

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«Підвищення енергетичної та екологічної ефективності
теплоелектроцентралі цукрового заводу»**

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-21м
спеціальності 144 - теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Лановий О. Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанова Н.Д.
(прізвище та ініціали)

« 14 » травня 2022 р.

Опонент Бондар А. В.
(прізвище та ініціали)

« 19 » травня 2022 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ

К.т.н., доц. Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

« 08 » травня 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 рік

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



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Лановому Олексію Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергетичної та екологічної ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу

керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна. к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.09.2022 року № 203

2. Строк подання студентом роботи 08.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: тиск пари на виробничі потреби $P_{\text{вир}} = 3 \text{ кгс/см}^2$, температура пари на виробничі потреби $t_{\text{вир}} = 135 \text{ }^\circ\text{C}$, витрата пари на виробничі потреби $D_{\text{вир}} = 44,8 \text{ т/год}$, температура пари на виході парогенераторів $t_0 = 370 \text{ }^\circ\text{C}$, тиск пари на виході з парогенераторів $P_0 = 2,3 \text{ МПа}$, тиск пари на виході з турбін $P_{\text{пр}} = 3 \text{ кгс/см}^2$, паливо – природний газ з $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 33 \text{ МДж/м}^3$.

4. Зміст текстової частини

Аналітичний огляд літературної інформації; аналіз та розрахунок теплової схеми теплоелектроцентралі цукрового заводу; дослідження ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу; організаційно-технологічна частина; економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

схема ТЕЦ тепла принципова; техніко-економічні показники варіантів використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі ТЕЦ цукрового заводу; результати дослідження ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу; функціональна схема автоматизації котла ДКВР 20-23/370; план на відм. 0.000 та +5.900; схема монтажна аксонометрична; календарний план монтажу паропроводів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ, підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І.М., доц. каф. БЖДПБ		
Економічна частина	Лялюк О.Г. доц. каф. БМГА		

7. Дата видачі завдання 20.09.2022 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Формування та аналіз вхідних даних до магістерської кваліфікаційної роботи	26.09.22	
2	Розробка аналітичного огляду літературної інформації	04.10.22	
3	Аналіз та розрахунок теплової схеми теплоелектроцентралі цукрового заводу	20.10.22	
4	Дослідження ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу	07.11.22	
5	Організаційно-технологічна частина	20.11.22	
6	Економічна частина	30.11.22	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	06.12.22	
8			

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Лановий О. Є.

(прізвище та ініціали)

Степанова Н. Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Лановий О. Є. Підвищення енергетичної та екологічної ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2022. 117 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 69 назв; рис.: 4; табл. 19.

В магістерській кваліфікаційній роботі виконаний аналітичний огляд літературної інформації. Проаналізовано загальну характеристику теплоелектроцентралей, переваги та недоліки теплоелектроцентралей, що працюють на природному газі, екологічні питання цукрового виробництва. Проаналізовано та розраховано існуючу теплову схему теплоелектроцентралі цукрового заводу. Розглянуті варіанти заміщення природного газу на ТЕЦ з метою підвищення енергетичної ефективності, зменшення експлуатаційних витрат для виробництва енергії, вирішення проблем утилізації токсичних відходів. Виконано економічне обґрунтування та оцінку екологічних показників протягом життєвого циклу для обраного варіанту. Розроблена функціональна схема автоматизації парогенератора, частково підібрані апаратурно-технічні засоби для реалізації автоматизованої системи. Розроблено технологію монтажу паропроводів на ТЕЦ. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи та визначено витрати на паливні та енергетичні ресурси. Розроблений календарний графік монтажу системи паропроводів. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Складено локальний кошторис на влаштування системи з використання альтернативного палива на теплоелектроцентралі.

Графічна частина складається з 2 плакатів з результатами теоретичних досліджень та 5 креслень.

Ключові слова: біомаса, теплоелектроцентрально, парогенератор, альтернативні види палива, біогаз

ABSTRACT

Lanovyi O. Y. Increasing the energy and environmental efficiency of the thermal power plant of the sugar factory. Master's degree in the specialty 144 - heat power engineering, educational program - heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 117 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 69 titles; fig.: 4; tabl. 19.

