{xa} \times H_p / \eta_{EM}$	901,45	1293,93
Потужність випарника	Q_v	кВт	$Q_v = Q_{TNU} - N_{KM}$	2769,52	2206,07
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = Q_v / C_p \times (t'_b - t''_b) \times \eta_{TO}$	44,96	76,75
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	З розрахунку	129,98	37,28
Температура води на вході в випарник	t_b^I	°C	Приймаємо	50	15

Отже, теплова потужність ТНУ становить в перший сезон 3671 кВт, в другий сезон 3500 кВт; потужність випарника становить в перший сезон 2769,52 кВт, в другий сезон 2206,07 кВт; потужність компресора становить в перший сезон 901,45 кВт, в другий сезон 1293,93 кВт.

Результати розрахунку ДВЗ та потужності утилізаторів показані в таблиці Б.5.

Таблиця Б.5 – Розрахунок ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Значення для сезону 1	Значення для сезону 2
1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива	b_y	кг/кВт·год	З розрахунку	0,35	0,35
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	Приймаємо	0,95	0,95
Теоретичний об'єм повітря для спалювання 1 м^3 робочого палива	V^0	$\text{м}^3/\text{м}^3$	З розрахунку	9,52	9,52
Густина повітря	$\rho_{пов}$	кг/м ³	Приймаємо	1,165	1,165
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	З розрахунку	2,1	2,1
Споживана електрична потужність ДВЗ	$N_{ГПД}$	МВт	З розрахунку	0,901	1,294
Питома теплоємність газів після ДВЗ	$C_{рг}$	кДж/кг·К	Приймаємо	1,125	1,125
ККД теплообмінника	$\eta_{то}$	-	Приймаємо	0,98	0,98
Теплота згорання робочого палива	$Q_{н^p}$	МДж/м ³	Приймаємо	34,001	

Продовження табл. Б.5

1	2	3	4	5	6
Нижча теплота згорання умовного палива	$Q_{нy}$	МДж/кг	Приймаємо	29,3	29,3
Температура відхідних газів після ДВЗ	t_d	°С	Приймаємо	475	475
Температура відхідних газів після утилізатора	t_{yr}	°С	З розрахунку теплообмінника	140	140
Температура води на вході в утилізатор	t_2	°С	З розрахунку теплообмінника	55,74	60,41
Температура води на виході з утилізатора	t_1	°С	З розрахунку теплообмінника	110	110
Теплоємність води	C_p	кДж/кг·К	Приймаємо	4,19	4,19
Ефективний ККД ДВЗ	η_{ef}	-	$\eta_{ef}=0,123/ b_y$	0,351	0,351
Повний ККД ДВЗ і електрогенератора	η_d	-	$\eta_d= \eta_{ef} \cdot \eta_{em}$	0,334	0,334
Питома витрата умовного палива на дизель-генератор	$b_{уд}$	кг/с	$b_{уд}= 0,123 / \eta_d$	0,368	0,368
Теоретична маса повітря для спалювання 1м ³ палива	M_0	кг/м ³	$M_0= V^o \cdot \rho$	11,091	11,091

Продовження табл. Б.5

1	2	3	4	5	6
Питома витрата суміші повітря і палива	$M_{\text{сум}}$	кг/м ³	$M_{\text{сум}} = 1 + \alpha \cdot M_0$	24,291	24,291
Витрата умовного палива на ДВЗ	$B_{\text{д}}^{\text{у}}$	кг/с	$B_{\text{д}}^{\text{у}} = b_{\text{д}}^{\text{у}} \cdot N_{\text{ДВЗ}} / 3600$	0,092	0,132
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{\text{р}}^{\text{д}}$	м ³ /с	$B_{\text{р}}^{\text{д}} = B_{\text{д}}^{\text{у}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} / Q_{\text{н}}^{\text{у}}$	0,079	0,114
Витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}} = B_{\text{р}}^{\text{д}} \cdot M_{\text{сум}}$	1,931	2,769
Потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	МВт	$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \cdot C_{\text{р}} \times (t_{\text{д}} - t_{\text{ут}}) \cdot \eta_{\text{го}}$	0,713	1,023
Потужність системи охолодження	$Q_{\text{ох}}$	МВт	$Q_{\text{ох}} = 0,2 \cdot B_{\text{р}}^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{го}}$	0,530	0,760
Загальна потужність теплоутилізації йного устаткування ДВЗ	$Q_{\text{ут}}$	МВт	$\Sigma Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{ох}}$	1,243	1,782
Масова витрата води через утилізатор	$G_{\text{ут}}$	кг/с	$G_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} / (t_2 - t_1)$	5,58	8,75
Загальна потужність ТНУ з ДВЗ	ΣQ	кВт	$\Sigma Q = Q_{\text{тну}} + Q_{\text{двз}}$	4,914	5,282

Отже, витрата робочого палива на ДВЗ в перший сезон становить 0,079 м³/с, в другий сезон 0,114 м³/с; потужність утилізатора відхідних газів в перший сезон становить 0,713 МВт, в другий сезон 1,023 МВт; потужність системи охолодження в перший сезон становить 0,53 МВт, в другий сезон 0,76 МВт.

Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ та ТНУ в перший сезон становить 4,914 МВт, в другий сезон 5,282 МВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з КТНУ наведені в таблиці Б.6.

Таблиця Б.6 – Розрахунок теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Значення для сезону		
				Опалов. макс.	Опалов. середній	Режим ГВП
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт		18,99	7,34	-
Витрата робочого палива на котел	$V_{рк}$	м ³ /с	$V_{рк}=Q_k/Q_p^H \cdot \eta_k$	0,607	0,235	-
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	$V_{існ}$	м ³ /с	З розрахунку	0,607	0,399	0,169
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м ³ /с	З розрахунку ДВЗ	-	0,079	0,114
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	V_3	м ³ /с	$V_3=V_k+V_{двз}$	0,607	0,314	0,114
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B=((V_{існ}-V_3)/V_{існ}) \cdot 100$	-	21,23	32,63

Продовження табл. Б.6

1	2	3	4	5	6	7
Загальна кількість робочих годин котельні	τ_3	год	З розрахунку котельні		8760	
Кількість робочих годин котельні в перший сезон	τ_1	год	З розрахунку котельні		30	
Кількість робочих годин котельні в другий сезон	τ_2	год	З розрахунку котельні		4246	
Кількість робочих годин котельні в третій сезон	τ_3	год	З розрахунку котельні		4484	
Середньо річна економія палива	$\Delta B_{\text{річ}}^{\text{сер}}$	%	$\Delta B_{\text{річ}}^{\text{сер}} = (\Delta B_1 \times \tau_1 + \Delta B_2 \times \tau_2 + \Delta B_3 \times \tau_3) / \tau_{\text{річ}}$		26,9	

Отже, теплова потужність котельні для першого сезону склала 18,99 МВт, для другого сезону – 7,34 МВт; витрата робочого палива: для першого сезону 0,607 м³/с, для другого сезону 0,314 м³/с, для третього сезону 0,114 м³/с. Середньорічна економія палива при використанні ТНУ склала 26,9 %.

Б.3 Застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 65% потужності контактного утилізатора

Розрахунки ефективності застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 65% потужності контактного утилізатора наведені в таблиці Б.7.

Таблиця Б.7 – Результати розрахунку КТНУ для роботи в двох сезонах з використанням 65% потужності контактного утилізатора

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Сезони роботи КТНУ	
				1-й	2-й
1	2	3	4	5	6
Температура конденсації холодоагента	t_k	°С	Задаємось	75	75
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	°С	$t_{\text{вип}} = h''_1 - \Theta_n$	30	3
Температура води на вході в випарник	$t_{\text{в}}^I$	°С	Приймаємо	50	15
Температура води на виході з випарника	$t_{\text{в}}^{II}$	°С	Приймаємо	35	8
Величина недогріву	q_n	°С	Приймаємо	5	5
Величина перегріву	q	°С	Приймаємо	7	7
Теплоємність води	C_p	кДж/кг		4,19	4,19
Температура	t_1	°С	$t_1 = t_{\text{вип}} + \Theta_n$	37	10
Ентальпія	h_1	кДж/кг	3 [5]	417	403
Ентальпія	h_1^I	кДж/кг	3 [5]	425	409
Ентальпія	h_{2a}	кДж/кг	3 [5]	450	446
Ентальпія	h_3	кДж/кг	3 [5]	315	315
Ентальпія	h_4	кДж/кг	$h_4 = h'_3 = h_3 - q_{\text{по}}$	307	309

Продовження табл. Б.7

1	2	3	4	5	6
ККД компресора	η_{oi}^{KM}	-	Приймаємо	0,75	0,75
ККД теплооб.	η_{TO}	-	Приймаємо	0,98	0,98
Електромеханічний ККД	η_{EM}	-	Приймаємо	0,95	0,95
Питома потужність переохолодника	$q_{по}$	кДж/кг	$q_{по} = h'_1 - h_1$	8	6
Адіабатний теплоперепад в компресорі	H_a	кДж/кг	$H_a = h_{2a} - h'_1$	25	37
Робочий теплоперепад	H_p	кДж/кг	$H_p = H_a / \eta_{oi}^{KM}$	33,33	49,33
Ентальпія точки 2	h_2	кДж/кг	$h_2 = h_{2a} + H_p$	456,33	456,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	143,33	143,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_b	кДж/кг	$q_b = h_1 - h_4$	110	94
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	З розрахунку	3327,25	3500
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = \frac{Q_{ТНУ}}{q_k} \times \eta_{TO}$	23,29	24,92
Коефіцієнт перетворення	ϕ	-	$\phi = Q_{ТНУ} / N_{KM}$	4,07	2,705
Потужність компресора	N_k	кВт	$N_{KM} = G_{xa} \times H_p / \eta_{EM}$	817,05	1293,93
Потужність випарника	Q_b	кВт	$Q_b = Q_{ТНУ} - N_{KM}$	2510,2	2206,07
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = \frac{Q_b}{C_p} \times (t'_b - t''_b) \times \eta_{TO}$	40,75	76,75
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	З розрахунку	129,98	37,28
Температура води на вході в випарник	t_b^I	°C	Приймаємо	50	15

Отже, теплова потужність ТНУ становить в перший сезон 3327 кВт, в другий сезон 3500 кВт; потужність випарника становить в перший сезон

2510,2 кВт, в другий сезон 2206,07 кВт; потужність компресора становить в перший сезон 817,04 кВт, в другий сезон 1293,93 кВт.

Результати розрахунку ДВЗ та потужності утилізаторів показані в таблиці Б.8.

Таблиця Б.8 – Розрахунок ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Сезони роботи КТНУ	
				1-й	2-й
1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива	b_y	кг/кВт·год	З розрахунку	0,35	0,35
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	Приймаємо	0,95	0,95
Теоретичний об'єм повітря для спалювання 1 м^3 робочого палива	V^0	$\text{м}^3/\text{м}^3$	З розрахунку	9,52	9,52
Густина повітря	$\rho_{пов}$	кг/м ³	Приймаємо	1,165	1,165
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	З розрахунку	2,1	2,1
Споживана електрична потужність ДВЗ	$N_{гпд}$	МВт	З розрахунку	0,817	1,294

Продовження табл. Б.8

1	2	3	4	5	6
Питома теплоємність газів після ДВЗ	$C_{рг}$	кДж/кг·К	Приймаємо	1,125	1,125
ККД теплообмінника	$\eta_{го}$	-	Приймаємо	0,98	0,98
Теплота згорання робочого палива	$Q_{н^p}$	МДж/м ³	Приймаємо	34,001	
Нижча теплота згорання умовного палива	$Q_{н^y}$	МДж/кг	Приймаємо	29,3	29,3
Температура відхідних газів після ДВЗ	t_d	°С	Приймаємо	475	475
Температура відхідних газів після утилізатора	t_{yt}	°С	З розрахунку теплообмінника	140	140
Температура води на вході в утилізатор	t_2	°С	З розрахунку теплообмінника	55,11	60,41
Температура води на виході з утилізатора	t_1	°С	З розрахунку теплообмінника	110	110
Теплоємність води	C_p	кДж/кг·К	Приймаємо	4,19	4,19
Ефективний ККД ДВЗ	$\eta_{еф}$	-	$\eta_{еф}=0,123/ b_y$	0,351	0,351
Повний ККД ДВЗ і електрогенератора	η_d	-	$\eta_d= \eta_{еф} \cdot \eta_{ем}$	0,334	0,334

Продовження табл. Б.8

1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива на дизель-генератор	$b_{уд}$	кг/с	$b_{уд} = 0,123 / \eta_{д}$	0,368	0,368
Теоретична маса повітря для спалювання 1м ³ палива	M^0	кг/м ³	$M_0 = V_0 \cdot \rho$	11,09	11,09
Питома витрата суміші повітря і палива	$M_{сум}$	кг/м ³	$M_{сум} = 1 + \alpha \cdot M_0$	24,29	24,29
Витрата умовного палива на ДВЗ	$B_{уд}$	кг/с	$B_{уд} = b_{уд} \cdot N_{двз} / 3600$	0,084	0,132
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{р^д}$	м ³ /с	$B_{р^д} = B_{уд} \cdot Q_{п_{ну}}^p / Q_{п}^p$	0,072	0,114
Витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{вг}$	кг/с	$G_{вг} = B_{р^д} \cdot M_{сум}$	1,750	2,769
Потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{ут}$	МВт	$Q_{ут} = G_{вг} \cdot C_p \times (t_{д} - t_{ут}) \cdot \eta_{то}$	0,646	1,022
Потужність системи охолодження	$Q_{ох}$	МВт	$Q_{ох} = 0,2 \cdot B_{р^д} \times Q_{п}^p \cdot \eta_{то}$	0,480	0,760
Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ	$\Sigma Q_{ут}$	МВт	$\Sigma Q_{ут} = Q_{ут} + Q_{ох}$	1,126	1,782
Масова витрата води через утилізатор	$G_{ут}$	кг/с	$G_{ут} = Q_{ут} / (t_2 - t_1)$	5,00	8,75

Продовження табл. Б.8

1	2	3	4	5	6
Загальна потужність ТНУ з ДВЗ	ΣQ	МВт	$\Sigma Q = Q_{\text{ТНУ}} + Q_{\text{ДВЗ}}$	4,454	5,282

Отже, витрата робочого палива на ДВЗ в перший сезон 0,082 м³/с, в другий сезон 0,114 м³/с; потужність утилізатора відхідних газів в перший сезон 0,646 МВт, в другий сезон 1,022 МВт; потужність системи охолодження в перший сезон 0,48 МВт, в другий сезон 0,76 МВт. Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ та ТНУ в перший сезон 4,454 МВт, в другий сезон 5,282 МВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з КТНУ наведені в таблиці Б.9.

Таблиця Б.9 – Розрахунок теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Сезони роботи КТНУ		
				1-й	2-й	3-й
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт		18,98	7,84	-
Витрата робочого палива на котел	V_{pk}	м ³ /с	$V_{pk} = Q_k / Q_p^H \cdot \eta_k$	0,607	0,251	-
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	V_{icn}	м ³ /с	З розрахунку	0,607	0,399	0,169
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м ³ /с	З розрахунку ДВЗ	--	0,072	0,114

Продовження табл. Б.9

1	2	3	4	5	6	7
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	B_3	$\text{м}^3/\text{с}$	$B_3=B_K+B_{\text{двз}}$	0,607	0,323	0,114
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B=((B_{\text{існ}}-B_3)/B_{\text{існ}})\cdot 100$	--	19,09	32,63
Загальна кількість робочих годин	τ_3	год	З розрахунку котельні	8760		
Кількість робочих годин котельні в перший сезон	τ_1	год	З розрахунку котельні	30		
Кількість робочих годин в другий сезон	τ_2	год	З розрахунку котельні	4246		
Кількість робочих годин в третій сезон	τ_3	год	З розрахунку котельні	4484		
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{\text{ср річ}}$	%	$\Delta B_{\text{р ср річ}}=(\Delta B_1 \times \tau_1 + \Delta B_2 \times \tau_2 + \Delta B_3 \cdot \tau_3) / \tau_{\text{річ}}$	25,87		

Отже, теплова потужність котельні для першого сезону – 18,98 МВт; для другого сезону – 7,84 МВт; витрата робочого палива: для першого сезону 0,607 м³/с, для другого сезону 0,323 м³/с, для третього сезону 0,114 м³/с. Середньорічна економія палива при використанні КТНУ склала 25,87 %.

Б.4 Застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 55% потужності контактного утилізатора

Розрахунки ефективності застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 55% потужності контактного утилізатора наведені в таблиці Б.10.

Таблиця Б.10 – Результати розрахунку КТНУ для роботи в двох сезонах з використанням 55% потужності контактного утилізатора

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Сезон роботи КТНУ	
				1-й	2-й
1	2	3	4	5	6
Температура конденсації холодоагента	t_k	°С	Задаємось	75	75
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	°С	$t_{\text{вип}} = h''_1 - \Theta_n$	30	3
Температура води на вході в випарник	t_v^I	°С	Приймаємо	50	15
Температура води на виході з випарника	t_v^{II}	°С	Приймаємо	35	8
Величина недогріву	q_n	°С	Приймаємо	5	5
Величина перегріву	q	°С	Приймаємо	7	7
Теплоємність води	C_p	кДж/кг		4,19	
Температура	t_1	°С	$t_1 = t_{\text{вип}} + \Theta_n$	37	10
Ентальпія	h_1	кДж/кг	3 [5]	417	403
Ентальпія	h_1^I	кДж/кг	3 [5]	425	409

Продовження табл. Б.10

1	2	3	4	5	6
Ентальпія	h_{2a}	кДж/кг	3 [5]	450	446
Ентальпія	h_3	кДж/кг	3 [5]	315	315
Ентальпія	h_4	кДж/кг	$h_4 = h'_3 =$ $= h_3 - q_{по}$	307	309
ККД компресора	η_{oi}^{KM}	-	Приймаємо	0,75	0,75
ККД теплооб.	$\eta_{то}$	-	Приймаємо	0,98	0,98
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	Приймаємо	0,95	0,95
Питома потужність переохолодника	$q_{по}$	кДж/кг	$q_{по} = h'_1 - h_1$	8	6
Адіабатний теплоперепад в компресорі	H_a	кДж/кг	$H_a = h_{2a} - h'_1$	25	37
Робочий теплоперепад	H_p	кДж/кг	$H_p = H_a / \eta_{oi}^{KM}$	33,33	49,33
Ентальпія точки 2	h_2	кДж/кг	$h_2 = h_{2a} + H_p$	458,33	458,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	143,33	143,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_b	кДж/кг	$q_b = h_1 - h_4$	110	94
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	З розрахунку	2965,65	3500
Витрата холодоагента	$G_{ха}$	кг/с	$G_{ха} = Q_{ТНУ} / q_k \times$ $\times \eta_{то}$	20,76	24,92
Коефіцієнт перетворення	φ		$\varphi = Q_{ТНУ} / N_{KM}$	4,07	2,705
Потужність компресора	N_k	кВт	$N_{KM} = G_{ха} \times$ $\times H_p / \eta_{ем}$	728,25	1293,93
Потужність випарника	Q_b	кВт	$Q_b = Q_{ТНУ} -$ $- N_{KM}$	2237,4	2206,07
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = Q_b / C_p \times$ $\times (t'_b - t''_b) \times$ $\times \eta_{то}$	36,33	76,75

Продовження табл. Б.10

1	2	3	4	5	6
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	З розрахунку	129,98	37,28
Температура води на вході в випарник	t_B^I	°С	Приймаємо	50	15

Отже, теплова потужність ТНУ становить в перший сезон 2966 кВт, в другий сезон 3500 кВт; потужність випарника становить в перший сезон 2237 кВт, в другий сезон 2206 кВт; потужність компресора становить в перший сезон 728,25 кВт, в другий сезон 1293,93 кВт.

Результати розрахунку ДВЗ та потужності утилізаторів показані в таблиці Б.11.

Таблиця Б.11 – Розрахунок ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Формула	Сезон роботи КТНУ	
				1-й	2-й
1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива	b_y	кг/кВт·год	З розрахунку	0,35	0,35
Електромеханічний ККД	η_{em}		Приймаємо	0,95	0,95
Теоретичний об'єм повітря для спалювання 1м ³ робочого палива	V^0	м ³ /м ³	З розрахунку	9,52	9,52
Густина повітря	$\rho_{пов}$	кг/м ³	Приймаємо	1,165	1,165

Продовження табл. Б.11

1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	З розрахунку	2,1	2,1
Споживана електрична потужність ДВЗ	$N_{ГПД}$	МВт	З розрахунку	0,728	1,294
Питома теплоємність газів після ДВЗ	$C_{рг}$	кДж/кг·К	Приймаємо	1,125	1,125
ККД теплообмінника	$\eta_{то}$		Приймаємо	0,98	0,98
Теплота згорання робочого палива	$Q_{н^p}$	МДж/м ³	Приймаємо	34,001	
Нижча теплота згорання умовного палива	$Q_{н^y}$	МДж/кг	Приймаємо	29,3	29,3
Температура відхідних газів після ДВЗ	t_d	°С	Приймаємо	475	475
Температура відхідних газів після утилізатора	t_{yt}	°С	З розрахунку теплообмінника	140	140
Температура води на вході в утилізатор	t_2	°С	З розрахунку теплообмінника	54,45	60,41
Температура води на виході з утилізатора	t_1	°С	З розрахунку теплообмінника	110	110
Теплоємність води	C_p	кДж/кг·К	Приймаємо	4,19	4,19

Продовження табл. Б.11

1	2	3	4	5	6
Ефективний ККД ДВЗ	$\eta_{\text{еф}}$	-	$\eta_{\text{еф}}=0,123/ b_y$	0,351	
Повний ККД ДВЗ і електрогенератора	$\eta_{\text{д}}$	-	$\eta_{\text{д}}= \eta_{\text{еф}} \cdot \eta_{\text{ем}}$	0,334	
Питома витрата умовного палива на дизель-генератор	$b_{\text{уд}}$	кг/с	$b_{\text{уд}}= 0,123 / \eta_{\text{д}}$	0,368	
Теоретична маса повітря для спалювання 1м ³ палива	M^0	кг/м ³	$M_0= V_o \cdot \rho$	11,091	
Питома витрата суміші повітря і палива	$M_{\text{сум}}$	кг/м ³	$M_{\text{сум}}= 1 + \alpha \cdot M_0$	24,291	
Витрата умовного палива на ДВЗ	$B_{\text{д}}^y$	кг/с	$B_{\text{д}}^y= b_{\text{д}}^y \cdot N_{\text{двз}} / 3600$	0,075	0,132
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{\text{р}}^{\text{д}}$	м ³ /с	$B_{\text{р}}^{\text{д}}= B_{\text{д}}^y \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} / Q_{\text{н}}^{\text{п}}$	0,064	0,114
Витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}}= B_{\text{р}}^{\text{д}} \cdot M_{\text{сум}}$	1,560	2,769
Потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	МВт	$Q_{\text{ут}}= G_{\text{вг}} \cdot C_{\text{р}} \times (t_{\text{д}} - t_{\text{уг}}) \cdot \eta_{\text{то}}$	0,576	1,022
Потужність системи охолодження	$Q_{\text{ох}}$	МВт	$Q_{\text{ох}}=0,2 \cdot B_{\text{р}}^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{то}}$	0,428	0,760

Продовження табл. Б.11

1	2	3	4	5	6
Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ	ΣQ_{yt}	МВт	$\Sigma Q_{yt} = Q_{yt} + Q_{ox}$	1,004	1,782
Масова витрата води через утилізатор	G_{yt}	кг/с	$G_{yt} = Q_{yt} / (t_2 - t_1)$	4,40	8,75
Загальна потужність ТНУ з ДВЗ	ΣQ	кВт	$\Sigma Q = Q_{тну} + Q_{двз}$	3,970	5,282

Отже, витрата робочого палива на ДВЗ в перший сезон становить 0,064 м³/с, в другий сезон 0,114 м³/с; потужність утилізатора відхідних газів в перший сезон становить 0,576 МВт, в другий сезон 1,022 МВт; потужність системи охолодження в перший сезон становить 0,428 МВт, в другий сезон 0,76 МВт. Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ та ТНУ в перший сезон становить 3,97 МВт, в другий сезон 5,282 МВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з КТНУ наведені в таблиці Б.12.

Таблиця Б.12 – Розрахунок теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірюв.	Формула	Сезон 1	Сезон 2	Сезон 3
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт		18,98	8,37	-
Витрата робочого палива на котел	V_{pk}	м ³ /с	$V_{pk} = Q_k / Q_p^H \cdot \eta_k$	0,607	0,268	-

Продовження табл. Б.12

1	2	3	4	5	6	7
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	$V_{\text{існ}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	З розрахунку	0,607	0,399	0,169
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{\text{двз}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	З розрахунку ДВЗ	--	0,064	0,114
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	V_3	$\text{м}^3/\text{с}$	$V_3 = V_{\text{к}} + V_{\text{двз}}$	0,607	0,332	0,114
Економія палива за рахунок модернізації	ΔV	%	$\Delta V = ((V_{\text{існ}} - V_3) / V_{\text{існ}}) \cdot 100$	--	16,83	32,63
Загальна кількість робочих годин	τ_3	год	З розрахунку котельні	8760		
Кількість робочих годин котельні в перший сезон	τ_1	год	З розрахунку котельні	30		
Кількість робочих годин котельні в другий сезон	τ_2	год	З розрахунку котельні	4246		
Кількість робочих годин кот. в третій сезон	τ_3	год	З розрахунку котельні	4484		

Продовження табл. Б.12

1	2	3	4	5	6
Середньо річна економія палива	$\Delta B_{\text{середн}}^{\text{річ}}$	%	$\Delta B_{\text{р}}^{\text{середн}} = (\Delta B_1 \times \tau_1 + \Delta B_2 \times \tau_2 + \Delta B_3 \cdot \tau_3) / \tau_{\text{річ}}$	24,78	
Загальна потужність ТНУ та утилізаторів ДВЗ	ΣQ	кВт	З розрахунку ДВЗ та ТНУ	3,970	5,282

Отже, теплова потужність котельні для першого сезону склала 18,98 МВт, для другого сезону – 8,37 МВт; витрата робочого палива: для першого сезону 0,607 м³/с, для другого сезону 0,332 м³/с, для третього сезону 0,114 м³/с. Середньорічна економія палива при використанні ТНУ склала 24,78%.

Б.5 Порівняльний аналіз ефективності варіантів застосування КТНУ та обґрунтування вибору найбільш ефективного варіанту

Проаналізуємо ефективність розглянутих варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі. Значення показників ефективності для варіантів теплових схем з КТНУ наведені в таблиці Б.13.

Таблиця Б.13 – Основні показники теплових схем з КТНУ

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Річна економія робочого палива	%	27,85	26,9	25,87	24,78
Температура відхідних газів	°С	74	87	100	110
Економія робочого палива	тис.м ³ /рік	2477,23	2392,73	2301,11	2204,15
Кількість зекономлених коштів	млн. грн./рік	25,12	24,26	23,34	22,35

В таблиці Б.13 позначені такі варіанти: 1– застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 85% потужності контактного утилізатора; 2 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 75% потужності контактного утилізатора; 3 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 65% потужності контактного утилізатора; 4 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 55% потужності контактного утилізатора.

Як видно з табл. Б.13, найбільш ефективним за технічними показниками є варіант застосування КТНУ в тепловій схемі з використанням 55% потужності контактного утилізатора, при якому температура відхідних газів становить 110°C. Економія палива для даного варіанту становить 24,78%, економія коштів складає 22,35 млн. грн./рік, отже вибираємо даний варіант до впровадження.

Теплова схема котельні з КТНУ показана на кресленні.

Б.6 Вибір теплонасосного, когенераційного та допоміжного обладнання для найбільш ефективного варіанту

За результатами розрахунків вибираємо ТНУ, ДВЗ та утилізаційне обладнання.

Вибираємо два газопоршневих двигуна-генератора: двигун марки 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт виробництва ДП «Завод ім. В. О. Малишева» (Україна) та марки ГДГА800 з номінальною потужністю електрогенератора 800 кВт виробництва ТДВ «Первомайськдизельмаш» (Україна).

Вибираємо два теплових насоси виробництва ЗАТ «Енергія»: один тепловий насос марки НТ-3000 з розрахунковою теплопродуктивністю 1800...2800 кВт та один тепловий насос марки НТ-1000 з розрахунковою теплопродуктивністю 900...1350 кВт.

Встановлюємо КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ; розрахункова теплопродуктивність 0,3-3 МВт .

Витрати води у випарнику 36,32 кг/с та 76,75 кг/с. Встановлюємо три насоси (два робочих, один резервний) фірми GLONG марки GHE-150-125-18,5 з подачею 220 м³/год., напором 0,15 МПа, ККД 75%, з потужністю електродвигуна 18 кВт.

План котельні з КТНУ та розташуванням вибраного обладнання показаний на кресленні.

Висновки

Проаналізована ефективність варіантів застосування когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні в місті Узин. Проведений аналіз ефективності чотирьох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі котельні.

Обґрунтовано вибір варіанту застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні з використанням 55% потужності контактного утилізатора. За рахунок впровадження вибраного варіанту когенераційної теплонасосної установки економія робочого палива в тепловій схемі складає $\Delta B_p = 24,78\%$ та економія коштів складає 22,35 млн. грн./рік.