In the master's qualification work, an analytical review of literary information was performed. The general characteristics of thermal power plants, advantages and disadvantages of thermal power plants operating on natural gas, environmental issues of sugar production are analyzed. The existing thermal scheme of the thermal power plant of the sugar factory was analyzed and calculated. Considered options for replacing natural gas at TPPs with the aim of increasing energy efficiency, reducing operational costs for energy production, and solving problems of toxic waste disposal. An economic justification and assessment of ecological indicators during the life cycle for the selected option were performed. The functional scheme of the automation of the steam generator was developed, and the hardware and technical means for the implementation of the automated system were partially selected. The technology for installing steam pipelines at the thermal power plant has been developed. Auxiliary equipment for system installation has been selected and costs for fuel and energy resources have been determined. A calendar schedule for the installation of the steam pipeline system has been developed. Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed. A local estimate for the installation of a system for the use of alternative fuel at the thermal power plant has been drawn up.

The graphic part consists of 2 posters with the results of theoretical research and 5 drawings.

Key words: biomass, thermal power plant, steam generator, alternative fuels, biogas

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	8
1.1 Теплоелектроцентралі промислових підприємств	8
1.2 Способи отримання енергії з біомаси	10
1.3 Висновки до розділу 1	14
2 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ	
ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ	15
2.1 Аналіз теплової схеми теплоелектроцентралі.....	15
2.2 Розрахунок теплової схеми теплоелектроцентралі	16
2.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання теплоелектроцентралі	20
2.4 Техніко-економічні показники роботи ТЕЦ.....	21
2.5 Висновки до розділу 2	26
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ	27
3.1 Розроблення математичної моделі для оцінки ефективності роботи теплоелектроцентралі	27
3.2 Оцінка ефективності впровадження спалювання біогазу на ТЕЦ цукрового заводу	34
3.3 Оцінка ефективності впровадження спалювання зрідженого вуглеводневого газу на ТЕЦ цукрового заводу	38
3.4 Оцінка ефективності впровадження сумісного спалювання зрідженого вуглеводневого газу та біогазу на ТЕЦ цукрового заводу	40
3.5 Оцінка екологічних показників роботи теплоелектроцентралі на різних видах палива.....	42
3.6 Висновок до розділу 3	44
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	46

	4
4.1 Автоматизація парогенератора ДКВР 20-23/395	46
4.2 Технологія монтажу паропроводів на теплоелектроцентралі	55
4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	73
4.4 Висновки до розділу 4	91
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	93
5.1 Локальний кошторис	93
5.2 Простий термін окупності.....	94
5.3 Висновки до розділу 5	97
ВИСНОВКИ	98
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	101
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	108
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання	110
Додаток В (обов'язковий). Локальний кошторис	115
Додаток Г (обов'язковий). Графічна частина.....	119
Додаток Д (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	120

ВСТУП

Актуальність теми. Теперішній стан розвитку промисловості з врахуванням наявних техногенних навантажень на навколишнє середовище зумовлює необхідність гармонічного розвитку енергетики, економіки та екології. З цією метою є необхідно впроваджувати заходи зі зменшення вартості та скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів, запровадження технологій з використанням відновлювальних і альтернативних джерел енергії, скорочення викидів шкідливих речовин у довкілля. Оскільки наша країна споживає досить великі обсяги імпортованих енергоносіїв, то розв'язання наведених завдань підвищує енергетичну безпеку країни [1].

Оскільки енергомісткість валового внутрішнього продукту України є однією з найвищих у світі, то конкурентність української продукції на світовому ринку зменшується. Особливо енергоємною є цукрова галузь виробництва. Тому впровадження енергозбережних заходів у даній галузі зокрема є першочерговим завданням, від термінів та якості вирішення якого залежить собівартість виробництва кінцевого продукту.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана на кафедрі теплоенергетики Вінницького національного технічного університету в рамках кафедральної науково-дослідної роботи 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».

Мета і задачі досліджень. Зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення технології цукрового виробництва шляхом впровадження технологій спалювання біогазу з відходів виробництва.

У зв'язку з цим поставлені задачі:

– виконати аналітичний огляд літературної та патентної інформації щодо підвищення ефективності роботи ТЕЦ цукрового заводу;

- проаналізувати ефективність використання відновлюваних енергоресурсів на ТЕЦ цукрового заводу;
- розробити математичну модель та підходи до оцінки ефективності роботи теплоелектроцентралі;
- досліджити ефективність спалювання різних палив в парогенераторах;
- розробити технологію монтажу системи паропроводів на ТЕЦ;
- розробити систему автоматизованого регулювання котла ДКВР – 15 – 23/370;
- розробити економічні показники використання відновлюваних джерел енергії на ТЕЦ цукрового заводу;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Процеси виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралі цукрового заводу.

Предмет дослідження. Підвищення ефективності виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралі.