За обраним варіантом модернізації підібрано обладнання: підібрано теплові насоси марок НТ-1000 та НТ-3000, газопоршневі двигуни-генератори марок 11ГД100М та ГДГА800, а також утилізаційне обладнання марки КТАН-2,3УГ та насоси фірми GLONG.

Додаток В
(довідковий)

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОТЕЛЬНІ

В.1 Характеристика об'єкта автоматизації

Парова котельня використовується для забезпечення технологічних потреб виробництва та для опалення цехів і адміністративного корпусу. Водопостачання котельні здійснюється від природного джерела. Сира вода надходить в охолоджувач випару, де підігрівається парою з деаератора та йде в хімоводоочистку. Вода з хімоводопідготовки надходить на охолоджувач живильної води, а потім надходить в деаератор ДСА. Деаерована вода з температурою 104,7 °С живильним насосом направляється в чавунний економайзер, де підігрівається до 140-150 °С і охолоджує димові гази від 180-200 до 120-140 °С, це дозволяє підвищити ККД котла. Пара від котлів надходить в розподільник, а вже звідти надходить на виробництво, потреби опалення та власні потреби.

Передбачена безперервна і періодична продувка котла для виключення можливості випадання з котлової води накипоутворюючих солей і утворення накипу. Продувочна вода виливається в продувочний колодязь.

В.2 Обґрунтування вибору величин, які регулюються та каналів регулюючого впливу

САР потужності парового котла

Регулятор потужності призначений для підтримання енергетичного балансу в котлоагрегаті. Показником балансу є тиск в барабані котла. Автоматичне регулювання будемо здійснювати за триімпульсною схемою (рис. В.1). Будемо використовувати електронні датчики та контроллер.

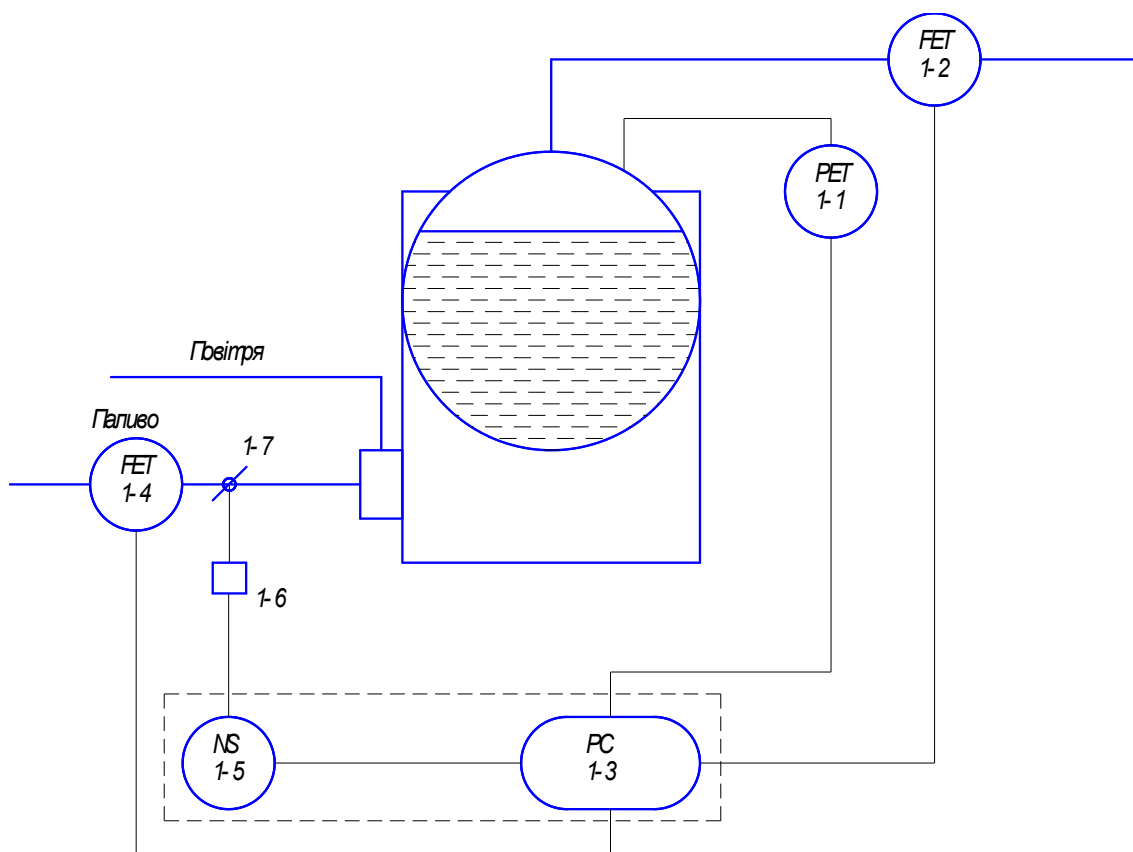


Рисунок В.1 – Схема регулювання потужності котла

Сигнал, який поступає з датчика тиску РС-28 (1-1) надходить на контролер АГАВА 6432.10 (1-3), також контролер отримує корегуючі дані з датчиків витрати пари (1-2) та природного газу (1-4) ВЗЛЕТ ВРС (ВРС-Г-5хх). Контролер порівнює сигнали та виробляє корегуючий сигнал, який надходить через вбудований в контролер частотний перетворювач на виконавчий механізм засувки лінії живлення газом котла (1-7) АУМА SA 07.2.

САР співвідношення палива і повітря.

Для регулювання співвідношення палива і повітря використаємо також триімпульсну схему. В якості імпульсів використаємо імпульси витрати газу та повітря. Схема представлена на рис. В.2.

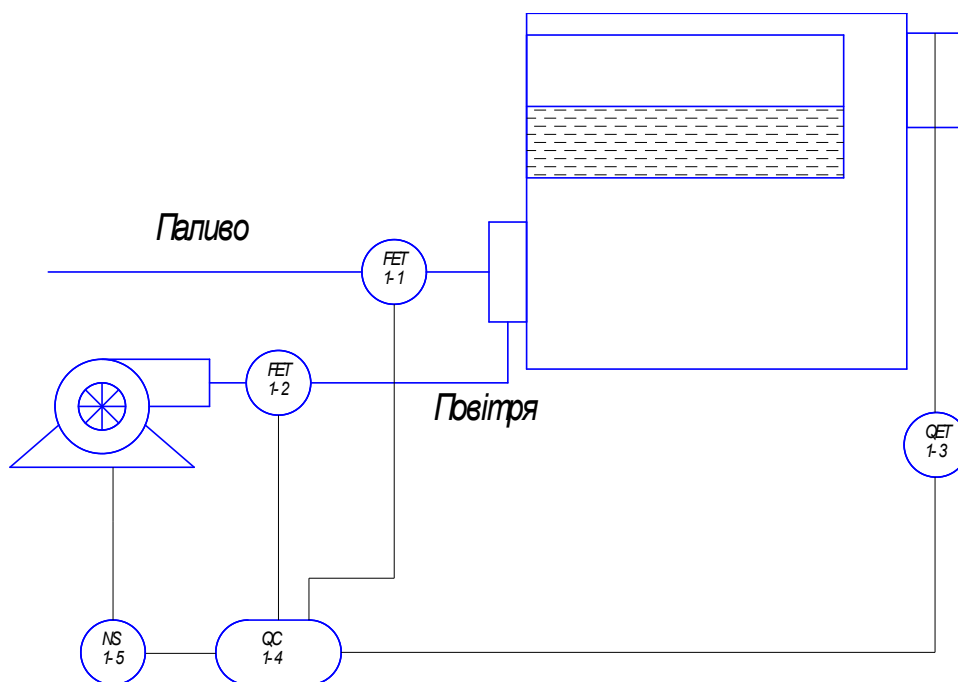


Рисунок В2 – Схема регулювання потужності котла

Контроллер АГАВА 6432.10 (1-4), сприймає інформацію від датчика витрати палива (1-1) та повітря (1-2) марки ВЗЛЕТ ВРС (ВРС-Г-5xx), також сприймає сигнал від датчика концентрації Arduino MQ7 (1-3) та виробляє сигнал для частотного перетворювача вентилятора (1-5) ESV453NO4TXB.

САР рівня води в барабані.

Автоматичне регулювання живлення парового котла водою заключається в підтриманні рівня води в барабані котла. Рівень в барабані котла підтримується від нижнього робочого рівня до верхнього, тобто, коли найбільше дзеркало випаровування. Вимоги до регулювання рівня води в барабані парового котла найбільш жорсткі в порівнянні з іншими котловими регуляторами. Це викликано умовами безпеки і надійності роботи котла.

Враховуючи характер причин, що викликають зміну рівня води в барабані котла, найбільш доцільною є триімпульсна схема регулювання. Така схема застосовується для котлів паропроductивністю 10 т/год і більше, працюючих в умовах значного коливання продуктивності. При цій схемі регулятор живлення враховує три імпульси: рівня води в барабані, витрати пари і витрати живильної води. Схема регулювання рівня в барабані наведена на рис. В.3.

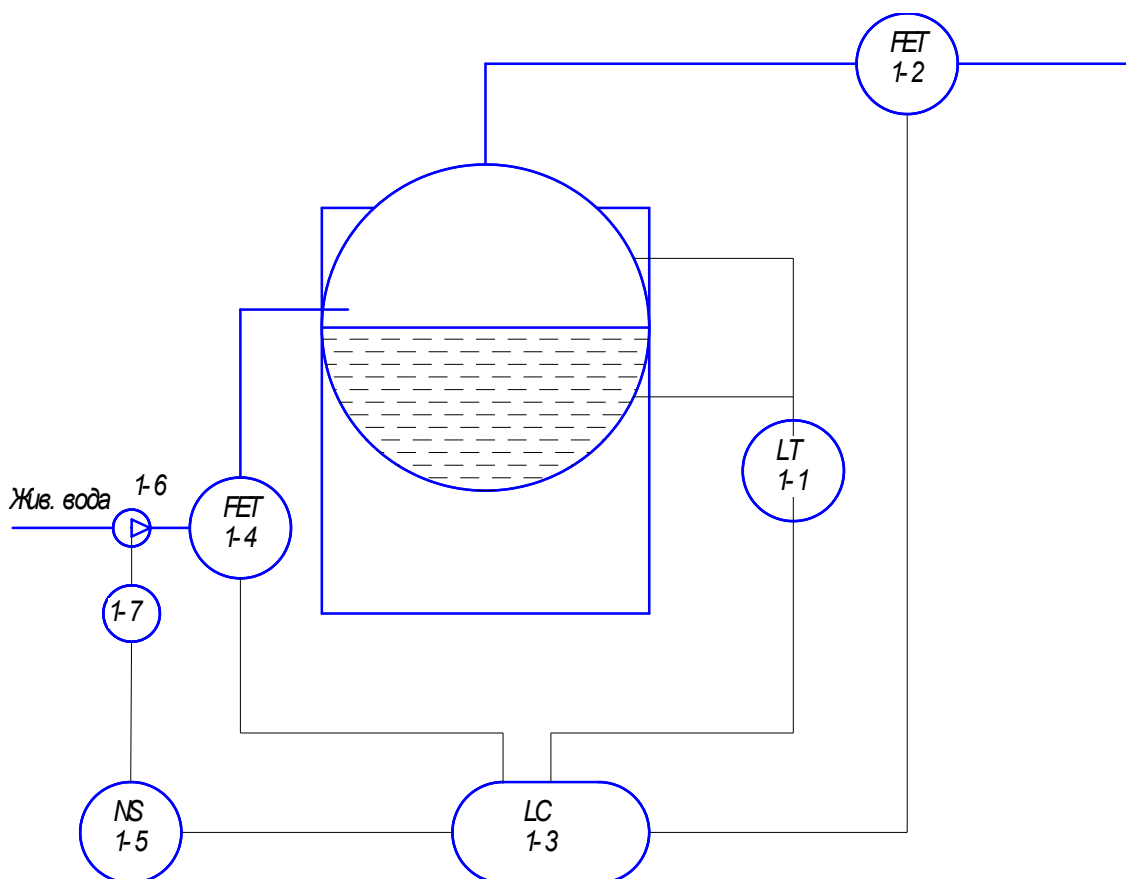


Рисунок В.3 – Схема регулювання рівня води в барабані

Із датчиків витрати пари (1-2) ВЗЛЕТ ВРС (ВРС-Г-5хх), рівня води в барабані котла (1-1) FineTek серії EA та витрати живильної води (1-4) ВЗЛЕТ ВРС (ВРС-Г-5хх), сигнали надходять на контролер АГАВА 6432.10 (1-3) де порівнюються і виробляється сигнал керування електроприводом насоса (1-6) через частотний перетворювач (1-5) ESV453NO4TXB.

САР тиску в деаераторі.

Регулювання тиску в деаераторі виконується за одноімпульсною схемою. Імпульсом є тиск в деаераторі. Схема регулювання представлена на рис. В.4.

Сигнал із датчика тиску в деаераторі РС-28 (1-1) надходить на регулятор ОВЕН ПЛК100 (1-2), який виробляє сигнал впливу на електропривід парової засувки (1-5) AUMA SA 07.2. Також регулятор (1-2) має ручне керування (1-3). На щит виводиться також світловий ідентифікатор положення засувки подачі пари (1-7).

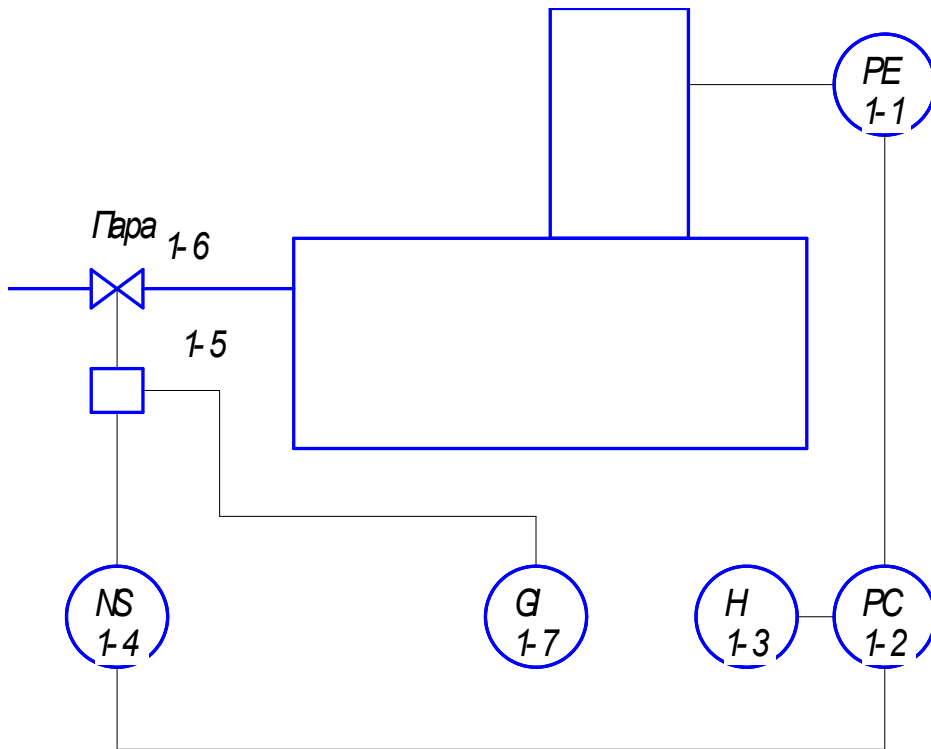


Рисунок В.4 – Схема регулювання тиску в деаераторі

САР підживлення теплової схеми.