Методи дослідження. Дослідження показників енергетичної ефективності виробництва енергії на теплоелектроцентралі виконано методом числового експерименту на основі розробленої математичної моделі. Оцінка екологічних показників роботи виконувалась за допомогою науково обгрунтованого програмного продукту SimaPro 9.4.0.2.

Новизна одержаних результатів.

Набули подальшого розвитку дослідження ефективності роботи теплових схем теплоелектроцентралей. Доведено ефективність заміщення на теплоелектроцентралі цукрового заводу викопних енергоресурсів біогазом, отриманим в процесі анаеробної ферментації відходів цукрового виробництва. Показано, що використання біогазу в якості палива для парогенераторів дозволяє знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище на 20,2...60,6 % у порівнянні з роботою теплоелектроцентралі на природному газі.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на LI Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2022) та на міжнародних конференціях : "Енергоефективність в галузях економіки України – 2021", "Інноваційні технології в будівництві - 2022".

Публікації. Результати роботи опубліковані у 3 тезах доповідей конференцій [2 – 4].

Структура і обсяг магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Використано 69 наукових джерел за переліком посилань. Обсяг роботи – 117 сторінок, включаючи 4 ілюстрації, 19 таблиць.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Теплоелектроцентралі промислових підприємств

Теплоелектроцентралі за визначенням є тепловою електростанцією, яка крім електроенергії виробляє ще і теплоту у вигляді пари або гарячої води. Пара і гаряча вода при цьому можуть бути використані для потреб технологічних споживачів та для теплопостачання.

У [5] теплоелектроцентралі (ТЕЦ) називають промисловими електростанціями, які можуть бути оснащені газотурбінними (ГТУ-ТЕЦ) або паротурбінними (ПТУ-ТЕЦ). Структура ТЕЦ залежить як від призначення підприємства, для потреб якого вона збудована, так і від режиму його роботи.

За [5] на промислових підприємствах можуть використовуватись різні системи енергопостачання, а саме роздільна, комбінована та змішана. У комбінованій системі енергопостачання забезпечення теплотою промислових підприємств здійснюється від ТЕЦ, а електропостачання – або повністю від ТЕЦ, або від ТЕЦ і частково від електромережі. В таких системах відпрацьована пара з відборів турбіни або з протитиску використовується для забезпечення теплотою. На думку авторів [6 – 8] найбільш ефективна робота ТЕЦ з протитисковими турбінами, оскільки вони не мають конденсатора, тому не потребують громіздкої системи технічного водопостачання.

Автори [6] показують, що комбінована схеми енергопостачання має переваги у порівнянні з роздільною схемою. Крім того, зменшення споживання умовного палива на ПТУ–ТЕЦ досягає 40%, а на ГТУ–ТЕЦ – до 60%. Якщо електрична потужність ПТУ–ТЕЦ і ГТУ–ТЕЦ однакові, зменшення споживання палива відрізняється менше як на 7%. На ПТУ–ТЕЦ коефіцієнт відносної економії палива на 20% менший, ніж на ГТУ–ТЕЦ.

На думку авторів [9], редуційно-охолоджувальна установка (РОУ) є однією із показних складових економічної ефективності ТЕЦ. На ТЕЦ цукрових заводів РОУ компенсує нестачу пари відпрацьованої пари, виробленої турбо-

установкою, для технологічних потреб. РОУ знижує питому ентальпію гострої пари до показників технологічної пари, що знецінює її теплову енергію, і унеможлиблює вироблення нею електричної енергії, що має високу вартість при купівлі її з енергосистеми. РОУ, що постійно працює, не є показником енергетичної недосконалості ТЕЦ оскільки не спричиняє перевитрату палива, а лиє є причиною недовироблення електроенергії на тепловому споживанні технологічних потреб [9].

Автори [9] пропонують враховувати такі фактори під час вибору турбоустановок ТЕЦ цукрового заводу :

- питоме споживання теплової енергії з урахуванням можливості нарощення потужностей заводу;
- питоме споживання електричної енергії заводом з урахуванням можливості нарощення потужностей заводу;
- параметри пари після парогенераторів на ТЕЦ;
- питому витрату гострої пари в турбоустановці;
- гранично-мінімальне питоме споживання теплоти заводом;
- наявність (відсутність) трансформаторів зв'язку ТЕЦ з районною електромережею (РЕМ);
- наявність (відсутність) законодавчої можливості відпуску в РЕМ надлишку електричної енергії власної генерації;
- вид палива для парогенераторів ТЕЦ і його вартість;
- внутрішньостанційне парове навантаження турбіни;
- експлуатаційна потужність власних потреб ТЕЦ;
- собівартість електричної енергії власного виробництва в ТЕЦ;
- ціна електричної енергії в РЕС;
- ціна продажу електричної енергії власного виробництва в РЕС.

Значна частина (більше чверті) промислових викидів у довкілля припадає на енергетичну галузь, оскільки близько 70% виробництва електроенергії припадає на ТЕЦ, що спалюють викопне органічне паливо переважно вугілля [10]. Тому постає актуальне питання очищення газових

викидів. Автори [10] для покращення екологічного стану у місті пропонують реалізувати заходи:

- встановити обладнання для моніторингу забруднення атмосферного повітря викидами NO_x, пилу та SO₂ на основних точкових джерелах викидів на постійній основі;
- провести дослідження для визначення ефективності використання енергії та палива;
- виведення з експлуатації парогенераторів типу БКЗ з метою підвищення ефективності використання енергії;
- при умові спалювання вугілля у парогенераторах забезпечити фінансування заходів щодо встановлення систем видалення пилу, а саме двоступеневе очищення з використанням рукавних фільтрів нового покоління.

Екологічне питання роботи ТЕЦ на викопних видах палив є досить актуальним. Тому розвинені країни під час формування енергетичної політики звертають особливу увагу екологізації енергетичного сектора, впроваджуючи відновлювальні джерела енергії. На даний час і в Україні намітилася тенденція на використання у якості палива біомаси [11].

1.2 Способи отримання енергії з біомаси

Галузь енергетики, яка як енергетичний ресурс (паливо) використовує органічні речовини тваринного або рослинного походження (біомасу).

Біомасу можна поділити на енергетичні рослини і органічні відходи.

До енергетичних рослин відносять [12]:

- сорти дерев, які швидко ростуть або однорічні, що мають великий вміст сухої органічної маси (міскантус, верба, тополя); можуть бути використані для виготовлення твердого палива;

- крохмалевмісні або цукровмісні сільськогосподарські культури (зернова кукурудза, картопля, зернові, буряки); можуть бути перероблені на етанол;
- маслінисті культури (соняшник, ріпак); можуть слугувати для виробництва біодизеля;
- польові культури, що можна використати для виробництва біогазу (сильфій, силосна кукурудза).

Відходи домашнього, сільського, лісового господарств а також промислові відходи належать до органічних відходів [12].

Досить доступно описали способи отримання енергії з біомаси автори [13] (див. рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Способи отримання енергії з біомаси

На сучасному етапі розвитку в Україні енергія з біомаси виробляється переважно із палива на основі деревини [13]. Крім того, на думку авторів [13] саме спалювання біомаси в котлах дозволить досить швидко замінити природний газ у секторі виробництва теплової енергії, причому затрати на впровадження є мінімальними і терміни окупності – найкоротшими.

Авторами [14] оцінено енергетичний потенціал біомаси станом на 2008 р, на результатами оцінки встановлено, що основними складовими потенціалу є первинні сільськогосподарські відходи та енергетичні культури, але останні на даний час є складовою, визначеною із наявності угідь для їх вирощування.

Робота авторів [15] присвячена використанню агропромислових залишків у країнах Європи. Крім того описані основні проблеми використання їх як твердого палива. Передусім основною проблемою є вологість, тому їх частіше використовують для виробництва біогазу як сировину. Як показують загальнення авторів [15], потенціал агропромислових відходів країн Європи може істотно сприяти переходу до декарбонізації енергетичного сектору за умови використання біомаси у сучасному енергообладнанні.

Біогаз – це газ утворений у процесі метанового бродіння без доступу повітря, що спричинене життєдіяльністю мікроорганізмів. Біогаз являє собою суміш метану (приблизно 65%), вуглекислого газу (приблизно 30%), сірководню (приблизно 5%) та незначної кількості інших газів.

Автори [16] вважають, що виробництво біогазу із відходів тваринництва, що є основним джерелом нітратного забруднення ґрунтів, в Україні сприятиме вирішенню екологічних проблем поводження з відходами і дозволить отримати економічний ефект. Крім того, виробництво біогазу з даних відходів дозволить зменшити викиди парникових газів та отримати високоякісне добриво [16, 17]. Біогаз, утворений анаеробним зброджуванням відходів, дозволить отримати теплову та електричну енергію.

Біогаз може очищуватися до біометану та направлятися у газорозподільчу систему [16].