В якості регулятора підживлення системи використовуємо двоімпульсну схему, впливом в якій буде зміна витрати пари на виході з котла. Корегуючим впливом буде рівень води в деаераторі. Система автоматичного регулювання підживлення представлена на рис. В.5.

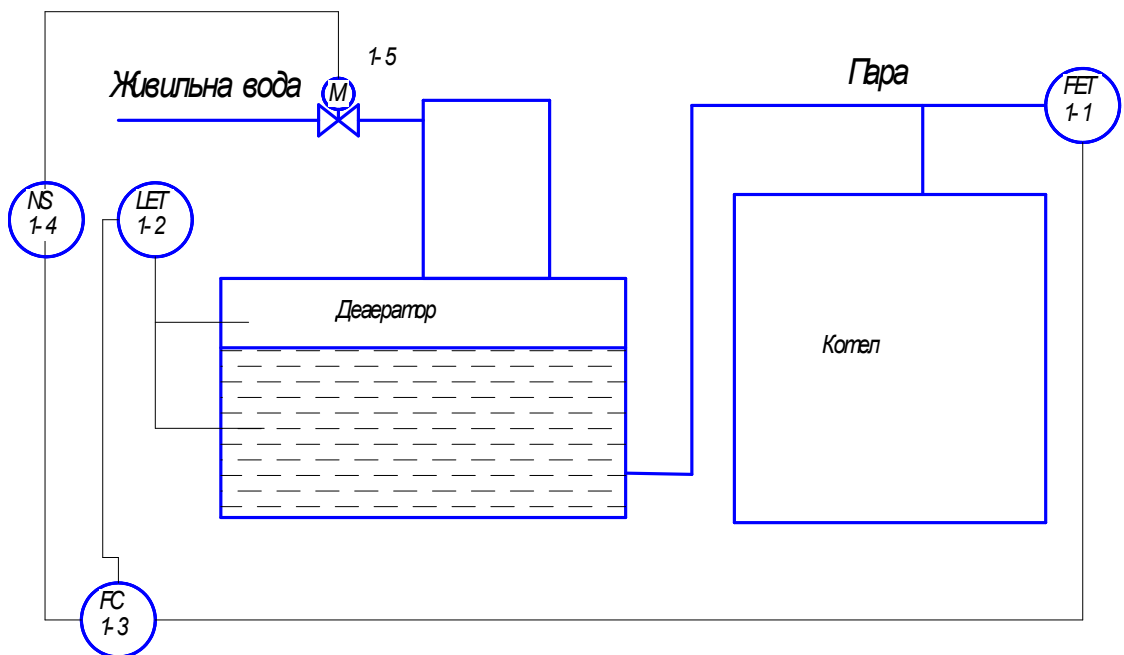


Рисунок В.5 – Схема САР витрати перегрітої пари

В даному випадку регулятором буде виступати ОВЕН ПЛК100 (1-3). Він сприймає сигнали від датчика витрати пари (1-1) ВЗЛЕТ ВРС (ВРС-Г-5хх) та датчика рівня води в деаераторі (1-2) FineTek серії EA, далі виробляє керуючий сигнал для електропривода шарового крану (1-5) AUMA SA 07.2.

В.3 Засоби автоматизації

Для роботи парового котла вибираємо спеціальний контролер газових і рідкопаливних котлів АГАВА6432.10.

Контролер газових і рідкопаливних котлів АГАВА 6432.10 забезпечує:

- роботу агрегатів на декількох видах палива: газ, рідке, тверде, пічне та ін .;
- позиційне / плавне (по П, ПД-законам) регулювання потужності;
- підтримку температурного графіка;
- автоматичний і ручний розпалювання пальників;
- автоматичну і ручне регулювання потужності котла;
- автоматична підтримка рівня води (для парового котла);
- контроль тиску палива і повітря перед пальником (пальниками);
- захисне відключення топкового агрегату в разі аварії;
- запам'ятовування першопричини виникнення аварійної ситуації;
- запам'ятовування дій персоналу;
- захист від нештатних дій оператора і в разі виходу з ладу виконавчих пристроїв;
- роботу спільно з датчиком полум'я ФДЧ і сигналізатором газу Х22;
- висновок на вбудований дисплей інформації про стан об'єкта;
- ведення архіву параметрів котлоагрегату;
- зберігання в пам'яті контролера декількох варіантів настройки під різні режими роботи;
- програмування "під об'єкт" за допомогою вбудованого меню або від зовнішнього комп'ютера;
- виведення інформації про стан об'єкта на комп'ютер віддаленого диспетчерського пункту;
- дистанційне керування котлом.

Кран шаровий з електроприводом AUMA SA 07.2.

Для всіх кульових кранів цієї серії характерне поєднання високої ефективності з економічністю експлуатації. Кран кульовий з електроприводом призначений для блокування водопостачання та опалення в разі протікання води. Стабілізована швидкість кранів при старті запобігає можливим гідроудари. У режимі очікування споживання енергії складає 3 Вт, а в момент закривання

(відкриття) 12 Вт Особливо зручна експлуатація крана марки HC220B-P 1/2 ", 3/4", 1 ", що займає опцією « ручне управління », яка дає можливість управляти краном у разі відключення електроенергії [34].

Технічні характеристики:

Час повороту: 7 сек.

Матеріал: нержавіюча сталь

Температура циркулюючої рідини - від -10 + 100 ° C

Номинальний робочий тиск - 10 атм.

Максимальний тиск - 16 атм.

Витратомір ВЗЛЕТ ВРС застосовується для вимірювання витрати, а так само обсягу потоків різних рідин (гарячої, холодної, стічних вод, кислот, лугів, харчових продуктів, водяної пари і т.д.) в одному або декількох (залежить від виконання) трубопроводах які перебувають під тиском при різних умовах експлуатації. Технічна характеристика наведена в таблиці В.1.

Таблиця В.1 – Технічні характеристики [35]

Найменування параметра	Значення параметра
Діаметр умовного проходу, мм	від 10 до 5 000 (від 150 до 10 000)*
Швидкість потоку, м/с	від 0,1 до 35
Діапазон температури рідини, °C	від мінус 30 до 160
Температура навколишнього середовища для вторинного перетворювача (ВП), °C	від 0 до 50 (від мінус 40 до 65)**
Тиск в трубопроводі для різних перетворювачів електроакустичних (ПЕА), МПа	не більше 2,5***
Ступінь захисту ВП/ПЕА	IP54/IP68
Глибина архівів вимірювальної інформації, записів:	
- годинного	1440
- добового	60
- місячного	48
- інтервального	14400
- дозування	512
Напруга живлення витратоміра, В	24
Споживана потужність, ВА	не більше 12
Середній час напрацювання на відмову, г	75000
Маса ВП, кг	не більше 3
Габаритні розміри ВП, мм	250 × 132 × 90

* для багатопроменевого виконання

** за замовленням

*** до 25 МПа (за замовленням)

В.4 Величини, які підлягають контролю та сигналізації

Контролю підлягають всі ті параметри, знання поточних значень яких забезпечує пуск, налагодження та ведення технологічного процесу. До таких параметрів відносять регульовані величини, нерегульовані внутрішні параметри, вхідні і вихідні параметри, при зміні яких в об'єкт можуть надходити впливи, всі параметри, зміна яких може привести до аварії або порушення технологічного процесу.

Контролюють:

- температуру пари;
- температуру живильної води 104 °С;
- температуру димових газів 200 °С (без економайзера);
- температуру димових газів 120 °С (з економайзером);
- тиск газу 0,08 МПа;
- тиск повітря 0,4 кПа;
- тиск живильної води 1,5 МПа;
- розрідження в топці 0,045 кПа;
- витрату палива max (газу) 540 м³ / год;
- витрату живильної води (max) 7 т / год;
- витрату пара 7 т / год;
- рівень води в барабані котла
- вмісті СО і СН₄ в приміщенні.

Сигналізують:

- розрідження в топці;
- тиск газу;
- тиск повітря;
- рівень в барабані котла
- вміст СО і СН₄ в приміщенні

Відповідно до Правил безпеки систем газорозподілу і газоспоживання передбачається ряд технологічних захистів і блокувань.

Захисти, які спричинюють зупинку котла

- згасання факела в топці;
- відключення димососа;
- відключення дутевого вентилятора;
- пониження тиску газу;
- зниження і підвищення рівня в барабані.
- Захисти, які діють на відключення подачі палива до котла або пальника

- не запалення або згасання факела пальника розпалювальної групи при розпалюванні котла.
- перевищення концентрації CO і CH₄.

В.5 Технічні умови для виконання технологічних захистів

Захисти, які діють на зупинку котла [36]:

- згасання факелу. Захист спрацьовує при відповідному сигналі з фотодатчика і спричиняє зупинку котла. Вводиться автоматично при початку розпалювання і виводиться при зупинці котла або спрацьовуванні захисту «Незапалення при розпалюванні»;
- відключення дутьєвого вентилятора. Захист спрацьовує при відключенні вимикача електродвигуна дуттєвого вентилятора і спричиняє зупинку котла. Вводиться автоматично при початку розпалювання і виводиться при зупинці котла або спрацьовуванні захисту «Незапалення при розпалюванні»;
- зниження тиску газу. Тиск контролюється регулюючим клапаном на загальному підводі газу до котла. На котлах, що працюють під наддувом, контролюється різниця тисків: газу за регулюючим клапаном на загальному підводі до котла і димових газів в топці;
- підвищення и зниження рівня. Підвищення рівня в барабані котла до 100 мм вище середнього - захист спричиняє також закриття всіх запірних засувки і регулюючих клапанів на підводі живильної води до котла. Зниження рівня в барабані котла до -75 мм нижче середнього - захист спричиняє закриття всіх запірних засувки і регулюючих клапанів на підводі живильної води до котла.

В.6 Розрахунок регулюючого органу

Регулюючим органом (РО) є ланка виконавчого пристрою, призначена для зміни яких-небудь параметрів (наприклад, витрати рідини) при регулюванні режиму роботи об'єкта.

Найбільшого поширення набули дросельні регулюючі органи клапани і заслінки. При двопозиційному регулюванні (відкрито-закритий) затвор регулюючого органу швидко переміщається в одне з крайніх положень. В цьому випадку регулювання параметра робочого середовища здійснюється за рахунок співвідношення між проміжками часу, коли регулюючий орган закритий або відкритий. При безперервному регулюванні пропускну спроможність регулюючого органу визначається ступенем його відкриття. Регулюючі органи характеризуються багатьма параметрами, основними з яких є: максимально допустимий тиск на вході в РО, мінімальна витрата середовища, перепад тиску на

РО, витрата через повністю відкритий клапан. Підбір РО здійснюється за переліченими параметрами [37].

Клапани, заслінки, засувки. Двоходові і триходові клапани за типом підключення розділяються на фланцеві і різьбові.

Залежно від кута повороту осі змінюється величина просвіту між диском і внутрішньою поверхнею клапана. Така конструкція клапана використовується, як правило, в рідинних трубопроводах великого діаметру [37].

Дросельні повітряні заслінки застосовуються як на трубопроводах круглого, так і прямокутного перетину для регулювання повітряних і газових (парових) потоків при невеликому статичному тиску. Зміна прохідного перетину заслінкою здійснюється шляхом обертання її навколо осі, розташованої перпендикулярно напрямку потоку.

Заслінки типу «жалюзі» при однакових розмірах зі звичайними однопорожнинними мають істотно менший реактивний момент, що обертається. Проте, мають складнішу конструкцію.

Зворотні клапани служать для запобігання зворотному потоку робочих середовищ. Їх, зокрема, використовують в рідинних і всмоктуючих трубопроводах автономних кондиціонерів і чіллерів.

Для запобігання виходу з ладу регулюючого органу він забезпечується кінцевими вимикачами, що відключають привід в крайніх положеннях [38].

Швидкість рідини в трубопроводі, м/с [37]

$$W = \frac{4 \cdot F_{\max}}{3600 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \quad (\text{B.1})$$

де F_{\max} – максимальна витрата рідини, $\text{м}^3 / \text{год}$;

$d_{\text{вн}}$ – діаметр трубопроводу, м.

Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{W \cdot d_{\text{вн}}}{\nu}. \quad (\text{B.2})$$

де ν – кінематична вязкість середовища, $\text{м}^2/\text{с}$;

w – швидкість середовища, м/с.

Коефіцієнт тертя [37]

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log \text{Re} - 0,9)^2}. \quad (\text{B.3})$$

Коефіцієнти опору:

крана $\xi_1 = 3,5$;
 зворотного клапана $\xi_2 = 10$;
 коліна $\xi_3 = 1,2$;

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3. \quad (\text{B.4})$$

Втрата тиску в трубопроводі на тертя в місцевих опорах, Па

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot W^2}{2}, \quad (\text{B.5})$$

де λ – коефіцієнт тертя;
 L – довжина трубопроводу, м;
 $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів;
 ρ – густина середовища, що протікає по трубопроводу;
 W – швидкість потоку.

Втрати тиску на переміщення рідини в висоту h , Па :

$$\Delta P_h = \rho \cdot g \cdot h. \quad (\text{B.6})$$

Перепад тиску на клапані, Па

$$\Delta P_{\text{p.o}} = P_n - (P_k + \Delta P_{\text{втр}} + \Delta P_h). \quad (\text{B.7})$$

Пропускна здатність клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$K_{v1} = 0,316 \cdot F_{\text{max}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{\text{p.o}}}}. \quad (\text{B.8})$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot F_{\text{min}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{\text{p.o}}}}. \quad (\text{B.9})$$

Умовна пропускна здатність регулюючого органу

$$K_{vy} = K_{v1} \cdot n, \quad (\text{B10})$$

де n – коефіцієнт запасу, зазвичай приймається 1,2.

З таблиці обираємо найближчий коефіцієнт умовної пропускної здатності $K_{vy, \text{табл}}$

Визначаємо ступінь відкриття клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$\eta_1 = \frac{K_{v1}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%; \quad (B.11)$$

$$\eta_2 = \frac{K_{v2}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%. \quad (B.12)$$

Розрахунок клапану подачі підживлювальної води.