У роботі [17] у лабораторних умовах порівняно можливості виробництва біогазу з різної біомаси тваринного і рослинного походження. На думку авторів, найбільш ефективними є біореактори, які функціонують у термофільному режимі, тобто температура процесу складає 43 – 62 °С. В таких установках вихід біогазу складає 4,5 м³ із 1 м³ об'єму за триденної ферментації.

Автори [18] вважають, що утворення комплексу у складі цукрового заводу, біогазового заводу, біогазового заводу, ТЕЦ та спиртового заводу дозволить :

- знизити собівартість виробництва цукру за рахунок заміщення природного газу біогазом;
- переробляти відходи цукрового виробництва (меляса та жом) та спиртового (барда) на біогаз;
- зменшити собівартість виробництва спирту за рахунок використання надлишків теплової енергії від власної теплоелектростанції (ТЕЦ);
- суттєво знизити забруднення навколишнього середовища стічними водами цукрового та спиртового виробництва;
- забезпечити аграріїв високоякісним органічним добривом, що дозволить підвищити врожайність в тому числі і цукрових буряків.

Метою роботи [19] є доведення можливості підвищення ефективності виробництва цукру шляхом використання відходів агропродовольчого комплексу. Автори вважають, що оптимальною сировиною для отримання біогазу на цукрових заводах є жом, а саме з однієї тони жому (вологість 75 – 82%) теоретично можна виробити 100 м³ біогазу. Позитивно вплинути на вихід біогазу може додавання до жому біомаси вловлених легких домішок з вийного відділення заводу, а також не використаних відходів буряку.

У роботі [20] проаналізовані різні шляхи покращення екологічної ситуації біля цукрових заводів і вирішення проблеми утилізації та зберігання бурякового жому, серед яких виробництво біогазу та виробництво пектину. Виробництво біогазу дає можливість зменшити санітарну зону навколо цукрового заводу із 500 м до 150 м.

В Україні є значні обсяги агропромислових органічних відходів, що можуть слугувати сировиною для виробництва, який у перспективі може замінити 1,5 млрд. м³ газу за рік [21].

1.3 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано аналітичний огляд літературної інформації. Проаналізовано загальну характеристику та види теплоелектроцентралей, переваги комбунованого виробництва теплової та електричної енергії на ТЕЦ промислових підприємств, способи отримання енергії із біомаси і перспективи заміщення природного газу біомасою в рамках цукрових заводів. В результаті сформовані задачі та мета досліджень.

Мета і задачі досліджень. Зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення технології цукрового виробництва шляхом впровадження технологій спалювання біогазу з відходів виробництва.

У зв'язку з цим поставлені задачі:

- виконати аналітичний огляд літературної та патентної інформації щодо підвищення ефективності роботи ТЕЦ цукрового заводу;
- проаналізувати ефективність використання відновлюваних енергоресурсів на ТЕЦ цукрового заводу;
- розробити математичну модель та підходи до оцінки ефективності роботи теплоелектроцентралі;
- досліджити ефективність спалювання різних палив в парогенераторах;
- розробити технологію монтажу системи паропроводів на ТЕЦ;
- розробити систему автоматизованого регулювання котла ДКВР – 15 – 23/370;
- розробити економічні показники використання відновлюваних джерел енергії на ТЕЦ цукрового заводу;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

2.1 Аналіз теплової схеми теплоелектроцентралі

Теплова схема теплоелектроцентралі (ТЕЦ) Юзефо-Миколаївського цукрового заводу показана на плакаті 1 графічної частини і містить один модернізований парогенератор ДКВР-20-23-395, чотири парогенератори типу ДКВР – 15 – 23/370 та два протитискових турбоагрегати типу Р – 2,5 – 21/3. Як основне паливо використовується природний газ, а як резервне – мазут. Крім того встановлено таке допоміжне обладнання: димососи, вентилятори, насоси (живильної води, конденсатний, охолодної води), конденсатозбірник.

Для виробництва цукру заданої продуктивності цукровий завод споживає пару з тиском 3 кгс/см^2 та температурою $135 \text{ }^\circ\text{C}$ у кількості $12,5 \text{ кг/с}$. Власні потреби цукрового заводу в електроенергії складають орієнтовно $5,5 \text{ МВт}$.

Теплоелектроцентральною цукрового заводу виробляє пару з тиском $23 - 24 \text{ кгс/см}^2$ і температурою $370 \text{ }^\circ\text{C}$. Вироблена пара у кількості $12,22 \text{ кг/с}$ надходить на протитискові турбіни. В розрахунковому режимі пара на виході з турбогенераторів має тиск 3 кгс/см^2 і температуру $190 - 200 \text{ }^\circ\text{C}$. Оскільки температура пари перевищує величину, необхідну виробництву, тому потребує охолодження в охолоджувальній установці (ОУ), де її температура знижується до $135 \text{ }^\circ\text{C}$ за рахунок вприскування живильної води у трубопровід ретурної пари. Після ОУ пара надходить подається на перший корпус випарної станції головного корпусу цукрового заводу, де вона конденсується і повертається в конденсатозбірник на теплоелектроцентралі.