Максимальна витрата $F_{max} = 1,83 \text{ м}^3 / \text{год}$, мінімальна витрата $F_{min} = 1,1 \text{ м}^3 / \text{год}$. Тиск у лінії $P_k = 0,25 \text{ МПа}$. Насос, що подає рідину, розвиває тиск $P_n = 0,3 \text{ МПа}$. Діаметр трубопроводу $d_{вн} = 50 \text{ мм}$.

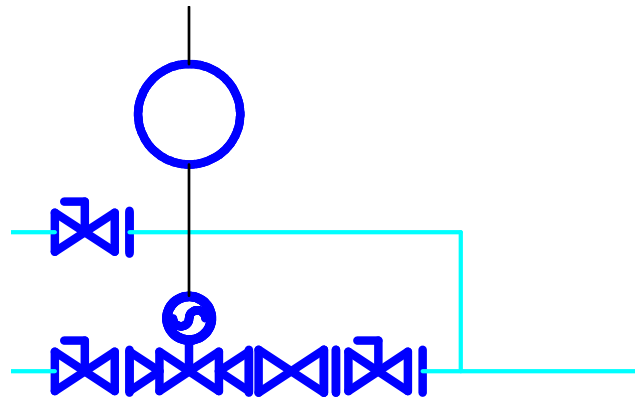


Рисунок В.6 – Схема виконавчого пристрою

Швидкість рідини в трубопроводі

$$W = \frac{4 \cdot 1,82}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 0,25 \text{ (м / с)}.$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{0,25 \cdot 0,05}{0,89 \cdot 10^{-6}} = 14045.$$

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log 14045 - 0,9)^2} = 0,0287.$$

Коефіцієнти опору

вентиля $\xi_1 = 3,5$;

трійники $\xi_2 = 1,5$;

колiна $\xi_3 = 1,2$;

$$\sum \xi = 3,5 + 10 + 1,2 + 1 = 15,7.$$

Втрата тиску в трубопроводі на тертя об стінки і місцевих опорах

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left(0,0287 \cdot \frac{2,2}{50} + 15,7 \right) \cdot \frac{990 \cdot 0,25^2}{2} = 262 \text{ (Па)}.$$

Втрата тиску на переміщення рідини в висоту h

$$\Delta P_h = 9,81 \cdot 990 \cdot 3 = 29136 \text{ (Па)}.$$

Перепад тиску на клапані

$$\Delta P_{\text{р.о}} = 300000 - (250000 + 262 + 29136) = 20602.$$

Пропускна здатність клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях:

$$K_{v1} = 0,316 \cdot 1,82 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,602}} = 4,$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,602}} = 2,4.$$

Умовна пропускну здатність регулюючого органу

$$K_{vy} = 4 \cdot 1,2 = 4,8.$$

З таблиці обираємо найближчий коефіцієнт умовної пропускну здатності $K_{vy, \text{табл}} = 10$

Ступiнь відкриття клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$\eta_1 = \frac{4,8}{10} \cdot 100 = 48(\%);$$

$$\eta_2 = \frac{2,4 \cdot 1,2}{10} \cdot 100 = 29(\%).$$

Отже, для встановлення обираємо нормально відкритий клапан НС 220В/12В з електроприводом AUMA SA 07.2 діаметром умовного проходу 50.

Висновки

Було проведено розробку функціональної схеми автоматизації парового парової котельні. Були розроблені системи автоматичного регулювання потужності парового котла, САР співвідношення палива і повітря, САР рівня води в барабані, САР тиску в деаераторі, САР підживлення. Окрім цього було розроблено технологічні захисти при: загазованості котельні, при відключенні електроенергії, при погасанні факела пальника, а також при зміні тиску повітря.

Була розроблена функціональна схема автоматики котельні на форматі А3, нанесені відповідні позначення.

Підібрані основні регулятори та вимірювальні пристрої, які будуть здійснювати процеси регулювання в схемі.

Виконано розрахунок клапану подачі підживлювальної води.

Додаток Г
(довідковий)

**ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ТЕПЛОАСОСНОЇ
УСТАНОВКИ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ**

Г.1 Розрахунок трубопроводів для опалювального контуру

В тепловій схемі для прокладання трубопроводів використаємо сталеві труби.

Діаметр трубопроводу в контурі від утилізатора димових газів до пластинчастого теплообмінника

$$d_{\text{ут.дг.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{ут.дг.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.1})$$

де ω – швидкість теплоносія в трубопроводі, приймаємо $\omega=2$ м/с;

ρ – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м³.

$$d_{\text{ут.дг.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 36,33}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,152 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 159 \times 4,5$ мм ($d_y = 150$ мм).

Діаметр трубопроводу в контурі від теплообмінника до утилізатора відхідних газів

$$d_{\text{то.ут}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{то.ут}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.2})$$

$$d_{\text{то.ут.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 36,33}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,152 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 159 \times 4,5$ мм ($d_y = 150$ мм).

Діаметр труб в контурі від випарника теплового насосу НТ-1000 до теплообмінника

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вип.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.3})$$

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,93}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,1 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 108 \times 4,5$ мм ($d_y = 100$ мм).

Діаметр труб в контурі від теплообмінника до випарника теплового насосу НТ-1000

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{то.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.4})$$

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,93}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,1 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 108 \times 4,5$ мм ($d_y = 100$ мм).

Діаметр труб в контурі від випарника теплового насосу НТ-3000 до теплообмінника

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вип.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\Gamma.5)$$

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,4}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,114 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 133 \times 4,5 \text{ мм}$ ($d_y = 125 \text{ мм}$).

Діаметр труб в контурі від теплообмінника до випарника теплового насосу НТ-3000

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{то.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\Gamma.6)$$

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,4}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,114 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 133 \times 4,5 \text{ мм}$ ($d_y = 125 \text{ мм}$).

Діаметр трубопроводу в контурі від теплової мережі до конденсатора теплового насосу НТ-1000

$$d_{\text{мв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{мв}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\Gamma.7)$$

$$d_{\text{MB}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 53,23}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,184 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d=219 \times 6$ мм ($d_y = 200$ мм).

Діаметр трубопроводу в контурі від конденсатора теплового насосу НТ-1000 до споживача

$$d_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{к}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.8})$$

$$d_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 53,23}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,184 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d=219 \times 6$ мм ($d_y = 200$ мм).

Діаметр трубопроводу в контурі від теплової мережі до конденсатора теплового насосу НТ-3000

$$d_{\text{MB}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{MB}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (\text{Г.9})$$

$$d_{\text{MB}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 72,95}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,215 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d=273 \times 7$ мм ($d_y = 250$ мм).

Діаметр трубопроводу в контурі від конденсатора теплового насосу НТ-1000 до споживача

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot G_k}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_B}}, \quad (\Gamma.10)$$

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 72,95}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,215 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d=273 \times 7$ мм ($d_y = 250$ мм) .

Г.2 Розрахунок і підбір допоміжного обладнання

Г.2.1 Підбір насосного обладнання

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції теплоносія в тепловій мережі. Їх подача визначається за максимальною масовою витратою у випарнику та конденсаторі.

Витрати води у випарнику 36,32 кг/с та 76,75 кг/с. Встановлюємо три насоси (два робочих, один резервний) фірми GLONG марки GHE-150-125-18,5 з подачею 220 м³/год., напором 0,15 МПа, ККД 75%, з потужністю електродвигуна 18 кВт.

Витрати води у конденсаторі 129,98 кг/с та 37,28 кг/с. Встановлюємо три насоси (два робочих, один резервний) фірми CALPEDA марки N4 150-315B з подачею 450 м³/год., напором 0,16 МПа, ККД 75%, з потужністю електродвигуна 30 кВт .

Г.3 Організаційно-технологічна частина

Г.3.1 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу

Г.3.1.1 Загальна характеристика об'єкта

Розробляється технологія монтажу системи опалення та гарячого водопостачання теплонасосної установки на базі котельні.

З попередніх розрахунків на котельні обрано встановлювати теплові насоси марки НТ-1000 та НТ-3000. Джерелом для роботи теплового насоса може бути будь-яка проточна вода з низькотемпературною теплотою від +5 до + 40 °С. Технічні характеристики теплових насосів наведені в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 – Технічні характеристики теплових насосів

Тип теплового насосу	Виконання	Розміри (довжина, ширина, висота), м	Загальна маса, кг
НТ-1000	Роздільне	3,8-1,5-2,3	13000
НТ-3000	Роздільне	5,6-1,885-3,3	22000

До цієї категорії «вода-вода» відносять теплові насоси, в яких як низькотемпературне джерело теплоти використовують ґрунтові води з температурою 7 – 12 °С, воду різних систем оборотного водопостачання, воду шахтного водовідливу, а також нейтральні промислові побутові стічні води.

У більшості випадків зазначені водні джерела містять осадкові речовини, тому, внаслідок цього, необхідно між випарником теплового насоса та водяним джерелом встановлювати проміжний циркуляційний контур (рисунок Г.1).

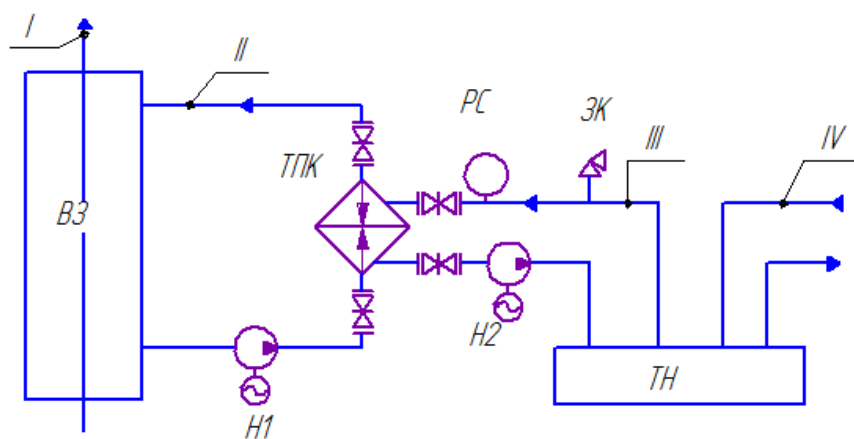


Рисунок Г.1 – Принципова схема встановлення водо-водяного теплового насоса з проміжним контуром: ВЗ – проточний водозбірник; ТПК – теплообмінний апарат первинного контуру; Н₁, Н₂ – насоси для водяного джерела та проміжного контуру; РС – розширювальна посудина; ЗК – запобіжний клапан; I – лінія природної циркуляції водяного потоку, що утилізується; II – циркуляційний контур водяного потоку через ТПК; III – проміжний контур чистої та демінералізованої води; IV – вторинний контур (споживача теплового навантаження)

Г.3.1.2 Вибір приміщення для розміщення теплового насосу

Теплові насоси можна встановити у складних умовах і в тісних приміщеннях. В курсовому проекті обраний варіан встановлення тепло-насосного обладнання в окремому приміщенні, на місці складського приміщення. Дане приміщення має такі розміри, які дозволяють здійснювати належний огляд обладнання та забезпечують достатню кількість повітря для безпечної роботи ТНУ.

Приміщення обладнане зливною системою, системою вентиляції приміщення.

Утилізатор теплоти відхідних газів розміщуємо в приміщенні котельні.

Для цього обладнання достатньо мінімальних розмірів приміщення. Утилізатор теплоти димових газів розміщуємо безпосередньо поряд з газовими

трактами від котлів. Таке розміщення обладнання дозволить зменшити витрати на трубопроводи, а також дозволить проводити обстеження обладнання.

Г.3.1.3 Документація необхідна для монтажу ТНУ

Стадія "Робоча документація" (РД) розробляється для виконання будівельно-монтажних робіт.

В склад РД для будівництва повинні входити:

- робочі креслення, які розробляються у відповідності до вимог нормативних документів
- паспорт оздоблювальних робіт;
- кошторисна документація;
- специфікація обладнання, виробів та матеріалів;
- опитувальні листи і габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;
- вихідні вимоги по розробці конструкторської документації на

обладнання індивідуального виготовлення.

Об'єм і деталізація робочих креслень повинна бути доведена до мінімально необхідних об'ємів.

При проектуванні об'єктів з особливо складними конструкціями і методами проведення робіт в складі робочої документації розробляються робочі креслення на спеціальні допоміжні споруди та прибудови по додатковому завданню замовника.

Вихідні дані для закордонного обладнання та креслення на обладнання індивідуального виготовлення видаються замовником проектувальнику до початку розробки робочої документації.

Для об'єктів промислового призначення в склад вихідних даних повинні входити також дані про потреби в енергоресурсах, обслуговуючих майданчиках та охороні обладнання.

Робочі креслення, кошторисна документація, специфікація обладнання, виробів та матеріалів, креслення металічних конструкцій, трубопроводів, повітропроводів, а також проектна документація на будівництво об'єктів передаються замовнику в чотирьох екземплярах.

Г.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведені у таблиці Г.2.

Таблиця Г.2 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим.	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 325 мм	м	22,59	54,5	1231,2
2	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 273 мм	м	135,94	45,92	6242,4
3	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 219 мм	м	69,5	31,52	2190,6
4	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 159 мм	м	21,42	17,15	367,4
5	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 133 мм	м	26,94	14,26	384,2
6	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 108 мм	м	8,35	11,49	95,9
7	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 300	шт	5	260	1300
8	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 250	шт	2	180	360
9	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 200	шт	2	145	290
10	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 150	шт	5	110	550

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
11	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 125	шт	2	69	138
12	Засувка сталева клинова з висувним шпинделем 30с41нж, Ду 100	шт	2	49	98
13	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду300, Ру1,6	шт	1	42	42
14	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду250, Ру1,6	шт	1	26	26
15	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду200, Ру1,6	шт	1	17	17
16	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду150, Ру1,6	шт	1	9	9
17	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду125, Ру1,6	шт	1	7,3	7,3
18	Клапан зворотний двостулковий міжфланцевий, АВРА-D-122, Ду100, Ру1,6	шт	1	5,7	5,7
19	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 325 мм, товщина 60 мм	м	22,59	1,55	35,02
20	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 273 мм, товщина 60 мм	м	135,94	1,37	186,24
21	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 219 мм, товщина 60 мм	м	69,5	1,04	72,28
22	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 159 мм, товщина 60 мм	м	21,42	0,76	16,28
23	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 133 мм, товщина 60 мм	м	26,94	0,63	16,97

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
24	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex діаметр 108 мм, товщина 60 мм	м	8,35	0,51	4,26
25	Тепловий насос марки НТ-1000	шт	1	13000	13000
26	Тепловий насос марки НТ-3000	шт	1	22000	22000
27	Газопоршневий двигун-генератор ГДГА800	шт	1	22000	22000
28	Газопоршневий двигун-генератор 11ГД100М	шт	1	28300	28300
29	КТАН-утилізатор КТАН-2,3УГ	шт	1	3236	3236
30	Циркуляційний насос GLONG GHE-150-125-18,5 (з каталогу)	шт	3	186	558
31	Циркуляційний насос CALPEDA N4-150-315B (з каталогу)	шт	3	213	639
Потреба у допоміжних матеріалах					
Монтаж трубопроводів Ø 325 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,0446	0,2259	10,08
	Вапно хлорне, марка А	т	0,0017	0,2259	0,4
	Вода	м ³	98,91	0,2259	22344
	Розчин цементний	м ³	0,044	0,2259	9,94
	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	5	45	225
					22589,42
Монтаж трубопроводів Ø 273 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,036	1,3594	42,14
	Вапно хлорне, марка А	т	0,00118	1,3594	1,6
	Вода	м ³	68,69	1,3594	93377
	Розчин цементний	м ³	0,036	1,3594	48,9
	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	24	31	744
					94213,64

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
Монтаж трубопроводів Ø 219 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка E42A	т	0,0168	0,695	11,68
	Вапно хлорне, марка А	т	0,00076	0,695	0,53
	Вода	м ³	43,96	0,695	30552
	Розчин цементний	м ³	0,126	0,695	87,57
	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	22	15	330
					30981,78
Монтаж трубопроводів Ø 159 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка E42A	т	0,0095	0,2142	2,04
	Вапно хлорне, марка А	т	0,00043	0,2142	0,092
	Вода	м ³	24,73	0,2142	5297
	Розчин цементний	м ³	0,114	0,2142	24,42
	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	5	5,4	27
					5323,55
Монтаж трубопроводів Ø 133 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка E42A	т	0,0095	0,2694	2,56
	Вапно хлорне, марка А	т	0,0003	0,2694	0,08
	Вода	м ³	17,17	0,2694	4626
	Розчин цементний	м ³	0,114	0,2694	30,71
	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	10	4,3	43
					4702,35
Монтаж трубопроводів Ø 108 мм (група 10)					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка E42A	т	0,00672	0,0835	0,561
	Вапно хлорне, марка А	т	0,00019	0,0835	0,0158
	Вода	м ³	10,99	0,0835	918
	Розчин цементний	м ³	0,021	0,0835	1,75
					920
Монтаж засувок Ду 300 (група 790)					
	Болти з шестигранною головою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,27	0,5	135

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	6,8	0,5	3,4
					138,4
Монтаж засувок Ду 250 (група 790)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,197	0,2	39,4
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	5,1	0,2	1,02
					40,42
Монтаж засувок Ду 200 (група 790)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,126	0,2	25,2
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	3,5	0,2	0,7
					25,9
Монтаж засувок Ду 150 (група 790)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,11	0,5	55
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	2,3	0,5	1,15
					56,15
Монтаж засувок Ду 125 (група 790)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,11	0,2	22
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	2,3	0,2	0,46
					22,46
Монтаж засувок Ду 100 (група 790)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,071	0,2	14,2
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	1,7	0,2	0,34
					14,54
Монтаж клапанів зворотніх Ду 300 (група 791)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,69	0,1	69

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
Монтаж клапанів зворотніх Ду 250 (група 791)					
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	6,8	0,1	0,68
					69,68
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,69	0,1	69
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	6,8	0,1	0,68
					69,68
Монтаж клапанів зворотніх Ду 200 (група 791)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,62	0,1	62
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	3,5	0,1	0,35
					62,035
Монтаж клапанів зворотніх Ду 150 (група 791)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,37	0,1	37
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	2,3	0,1	0,23
					37,23
Монтаж клапанів зворотніх Ду 125 (група 791)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,37	0,1	37
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	2,3	0,1	0,23
					37,23
Монтаж клапанів зворотніх Ду 100 (група 791)					
	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,21	0,1	21
	Пластина гумова рулонна, вулканізована	кг	1,7	0,1	0,17
					21,17
Установка фланців для засувки Ду 300 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	5	9,3

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	5	12,4
	Фланцы плоские приварные из стали ВСт33сп2, ВСт3сп3, давление 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 300 мм	шт	10	17,78	177,8
	Пароніт	т	0,00026	5	1,3
					200,8
Установка фланців для засувок Ду 250 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	2	3,72
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	2	4,96
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 250 мм	шт	4	14,49	57,96
	Пароніт	т	0,00026	2	0,52
					67,16
Установка фланців для засувок Ду 200 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	2	3,72
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	2	4,96
	Фланцы плоские приварные из стали ВСт33сп2, ВСт3сп3, давление 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 200 мм	шт	4	10,1	40,4
	Пароніт	т	0,00026	2	0,52
					49,6
Установка фланців для засувок Ду 150 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	5	9,3
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,0014	5	7
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 150 мм	шт	10	7,81	78,1
	Пароніт	т	0,00013	5	0,65
					63,24

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
Установка фланців для засувок Ду 125 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	2	3,72
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0014	2	2,8
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 125 мм	шт	4	6,38	25,52
	Пароніт	т	0,000103	2	0,206
					32,25
Установка фланців для засувок Ду 100 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00054	2	1,08
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0014	2	2,8
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 100 мм	шт	4	4,73	18,92
	Пароніт	т	0,00008	2	0,16
					22,96
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 300 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	1	1,86
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	1	2,48
	Фланцы плоские приварные из стали ВСт33сп2, ВСт3сп3, давление 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 300 мм	шт	2	17,78	35,56
	Пароніт	т	0,00026	1	0,26
					40,16
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 250 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	1	1,86
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	1	2,48
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 250 мм	шт	2	14,49	28,98
	Пароніт	т	0,00026	1	0,26

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
					33,58
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 200 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	1	1,86
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,00248	1	2,48
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 250 мм	шт	2	10,1	28,98
	Пароніт	т	0,00026	1	0,26
					33,58
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 150 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	1	1,86
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0,0014	1	1,4
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 150 мм	шт	2	7,81	15,62
	Пароніт	т	0,00013	1	0,13
					19,01
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 125 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00186	1	1,86
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0014	1	1,4
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 125 мм	шт	2	6,38	12,76
	Пароніт	т	0,000103	1	0,103
					16,12
Установка фланців для клапанів зворотніх Ду 100 (група 16)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,00054	1	0,54
	Болти з гайками и шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0014	1	1,4
	Фланці плоскі зварні зі сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 100 мм	шт	2	4,73	9,46
	Пароніт	т	0,00008	1	0,08
					11,48

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
Монтаж ізоляції Ø 325 мм (група 5)					
	Стрічка сталевана пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,0098	2,259	22,14
	Сталь листована оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,15	2,259	0,34
	Пряжки	кг	0,15	2,259	0,34
	Бітуми нефтяні будівельні, марка БМ 70/30	т	0,278	2,259	628
					650,82
Монтаж ізоляції Ø 273 мм (група 5)					
	Стрічка сталевана пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,0054	13,459	72,68
	Сталь листована оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,15	13,459	2,02
	Пряжки	кг	0,15	13,459	2,02
	Бітуми нефтяні будівельні, марка БМ 70/30	т	0,133	13,459	1790
					1866,72
Монтаж ізоляції Ø 219 мм (група 4)					
	Стрічка сталевана пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,00406	6,95	28,22
	Дріт сталеваний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,1 мм	т	0,0005	6,95	3,48
	Дріт сталеваний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,6 мм	т	0,00186	6,95	12,93
	Сталь листована оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,26	6,95	1,81
	Пряжки	кг	0,17	6,95	1,18
	Гвинти самонарізні оцинковані	т	0,00001	6,95	0,0695
					47,69
Монтаж ізоляції Ø 159 мм (група 4)					
	Стрічка сталевана пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,00345	2,142	7,39
	Дріт сталеваний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,1 мм	т	0,00079	2,142	1,69
	Дріт сталеваний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,6 мм	т	0,00276	2,142	5,91
	Сталь листована оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,25	2,142	0,54
	Пряжки	кг	0,17	2,142	0,36

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
	Гвинти самонарізні оцинковані	т	0,00001	2,142	0,021
					15,91
Монтаж ізоляції Ø 133 мм (група 4)					
	Стрічка стальна пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,00317	2,694	8,54
	Дріт стальний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,1 мм	т	0,00061	2,694	1,64
	Дріт стальний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,6 мм	т	0,00226	2,694	6,09
	Сталь листова оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,24	2,694	0,65
	Пряжки	кг	0,17	2,694	0,46
	Гвинти самонарізні оцинковані	т	0,00001	2,694	0,027
					17,41
Монтаж ізоляції Ø 108 мм (група 4)					
	Стрічка стальна пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,0029	0,835	2,42
	Дріт стальний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,1 мм	т	0,0003	0,835	0,25
	Дріт стальний низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,6 мм	т	0,00111	0,835	0,93
	Сталь листова оцинкована, товщина 0,8 мм	кг	0,22	0,835	0,18
	Пряжки	кг	0,17	0,835	0,14
	Гвинти самонарізні оцинковані	т	0,00001	0,835	0,00835
					3,93
Монтаж теплового насосу марки НТ-1000 (група 77)					
	Гас для технічних цілей, марка КТ-1	т	0,1	1	100
	Лак бакелітовий ЛБС-4, ЛБС-5	т	0,002	1	2
	Листи латунні, марка Л85, холоднокатані, товщина 1 мм, розмір 1000×2000 мм	т	0,0022	1	2,2
	Масло індустріальне І-20А	т	0,005	1	5
	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,204	1	204
	Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм	т	0,0011	1	1,1

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
	Дріт свинцевий круглий, Ø11 мм	т	0,0005	1	0,5
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,0285	1	28,5
	Круги армовані абразивні відрізні, діаметр 180×3 мм	шт	15,88	0,274	4,35
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	4,716	0,374	1,76
	Білила свинцеві	т	0,00013	1	0,13
	Шпали дерев'яні непросочені, І тип, довжина 2,75 м, для залізниці широкої колії	шт	5	80	400
	Порошок графітовий	кг	3	1	3
	Скоби будівельні	кг	5,4	1	5,4
	Лак спиртовий	т	0,0008	1	0,8
	Сурик свинцевий	т	0,0008	1	0,8
					631,54
Монтаж теплового насосу марки НТ-3000 (група 77)					
	Гас для технічних цілей, марка КТ-1	т	0,12	1	120
	Лак бакелітовий ЛБС-4, ЛБС-5	т	0,0022	1	2,2
	Листи латунні, марка Л85, холоднокатані, товщина 1 мм, розмір 1000×2000 мм	т	0,0025	1	2,5
	Масло індустріальне І-20А	т	0,0055	1	5,5
	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,278	1	278
	Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм	т	0,0035	1	3,5
	Дріт свинцевий круглий, Ø11 мм	т	0,0006	1	0,6
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,039	1	39
	Круги армовані абразивні відрізні, діаметр 180×3 мм	шт	22,47	0,274	6,16
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	6,674	0,374	2,5
	Білила свинцеві	т	0,000458	1	0,458
	Шпали дерев'яні непросочені, І тип, довжина 2,75 м, для залізниці широкої колії	шт	8	80	640
	Порошок графітовий	кг	4	1	4
	Скоби будівельні	кг	8,4	1	8,4
	Лак спиртовий	т	0,001	1	1
	Сурик свинцевий	т	0,0012	1	1,2
					1115,02

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
Монтаж дизель-генератора ГДГА800 (група 407)					
	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	0,03	1	30
	Паливо дизельне з малосірчистих нафт	т	0,06	1	60
	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350А	т	0,00062	1	0,62
	Прокат широкосмуговий, товщина 10-12 мм, з сталі марки Ст 3сп	т	0,02	1	20
	Шпали дерев'яні просочені, І тип, для залізниці широкої колії	шт	0,5	80	40
	Рейки залізничні, тип Р43, зі сталі марки НБ-61	м	0,32	103	32,96
	Вода технічна	т	0,03	1	30
	Скоби будівельні	кг	1	1	1
					214,58
Монтаж дизель-генератора 11ГД100М (група 407)					
	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	0,03	1	30
	Паливо дизельне з малосірчистих нафт	т	0,06	1	60
	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350А	т	0,00062	1	0,62
	Прокат широкосмуговий, товщина 10-12 мм, з сталі марки Ст 3сп	т	0,02	1	20
	Шпали дерев'яні просочені, І тип, для залізниці широкої колії	шт	0,5	80	40
	Рейки залізничні, тип Р43, зі сталі марки НБ-61	м	0,32	103	32,96
	Вода технічна	т	0,03	1	30
	Скоби будівельні	кг	1	1	1
					214,58
Монтаж теплообмінника-утилізатора КТАН-2,3УГ (група 366)					
	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350А	т	0,00083	3,236	2,69
	Шпали дерев'яні просочені, І тип, для залізниці широкої колії	шт	0,83	80	66,4
	Металеві прокладки	т	0,005	3,236	16,18
	Скоби будівельні	кг	1,56	3,236	5,05
					90,32
Монтаж насосів GLONG GHE-150-125-18,5 (група 218)					

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6
	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,0152	3	45,6
	Електроди, діаметр 4 мм, марка E55	т	0,0035	3	10,5
	Круги армовані абразивні відрізні, діаметр 180×3 мм	шт	1,738	0,274	1,42
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	0,5161	0,374	0,579
					58,1
Монтаж насосів CALPEDA N4-150-315B (група 218)					
	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,0152	3	45,6
	Електроди, діаметр 4 мм, марка E55	т	0,0035	3	10,5
	Круги армовані абразивні відрізні, діаметр 180×3 мм	шт	1,738	0,274	1,42
	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	0,5161	0,374	0,579
					58,1

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного і допоміжного обладнання та всі пристроїв і інструментів .

Загальна маса становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн. обл.}} + \Sigma M_{\text{мат}} = 103418,45 + 164830,62 = 268249 \text{ (кг)}.$$

Г.5 Визначення складу і об'єму робіт. Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій та визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Г.5.1 Визначення складу і об'єму робіт.

Склад робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Монтаж теплового насосу марки НТ-1000.

4. Монтаж теплового насосу марки НТ-3000.
5. Монтаж газопоршневого двигуна-генератора марки ГДГА800.
6. Монтаж газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М.
7. Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-2,3УГ.
8. Прокладання трубопроводів діаметром 325 мм.
9. Прокладання трубопроводів діаметром 273 мм.
10. Прокладання трубопроводів діаметром 219 мм.
11. Прокладання трубопроводів діаметром 159 мм.
12. Прокладання трубопроводів діаметром 133 мм.
13. Прокладання трубопроводів діаметром 108 мм.
14. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 325 мм.
15. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 273 мм.
16. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 219 мм.
17. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 159 мм.
18. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 133 мм.
19. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 108 мм.
20. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 325 мм.
21. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 273 мм.
22. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 219 мм.
23. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 159 мм.
24. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 133 мм.
25. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 108 мм.
26. Монтаж циркуляційних насосів марки GLONG GHE-150-125-18,5.
27. Монтаж циркуляційних насосів марки CALPEDA N4-150-315B.
28. Випробування трубопроводів.
29. Ізоляція трубопроводів діаметром 325 мм.
30. Ізоляція трубопроводів діаметром 273 мм.
31. Ізоляція трубопроводів діаметром 219 мм.
32. Ізоляція трубопроводів діаметром 159 мм.