Теплова схема ТЕЦ містить редуційно-охолоджувальну установку (РОУ), що є резервним джерелом підготовки пари на виробництво на цукровому заводі. Витрата пари через РОУ становить близько $0,8 \text{ т/год}$. Охолодження пари у РОУ виконується за допомогою живильної води парогенерато-

рів. Під час роботи турбогенератори ТЕЦ цукрового заводу виробляють близько 4,8 МВт електричної енергії.

2.2 Розрахунок теплової схеми теплоелектроцентралі

Для розрахунку витрати пари на турбогенератори [22-24] побудовано процес розширення пари в турбіні на h - S діаграмі [24]. З графіка пр протитискові $P_{\text{п}} = 0,3$ МПа визначено адіабатний теплоперепад $H_0 = 480$ кДж/кг. З врахуванням внутрішнього коефіцієнта корисної дії турбіни $\cdot \eta_{oi}$ дійсний теплоперепад складатиме

$$H_p = H_0 \cdot \eta_{oi}, \quad (2.1)$$

$$H_p = 480 \cdot 0,85 = 408 \text{ (кДж/кг)}.$$

Витрата гострої пари на турбогенератори з врахуванням електромеханічного коефіцієнта корисної дії турбогенератора η_{em} складатиме

$$D_T = \frac{N_T}{H_p \cdot \eta_{em}}, \quad (2.2)$$

$$D_T = \frac{4800}{408 \cdot 0,96} = 12,255 \text{ (кг/с) тобто } 44,12 \text{ т/год.}$$

З балансу турбіни і з врахуванням дійсного теплоперепад ентальпія пари у протитиску складатиме $h_k = 2772$ кДж/кг, що відповідає ентальпії пари на вході в ОУ $h_{oy} = h_k = 2772$ кДж/кг.

З довідкової літератури визначимо ентальпії робочих середовищ у ОУ:

$h' = 418$ кДж/кг – ентальпія живильної води, що вприскується в ОУ;

$h'_{oy} = 561,8$ кДж/кг – ентальпія конденсату, що зливається з ОУ;

$h_{oy} = 2772$ кДж/кг – ентальпія пари після турбіни, що надходить в ОУ;

$h''_{oy} = 2727,3$ кДж/кг – ентальпія пари, що надходить до споживача після

ОУ.

Відносна витрата охолодної води в ОУ з врахуванням коефіцієнта випаровування $\varphi = 0,8$

$$W_{oy} = \frac{h_{oy}'' - h_{oy}'''}{h_{oy}'' + (1 - \varphi) \cdot h' - h_{oy}'''} (2 - \varphi), \quad (2.3)$$

$$W_{oy} = \frac{2772 - 2727,3}{2727,3 + (1 - 0,8) \cdot 418 - 562 \cdot (2 - 0,8)} = 0,0209 \text{ (кг/кг)}.$$

Паровидатність охолодної установки

$$D_{oy}'' = D_{\tau} \cdot (1 + W_{oy}), \quad (2.4)$$

$$D_{oy}'' = 12,255 \cdot (1 + 0,0209) = 12,51 \text{ (кг/с)}.$$

Кількість живильної води, яка випарується в охолодній установці

$$\Delta G_{oy} = D_{\tau} \cdot W_{oy}, \quad (2.5)$$

$$\Delta G_{oy} = 12,255 \cdot 0,0209 = 0,256 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата живильної води, що вприскується в охолодну установку

$$G_{oy} = \Delta G_{oy} / \varphi, \quad (2.6)$$

$$G_{oy} = 0,256 / 0,8 = 0,32 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата охолодної води, яка зливається з охолодної установки

$$G'_{oy} = G_{oy} - \Delta G_{oy}, \quad (2.7)$$

$$G'_{oy} = 0,32 - 0,256 = 0,064 \text{ (кг/с)}.$$

З довідкової літератури визначимо ентальпії робочих середовищ у РОУ: $h' = 418$ кДж/кг; $h'_{roy} = 716$ кДж/кг; $h_0 = 3180$ кДж/кг; $h''_{roy} = 2769$ кДж/кг.