33. Ізоляція трубопроводів діаметром 133 мм.
34. Ізоляція трубопроводів діаметром 108 мм.
35. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.

Об'єм робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 268249 кг (268,2 т). Приймаємо об'єм $V=268,2$ т.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L=284,74$ м. Приймаємо $V = 2,85$ м.

3. Монтаж теплового насосу марки НТ-1000. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=1$ шт.

4. Монтаж теплового насосу марки НТ-3000. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=1$ шт.

5. Монтаж газопоршневого двигуна-генератора марки ГДГА800. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=22$ т.

6. Монтаж газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=28,3$ т.

7. Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-1,5УГ. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=3,236$ т.

8. Прокладання трубопроводів діаметром 325 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 325 мм складає 22,59 м, отже, приймаємо $V=0,2259$ м.

9. Прокладання трубопроводів діаметром 273 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 273 мм складає 135,94 м, отже, приймаємо $V=1,3594$ м.

10. Прокладання трубопроводів діаметром 219 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 219 мм складає 69,5 м, отже, приймаємо $V=0,695$ м.

11. Прокладання трубопроводів діаметром 159 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 159 мм складає 21,42 м, отже, приймаємо $V=0,2142$ м.

12. Прокладання трубопроводів діаметром 133 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 273 мм складає 26,94 м, отже, приймаємо $V=0,2694$ м.

13. Прокладання трубопроводів діаметром 108 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 108 мм складає 8,35 м, отже, приймаємо $V=0,0835$ м.

14. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 325 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 5 шт. Отже, об'єм становить $V=0,5$.

15. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 273 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 2 шт. Отже, об'єм становить $V=0,2$.

16. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 219 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 2 шт. Отже, об'єм становить $V=0,2$.

17. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 159 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 5 шт. Отже, об'єм становить $V=0,5$.

18. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 133 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 2 шт. Отже, об'єм становить $V=0,2$.

19. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 108 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 2 шт. Отже, об'єм становить $V=0,2$.

20. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 325 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.

21. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 273 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.

22. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 219 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.

23. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 159 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.

24. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 133 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.
25. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 108 мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить $V=0,1$.
26. Монтаж циркуляційних насосів марки GLONG GHE-150-125-18,5. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=3$ шт.
27. Монтаж циркуляційних насосів марки CALPEDA N4-150-315B. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=3$ шт.
28. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Об'єм приймається як загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів і становить $V=2,85$ м.
29. Ізоляція трубопроводів діаметром 325 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 22,59 м. $V = 2,259$ м.
30. Ізоляція трубопроводів діаметром 273 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 135,94 м. $V = 13,594$ м.
31. Ізоляція трубопроводів діаметром 219 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 69,5 м. $V = 6,95$ м.
32. Ізоляція трубопроводів діаметром 159 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 21,42 м. $V = 2,142$ м.
33. Ізоляція трубопроводів діаметром 133 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 26,94 м. $V = 2,694$ м.
34. Ізоляція трубопроводів діаметром 108 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 8,35 м. $V = 0,835$ м.
35. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в метрах. Загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів становить: 284,74 м. Отже, $V= 284,74$ м.

Г.5.2 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Трубопроводами називаються пристрої, які використовуються для транспортування рідких, газоподібних і сипучих речовин. Трубопроводи складаються з щільно з'єднаних між собою прямих ділянок труб, деталей, запірно-регулюючої арматури, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики, опор і підвісок, кріплення, прокладок і ущільнень, а також матеріалів, застосовуваних для теплової і антикорозійної ізоляції.

До технологічних трубопроводах відносяться всі трубопроводи промислових підприємств, за якими транспортуються: сировина, напівфабрикати та готові продукти; пар, вода, паливо, реагенти; відходи виробництва та ін.

Технологічні трубопроводи працюють у складних умовах. У процесі роботи окремі частини трубопроводу знаходяться під тиском продукту, що транспортується, яке може бути від 0,01 до 2500 кгс/см² і вище, під впливом температур в межах від -170 до +700 °С і більше, під постійним навантаженням від маси труб і деталей, навантажень теплового подовження, вібраційних, вітрових та тиску ґрунту .

Крім того, в елементах трубопроводу можуть виникати періодичні навантаження від нерівномірного нагріву, заземлення рухомих опор і надмірного тертя в них.

Складність виготовлення та монтажу технологічних трубопроводів визначається:

- характером і ступенем агресивності продуктів, що транспортуються (вода, нафта, пар, газ, спирти, кислоти, луги та ін.);
- конфігурацією обв'язки апаратів та обладнання, великою кількістю роз'ємних та нероз'ємних з'єднань, трубопроводів, компенсаторів, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і опорних конструкцій;
- розташуванням трубопроводів у траншеях, каналах, лотках, на стійках,

естакадах, етажерках, на технологічному обладнанні, а також на різних висотах і часто в умовах, незручних для виробництва робіт.

За територіальною ознакою технологічні трубопроводи поділяють на внутрішньоцехові, що з'єднують окремі апарати і машини в межах однієї технологічної установки або цеху і розміщені всередині будинку або на відкритому майданчику, міжцехові, що з'єднують окремі технологічні установки і цехи.

Успішне і якісне виконання монтажних робіт залежить від своєчасної підготовки виробництва. При монтажі трубопроводів необхідно суворо дотримуватися технічних умов і правил провадження робіт, деталей і вузлів трубопроводів, арматури та інших матеріалів.

Труби, деталі, конструкції та обладнання завозяться централізовано автомашиною «ТОНАР 45252». Оскільки загальна вага усіх деталей становить 268,2 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за 7 разів. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці Г.3.

Таблиця Г.3 – Технічні характеристики ТОНАР 45252

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Повна маса	кг	63000
Вантажопідйомність	кг	40000
Габарити: Довжина Ширина Висота	м	9,74 3,95 3,7
Двигун		QSK19 - C600

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 300 (км);
- кількість ходок $n=7$;
- витрата пального $Q=39$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (\text{Г.11})$$

$$Q_{\text{п}}=0,39 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 300=1638 \text{ л.}$$

Для встановлення обладнання використовуємо автокран КАМАЗ КС-5572 [технічна характеристика якого наведена в таблиці Г.4.

Таблиця Г.4 – Технічна характеристика автокрана КАМАЗ КС-5572

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	32
Виліт стріли	м	27
Коля коліс: передніх задніх	м	2,5 1,95
Маса	т	20

Витрата пального для встановлення обладнання:

- загальний час роботи 931,2 год.;
- кількість ходок $n=8$;
- витрата пального $Q=5,5$ (л/маш.-год).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot t, \quad (\text{Г.12})$$

$$Q_{\text{п}}=0,055 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 931,2=819,5 \text{ л.}$$

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний напівавтомат інверторного типу Tesla Weld MMA 230. Його характеристики вказані в таблиці Г.5.

Таблиця Г.5 – Технічні характеристики зварювального напівавтомату інверторного типу Tesla Weld MMA 230

Величина	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга мережі	В	240
Номінальний зварювальний струм	А	200
Діаметр зварювальної проволочки	мм	1,6-4
Споживана потужність	кВт	3
Діаметр касети з проволочкою	мм	300
Маса	кг	25

Витрата електроенергії для встановлення обладнання:

- загальний час роботи 9864 год.;
- потужність $N_{\max}=3$ кВт.

Необхідна кількість електроенергії визначається за формулою

$$N_e = N_{\max} \cdot t, \quad (\text{Г.13})$$

$$N_e = 3 \cdot 9864 = 29592 \text{ кВт.}$$

Для різання, шліфування і зачистки металу використовується кутова шліфувальна машина MAKITA GA5030. Його характеристики вказані в таблиці Г.6.

Таблиця Г.6– Технічні характеристики зварювального напівавтомату інверторного типу MAKITA GA5030

Величина	Одиниця виміру	Значення
Потужність	кВт	0,72
Швидкість обертання	об/хв	10001/13000
Маса	кг	1,4

Витрата електроенергії для встановлення обладнання:

- загальний час роботи 1,08 год.;
- потужність $N_{\max}=0,72$ кВт.

Необхідна кількість електроенергії визначається за формулою

$$N_e = N_{\max} \cdot t, \quad (\text{Г.14})$$

$$N_e = 0,72 \cdot 1,08 = 0,77 \text{ кВт.}$$

В зв'язку з тим, що ми отримуємо фасонні частини трубопроводів в готовому вигляді, то ми маємо потребу тільки в монтажних інструментах.

Таблиця Г.7 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 0,2 м	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Молоток гумовий		6	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Висок	ГОСТ 7948-80	2	0,2
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Витрати допоміжних матеріалів зводимо в таблицю Г.8.

Таблиця Г.8 - Витрати допоміжних матеріалів на монтаж теплотехнічної частини

Допоміжні матеріали	Одиниця виміру	Витрати матеріалів		
		Шифр	Вага	Об'єм
Прокладки гумові	кг	111-1746	5,45	-
Прокладка з пароніта, ПМБТ,	шт/кг		15/0,04	-
				$\Sigma=6,05$

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає:

$$\Sigma_{\text{інст.}}=25+1,4+11,75+6,05=44,2 \text{ (кг)}$$

Г.5.3 Прокладання надземних трубопроводів

Надземні трубопроводи монтують укрупненими блоками або секціями.

Монтаж міжцехових трубопроводів окремими трубами допускається тільки в тих випадках, коли при установці додаткових ліній на діючих естакадах, розширенні або реконструкції промислових об'єктів.

По виду укрупнення блоки можуть бути з будівельних конструкцій, трубопровідні та комбіновані.

Вибір виду блоку і ступеня його укрупнення визначається в залежності від конструктивних рішень естакад, кількості та розташування трубопроводів, їх діаметрів, наявності вантажопідйомних механізмів і транспортних засобів, а також місцевих умов виконання робіт.

Зазвичай монтаж проводять трубопровідними і комбінованими блоками.

Укрупнювальну збірку блоків проводять на складальних майданчиках стаціонарних або мобільних, які розташовують у зоні дії монтажного крана.

Майданчики для збирання трубопровідних блоків довжиною до 60 м, прокладаються по металевій фермовій естакаді. Трубопровідні блоки збирають в такій послідовності: вантажать, транспортують і розвантажують арматуру, деталі,

вузли та секції; встановлюють стелажі або стенди, підготовляють кромки секцій під зварювання; стропують секції, піднімають і укладають секції на стелажі; збирають і зварюють стики, контролюють якість зварних з'єднань; розмічають місця встановлення опор і закріплюють опори; контролюють якість, маркують і приймають блоки. В окремих випадках забарвлюють блоки і теплоізоляцію із захисним покриттям (якщо це передбачено проектом).

Комбіновані блоки металевих фермових естакад збирають наступним чином: вантажать, транспортують і розвантажують укрупнені елементи будівельних конструкцій і трубопроводів; збирають трубопровідні блоки; розкладають і фіксують нижні балки; встановлюють ферми і верхні стійки, кріплять «ялинки»; укладають і тимчасово закріплюють трубопровідні блоки, що розміщуються усередині контуру поперечного перерізу; встановлюють верхні балки, напівбалки і зв'язку верхнього поясу; укладають і тимчасово закріплюють температурні блоки, що розміщуються поза контуром поперечного перерізу, влаштовують інвентарні навісні риштування; підготовляють блоки до транспортування, встановлюють елементи жорсткості, маркують і приймають блоки.

До монтажних робіт з прокладання надземних міжцехових трубопроводів на окремо стоячих опорах або естакадах приступають тільки після отримання від будівельної організації актів про повну відповідність опорних конструкцій проекту та технічним умовам, а також перевірки фактичного виконання цих робіт представниками монтажних організацій.

Необхідно перевірити готовність будівельних конструкцій стійок естакад і прогонових будов (для трубопровідних блоків) під монтаж і скласти виконавчу схему, що враховує відхилення відміток і положення в плані опорних конструкцій естакади.

При прокладці трубопроводів, розташованих всередині контуру поперечного перерізу естакади, трубопровідні блоки в залежності від типів естакад можна монтувати декількома методами:

- шляхи попереднього укладання блоків всередину контуру поперечного

перерізу естакади до установки конструкцій верхнього ярусу (для збірних залізобетонних двоярусних естакад балкового типу);

– заведенням трубопроводних блоків у відкритий торець естакади (для всіх типів естакад);

– заведенням блоків всередину контуру через спеціально передбачений для цього отвір в площині верхнього пояса естакади (для металевих естакад фермового типу).

Монтаж конструкцій прогонових будов естакади починають від нерухомої (анкерної) стійки і ведуть в обидва боки від неї.

На двоярусних естакадах траверси і зв'язку по верхньому поясу встановлюють після монтажу трубопроводів на нижньому поясі естакади та укладання на ньому трубопроводів, що підвішуються до верхнього поясу, якщо це допускається конструкцією естакади.

Додаткові лінії трубопроводів на діючих естакадах зазвичай прокладають окремими трубами. Труби піднімають краном і з допомогою трактора або лебідок і відвідних блоків протягують всередину естакади.

Монтаж міжцехових трубопроводів блоками та секціями дозволяє механізувати 80-85% заготівельних, складально-зварювальних, ізоляційних і монтажних робіт і значно підвищити якість і продуктивність праці.

Г.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B}, \quad (\text{Г.15})$$

де V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n}, \quad (Г.16)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

n – кількість робітників, люд

Результати розрахунку наведені в таблиці Г.9.

Таблиця Г.9 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка деталей до місця монтажу	т	268,2	3	100,58	16,76	6	робітник 4р.-2 3р.-2 2 водія
2	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	2,85	1,3	0,46	0,115	4	Монтажн. 5р.-2, 3р.-2
3	Монтаж теплового насосу НТ-1000	шт	1	833	104,13	10,4	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2

Продовження таблиця Г.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Монтаж теплового насосу НТ-3000	шт	1	1319,5	164,94	16,5	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2
5	Монтаж двигуна-генератора ГДГА800	т	22	53,2	146,3	14,63	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2
6	Монтаж двигуна-генератора 11ГД100М	т	28,3	53,2	188,2	18,82	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2
7	Монтаж КТАН-утилізатора	т	3,236	47,6	19,25	6,42	3	Монтажники 5р-1,4р-1, 3р.-1
8	Прокладання трубопроводів діаметром 325 мм	100м	0,2259	378,84	10,7	3,6	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
9	Прокладання трубопроводів діаметром 273 мм	100м	1,3594	324,72	55,18	18,4	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
10	Прокладання трубопроводів діаметром 219 мм	100м	0,695	272,24	23,65	7,9	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
11	Прокладання трубопроводів діаметром 159 мм	100м	0,2142	170,56	4,57	1,52	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,

Продовження таблиця Г.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Прокладання трубопроводів діаметром 133 мм	100м	0,2694	170,56	5,74	1,91	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4р.-1,
13	Прокладання трубопроводів діаметром 108 мм	100м	0,0835	118,9	1,24	0,41	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4р.-1
14	Встановлення запірної арматури Ø 325 мм	10 шт	0,5	176	11	3,7	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
15	Встановлення запірної арматури Ø 273 мм	10 шт	0,2	144	3,6	1,2	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
16	Встановлення запірної арматури Ø 219 мм	10 шт	0,2	112	2,8	0,93	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
17	Встановлення запірної арматури Ø 159 мм	10 шт	0,5	96	6	2	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
18	Встановлення запірної арматури Ø 133 мм	10 шт	0,2	96	2,4	0,8	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
19	Встановлення запірної арматури Ø 108 мм	10 шт	0,2	64	1,6	0,53	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1

Продовження таблиця Г.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	Встановлення зворотнього клапана Ø 325 мм	10 шт	0,1	320	4	1,3	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
21	Встановлення зворотнього клапана Ø 273 мм	10 шт	0,1	320	4	1,3	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
22	Встановлення зворотнього клапана Ø 219 мм	10 шт	0,1	224	2,8	0,93	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
23	Встановлення зворотнього клапана Ø 159 мм	10 шт	0,1	162	2,03	0,675	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
24	Встановлення зворотнього клапана Ø 133 мм	10 шт	0,1	162	2,03	0,675	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
25	Встановлення зворотнього клапана Ø 108 мм	10 шт	0,1	128	1,6	0,53	3	Монтаж- ники 5р-1,4р-1, 3р.-1
26	Монтаж циркуляційного насоса GLONG GHE-150-125- 18,5 [шт	3	39,2	14,7	3,675	4	Монтаж- ники 3р-2, 4р-2
27	Монтаж циркуляційного насоса CALPEDA N4- 150-315B	шт	3	39,2	14,7	3,675	4	Монтаж- ники 3р-2, 4р-2

Продовження таблиця Г.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Випробування трубопроводів	100 м	2,85	8,22	2,93	0,49	6	Монтажники. 5р,4р,3р-2
29	Ізоляція трубопроводів діаметром 325 мм	10 м	2,259	71,52	20,2	5,05	4	Слюсар 4, 2 розряд
30	Ізоляція трубопроводів діаметром 273 мм	10 м	13,594	37,92	64,44	16,11	4	Слюсар 4, 2 розряд
31	Ізоляція трубопроводів діаметром 219 мм	10 м	6,95	8,16	7,09	1,77	4	Слюсар 4, 2 розряд
32	Ізоляція трубопроводів діаметром 155 мм	10 м	2,142	7,2	1,93	0,48	4	Слюсар 4, 2 розряд
33	Ізоляція трубопроводів діаметром 133 мм	10 м	2,694	6,72	2,26	0,57	4	Слюсар 4, 2 розряд
34	Ізоляція трубопроводів діаметром 108 мм	10 м	0,835	6,98	0,73	0,18	4	Слюсар 4, 2 розряд
35	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	2,84	2,4	0,852	0,426	2	Слюсар-сантехнік 3, 5 розряд

Г.7 Визначення складу бригад і підбір монтажних інструментів

.7.1 Визначення складу бригад

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів.

Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Четверо робітників, два водія.

Розмітка місць прокладання трубопроводу. Четверо монтажників 5 розряду і 3 розряду.

Монтаж теплового насосу НТ-1000. 10 монтажників 7, 4, 3 розряду.

Монтаж теплового насосу НТ-3000. 10 монтажників 7, 4, 3 розряду.

Монтаж двигуна-генератора ГДГА800. 10 монтажників 7, 4, 3 розряду.

Монтаж двигуна-генератора 11ГД100М. 10 монтажників 7, 4, 3 розряду.

Монтаж КТАН-утилізатора. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 325 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсара-сантехніка 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 273 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсара-сантехніка 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 219 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсара-сантехніка 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 159 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 133 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсара-сантехніка 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 108 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсара-сантехніка 4 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 325 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 273 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 219 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 159 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 133 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 108 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 325 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 273 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 219 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 159 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 133 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 108 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Випробування трубопроводів. Шість монтажників 5, 4, 3 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 325 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 273 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 219 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 159 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 133 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 108 мм. Чотири слюсара 4, 2 розряду.

Монтаж циркуляційного насоса GLONG GHE-150-125-18,5. Чотири монтажника 4, 3 розряду.

Монтаж циркуляційного насоса CALPEDA N4-150-315B. Чотири монтажника 4, 3 розряду.

Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Два слюсара-сантехніка 5, 3 розряду.

Г.7.2 Організація робочих місць та побутових приміщень

До початку монтажно-збірних робіт встановлюється готовність будівлі до монтажу трубопроводів, приладів та обладнання.

Приймання об'єктів під монтаж відбувається актом встановленої форми, який підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи (майстер або виконроб).

Перед тим як розпочати монтажні роботи на об'єкті, виконати наступні роботи, які фіксуються актом:

- пробити отвори в стінах і в перекриттях підготувати борозди і канали для прокладки трубопроводів;
- оштукатурити інші ділянки стін в місцях окладки трубопроводів;
- підготувати монтажні пройми для переміщення крупно габаритного обладнання, що підлягає монтажу;
- нанести на стінах фарбою відмітки чистої підлоги;
- підвести електричні лінії для підключення механізмів і інструментів;
- забезпечити освітленість роботи місць доступ до них робітників і можливість доставки матеріалів і виробів монтажного обладнання;
- виділити місце для складування матеріалів і обладнання.

Г.7.3 Монтажене регулювання і здача системи в експлуатацію

Послідовність технологічних операцій при виконанні монтажних робіт.

Монтаж теплонасосної установки виконати в такій послідовності: розмітити місця установки стояків; розмітити місця установки кріплень. Монтаж трубопроводів виконати в такій послідовності: розмітити вісі магістралей та установити підвіски і кронштейни; прокласти труби, вузли і заготовки по наміченим вісям; зібрати магістралі та приєднати до них монтажні вузли; вивірити та установити задані уклони; закріпити магістралі на опорах та підвісках.

Після виконання всіх монтажних робіт систему піддають випробуванням на справність водорозбірної і запірної арматури, змивних та інших пристроїв обладнання і на герметичність. Випробування на герметичність виконують до закладення трубопроводів у стінах (при прихованій прокладці) і до накладення ізоляції і забарвлення. Випробовують трубопроводи гідравлічним способом відповідно до ГОСТ 3845-82 тиском, що перевищує робоче на 0,5 МПа, але не більше 1 МПа протягом 10 хв.; зниження тиску при цьому допускається не більше ніж на 0,1 МПа.

Випробування системи оформляють актом. Для приймання системи в експлуатацію пред'являють основні документи:

- акти, креслення і документи погоджень на додаткові роботи і зміни, допущені при монтажних роботах;
- акти на приховані роботи;
- акти випробувань окремих елементів (монтажних вузлів, пристроїв, обладнання) з доданням усіх паспортів;
- акти випробувань на герметичність мережі та на ефективність роботи обладнання (насосів, баків, пожежних кранів і т. п.).

Під час приймання перевіряють відповідність монтажу затвердженим проектом і міцність кріплень, наявність ухилів для спорожнення труб, відсутність витоків води в арматурі, з'єднаннях, обладнанні, ефективність включення і виключення, роботу автоматики.

В актах приймання вказують усі зазначені дефекти і неполадки, відступи від затвердженого проекту, результати випробування устаткування і системи в цілому, якість виконаних робіт, наявність недоробок, термін для їх усунення.

Спеціалізовані експлуатаційні організації, спеціалізовані ремонтні цехи, забезпечені необхідними матеріалами, запасними деталями, обладнанням для потреб поточного ремонту внутрішніх санітарно-технічних систем, значно підвищують рівень технічної експлуатації будівель.

Г.8 Техніка безпеки при проведенні монтажних робіт

Безпечне виконання заготівельних і монтажних робіт вимагає строгого дотримання працівниками правил техніки безпеки. Кожний працівник повинен добре знати й виконувати безпечні приймання роботи. Тільки при цьому умові можна попереджати нещасні випадки

1. Виробничий травматизм відбувається внаслідок ряду причин:

- неправильна організація робіт, допущення до роботи осіб, що не одержали інструктажу з безпечного її виконання;
- відсутність або несправність огорожень і запобіжних обладнань;
- несправний стан інструмента і пристосувань;
- неправильне обслуговування встаткування і механізмів;
- зневага працівниками заходами обережності

2. При користуванні вантажопідйомними механізмами необхідно строго дотримувати наступних правил:

- не можна застосовувати вантажопідйомні механізми, розраховані на вагу, менший чому вага вантажу, що піднімається;
- вантажопідйомні механізми повинні мати справно діючі гальма, у зубчастих і черв'ячних передачах не повинне бути ніяких ушкоджень;
- вантажопідйомні механізми повинні бути атестовані відповідним порядком, експлуатація механізмів без атестації або із простроченим строком чергової атестації заборонена;
- при переміщенні ваг не можна перебувати під вантажем, а також у місцях, де може виявитися вантаж у випадку обриву троса

3. При користуванні слюсарним інструментом необхідно дотримувати наступних правил техніки безпеки:

- забороняється користуватися інструментом несправним або не відповідним до виконуваної роботи;

- бойки молотків і кувалд повинні мати гладку, злегка опуклу поверхню; і молотки й кувалди повинні бути міцно насажені на рукоятки й закріплені на них клинами;

- не можна застосовувати зубила й шлямбури зі збитими потилицями;
- не можна застосовувати для роботи напилки, ножівки й викрутки без ручок або з розколотими й погано закріпленими ручками;

- при роботі трубними й гайковими ключами не допускається надягати відрізки труби на ручки ключів і застосовувати металеві підбивки під губки ключів

4. При користуванні електроінструментом необхідно строго дотримувати правил техніки електробезпечності:

- неприпустимо працювати близько струмоведучих частин, не захищених огороженнями, кожухами;

- металеві кожухи, електродвигуни, електродрилі, металеві частини пускових приладів, верстатів і інших обладнань, які можуть виявитися під напругою у випадку ушкодження ізоляції, повинні бути заземлені;

- для переносних електричних світильників при міняті напругу не вище 36 В;

- проведення, що проводять електрострум до зварювального апарата й від зварювального апарата до місця зварювання, повинні бути ізольовані і захищені від дії високих температур і механічних ушкоджень

5. При проведенні зварювальних робіт необхідно:

- закривати особа спеціальними щитками, для того щоб захистити очі від шкідливої дії світлового й невидимого ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання;

- для усунення причин, що сприяють виникненню пожеж при проведенні зварювальних робіт, необхідно ретельно захищати дерев'яні й інші легко займисті частини й конструкції будинків від запалення листовим азбестом;

- після закінчення зварювальних робіт слід ретельно перевіряти приміщення й зону, де проводилися зварювальні роботи, і не залишати відкритого полум'я й тліючих предметів.

Висновки

Здійснено розрахунок діаметрів трубопроводів для підведення і відведення теплоносіїв до ТНУ. Також, у результаті розрахунку було підібрано насоси марки GLONG GHE-150-125-18,5, CALPEDA N4-150-315B для перекачування теплоносіїв.

Було виконано компоновку обладнання, схеми прокладення трубопроводів, враховані відомості по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи теплонасосної установки, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт.

Так, загальна маса всіх вантажів становить $\Sigma M_{\text{заг}} = 268249$ (кг), а маса теплонасосних установок НТ-1000 та НТ-3000, що встановлюються на котельні, становлять $M_{\text{ТНУ}} = 13000$ кг та $M_{\text{ТНУ}} = 22000$ кг відповідно.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу тепло насосної установки, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів.

Додаток Д (довідковий)
Таблиця Д.1 - Локальний кошторис на монтажні роботи № 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість
Кошторисна трудомісткість
Кошторисна заробітна плата
Середній розряд робіт

29105,411 тис. грн.
5,277 тис.люд.-год.
116,805 тис. грн.
4,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "20 листопада" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього заробітної плати	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	Всього	заробітної плати	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	не зайнятих обслуговуванням машин		
										тих, що обслуговують машини		
										на одиницю	всього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	& С130-1-Н варіант 7	Газопоршневий двигун ГДГА800	шт	1	5794760. 06	-	5794760	-	-	-	-	-
2	M6-407-9	Монтаж газопоршневого двигуна-генератор марки ГДГА800	т	28,14	2724,61 1068,69	372,48 118,97	76671	30073	10482 3348	49 5,6574	1378,86 159,2	
3	M6-407-10	Монтаж двигуна-генератора марки 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт	т	32	2309,32 722,40	589,05 194,41	73898	23117	18850 6221	33,6 9,2224	1075,2 295,12	
4	& С130-1-Н варіант 6	Газопоршневий двигун 11ГД100М	шт	1	10200344. 06	-	10200344	-	-	-	-	
5	M7-232-1	Монтаж насосів фірми GLONG марки GHE-150-125-18.5 з подачею 220 м3/год., напором 0,15 МПа	комплект	3	9123,19 4793,84	647,77 166,58	27370	14382	1943 500	219,8 8,6738	659,4 26,02	

1	2	3	4	5	6	7	8	
6	& C131-1-H варіант 10	Насос GLONG марки GHE- 150-125-18.5	шт	3	<u>1020855,</u> 73	-	3062567	
7	M7-232-1	Монтаж теплового насосу марки НТ-1000	комплект	1	<u>9123,19</u> 4793,84	<u>647,77</u> 166,58	9123	
8	& C131-1-H варіант 16	Насос НТ-1000	шт	1	<u>4390394,</u> 11	-	4390394	
9	& C131-1-H варіант 18	Насос НТ-3000	шт	1	<u>4594394,</u> 11	-	4594394	
10	M7-232-2	Монтаж теплового насосу марки НТ-3000	комплект	1	<u>15180,35</u> 6259,47	<u>2840,19</u> 1112,01	15180	
11	M18-152-1	Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-2, ЗУГ	шт	1	<u>37503,76</u> 10663,18	<u>11908,58</u> 3676,67	37504	
12	& C132-1-H варіант 30	КТАН-утилізатора марки КТАН-2,ЗУГ	шт	1	<u>754015,94</u> -	-	754016	
		Разом прями витрати по кошторису						2903622
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.						2903622 2890026 104313 69190 386,4 12492 2910541

		Кошторисна заробітна плата, грн.						11680
		Всього по кошторису						2910541
		Кошторисна трудоємність, люд.год.						527