Паровидатність редукційно-охолоджувальної установки визначається витратою пари на власні потреби $D''_{roy} = D_{вп} = 0,222$ кг/с.

Питома витрата охолодної води на редукційно-охолоджувальну установку

$$Z = \frac{h_0 - h''_{roy}}{h'_{roy} - h' + \varphi \cdot (h''_{roy} - h'_{roy})}, \quad (2.8)$$

$$Z = \frac{3180 - 2769}{716 - 418 + 0,8 \cdot (2769 - 716)} = 0,212 \text{ (кг/кг)}.$$

Масова витрата охолодної води на редукційно-охолоджувальну установку

$$G_{roy} = \frac{D''_{roy} \cdot Z}{1 + \varphi \cdot Z}, \quad (2.9)$$

$$G_{roy} = 0,222 \cdot 0,212 / (1 + 0,8 \cdot 0,212) = 0,0402 \text{ (кг/с)}.$$

Масова витрата пари на вході в редукційно-охолоджувальну установку

$$D_{roy} = G_{roy} / Z, \quad (2.10)$$

$$D_{roy} = 0,0402 / 0,212 = 0,19 \text{ (кг/с)}.$$

Масова витрата води на виході з редукційно-охолоджувальної установки

$$G'_{roy} = G_{roy} + D_{roy} - D''_{roy}, \quad (2.11)$$

$$G'_{roy} = 0,0402 + 0,19 - 0,222 = 0,008 \text{ (кг/с)}.$$

Розрахункова паровидатність парогенераторів

$$D_0 = D_r + D_{\text{роу}}, \quad (2.12)$$

$$D_0 = 12,255 + 0,19 = 12,444 \text{ (кг/с)}.$$

Масова витрата живильної води для парогенераторів

$$G_{\text{жв}} = 1,03 \cdot D_0, \quad (2.13)$$

$$G_{\text{жв}} = 1,03 \cdot 12,445 = 12,82 \text{ (кг/с)}.$$

Масова витрата додаткової води в тепловій схемі ТЕЦ

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{жв}} + G_{\text{оу}} + G_{\text{роу}} - G'_{\text{оу}} - G'_{\text{роу}} - G_{\text{зк}}, \quad (2.14)$$

$$G_{\text{дв}} = 12,82 + 0,32 + 0,0402 - 0,064 - 0,008 - 12,255 = 0,853 \text{ (кг/с)}.$$

З теплового балансу збірника конденсатів визначимо ентальпію живильної води

$$\begin{aligned} (G_{\text{жв}} + G_{\text{оу}} + G_{\text{роу}}) \cdot h_{\text{жв}} &= G_{\text{дв}} \cdot h_{\text{дв}} + G'_{\text{оу}} \cdot h'_{\text{оу}} + \\ &+ G'_{\text{роу}} \cdot h'_{\text{роу}} + G_{\text{зк}} \cdot h_{\text{зк}}, \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} (12,82 + 0,32 + 0,0402) \cdot h_{\text{жв}} &= 0,853 \cdot 41,9 + 0,064 \cdot 561,8 + \\ &+ 0,008 \cdot 716 + 12,255 \cdot 410,62; \end{aligned}$$

$$13,1802 \cdot h_{\text{жв}} = 5103,85;$$

$$h_{\text{жв}} = 387,2 \text{ (кДж/кг)}.$$

Розрахункова потужність парових котлів на ТЕЦ

$$Q_{\text{пр}} = D_{\text{пр}} \cdot (h_0 - h_{\text{жв}}) + D_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пр}} \cdot (h_5 - h_{\text{жв}}), \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{пр}} = 12,445 \cdot (3180 - 387,2) + 0,03 \cdot 12,445 \cdot (952 - 387,2) = 34967,3 \text{ (кВт)}.$$

2.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання теплоелектроцентралі

Під час перевірки котлоагрегатів встановлено, що паровидатність ТЕЦ в розрахунковому режимі становить $D_0 = 12,445 \text{ кг/с} = 44,8 \text{ т/год}$.

Максимальна паровидатність встановлених на теплоелектроцентралі парогенераторів ДКВР-15-23/370 (4 шт.) та ДКВР-20-23-395 складає 80 т/год. Отже для забезпечення необхідної потужності ТЕЦ достатньо роботи трьох парогенераторів.

Потреба цукрового заводу в електроенергії складає 5,5 МВт, а встановлені у ТЕЦ турбогенератори Р-2,5-21/3 (2 шт.) з коефіцієнтом завантаження 0,96 видають 4,8 МВт електроенергії.

Для забезпечення окислювача для парогенераторів ДКВР-15-23-370 $Q_{\text{в дквр15}} = 17,5 \text{ тис. м}^3/\text{год}$ у тепловій схемі ТЕЦ встановлено вентилятор ВД-11,2 з подачею 20000 м³/год, тиском 2,5 кПа і коефіцієнтом корисної дії 0,67 і потужністю електродвигуна 22 кВт.

Для забезпечення подачі повітря на парогенератор ДКВР-20-23-395 $Q_{\text{в дквр20}} = 23,7 \text{ тис. м}^3/\text{год}$ у тепловій схемі ТЕЦ встановлено вентилятор ВД-11,2 з подачею 25000 м³/год, тиском 2,2 кПа, коефіцієнтом корисної дії 0,67 і потужністю електродвигуна 45 кВт.

Розрахункова продуктивність димососа для котла ДКВР-15-23-370 $Q_{\text{д дквр15}} = 29,4 \text{ тис. м}^3/\text{год}$. Для видалення димових газів використано димосос Д-12,5 з подачею 35000 м³/год, тиском 2,5 кПа, коефіцієнтом корисної дії 0,67 і потужністю електродвигуна 35 кВт.

Подача димососа для парогенератора ДКВР-20-23-395 складає $Q_{\text{д дквр20}} = 39,9 \text{ тис. м}^3/\text{год}$. Для видалення димових газів використано обираємо

димосос Д–12,5 з подачею 50000 м³/год, тиском 3,5 кПа, коефіцієнтом корисної дії 0,67 і потужністю електродвигуна 55 кВт [25].

Для подачі живильної води у парогенератори необхідно нагнітач з подачею 52 м³/год, тоді як на ТЕЦ встановлено 4 насоси ПЭ-65/40 подачею 55 м³/год, напором 450 м вод. ст., потужністю електродвигуна 100 кВт [25]. Наявна кількість насосів забезпечує достатнє резервування.

Для підживлення системи необдно нагнітач з подачею 7,02 м³/год, тому встановлених два насоси сирій води 2К-20-18 з подачею 11 м³/год, напором 21 м вод.ст. і потужністю електродвигуна 4 кВт достатньо.

Для повернення конденсатів з першого корпусу випарної станції потрібен нагнітач з подчею 49,75 м³/год. Тому встановлені два конденсатні насоси 4К-12 з подачею 55 м³/год, напором 30 м вод.ст. і потужністю електродвигуна 5,5 кВт забезпечують потребу теплової схеми.

Для забезпечення теплопостачання приміщень цукрового заводу через мережний підігрівник транспортується теплоносій із витратою 22,8 м³/год за допомогою двох мережних насосів (один з яких резервний) 3К-45-30 з подачею 25 м³/год, напором 30 м вод.ст. і потужністю електродвигуна 7,5 кВт.

На власні потреби теплоелектроцентралі затрачається електроенергія для роботи тягодуттєвого обладнання, насосів та освітлення, яку знаходимо як суму активних потужностей обладнання

$$N_{ВП} = N_{В} + N_{д} + N_{ЖН} + N_{ПН} + N_{КН} + N_{МН} + N_{ОСВ} , \quad (2.17)$$

$$N_{ВП} = (2 \cdot 22 + 45) + (2 \cdot 35 + 55) + 1 \cdot 100 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 5,5 + 1 \cdot 7,5 + 2 = 333 \text{ (кВт)}.$$

2.4 Техніко-економічні показники роботи ТЕЦ

Частка виробленої на ТЕЦ електроенергії, що витрачається на власні потреби [26]

$$e_{\text{вн}} = N_{\text{свЛТЕЦ}} / N_{\text{е}}, \quad (2.18)$$

$$e_{\text{вн}} = 0,333/4,8 = 0,0694.$$

Частка виробленої на ТЕЦ теплової енергії, що витрачається на власні потреби

$$q_{\text{вн}} = D_{\text{роу}} / D_{\text{пр}}, \quad (2.19)$$

$$q_{\text{вн}} = 0,19/12,445 = 0,01526.$$

Коефіцієнт корисної дії з вироблення електричної енергії нетто

$$\eta_{\text{е}}^{\text{н}} = \eta_{\text{ем}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot (1 - e_{\text{вн}}) / (1 + q_{\text{вн}}), \quad (2.20)$$

$$\eta_{\text{е}}^{\text{н}} = 0,96 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,0694) / (1 + 0,01526) = 0,776.$$

Коефіцієнт корисної дії з вироблення теплової енергії нетто

$$\eta_{\text{т}}^{\text{н}} = \eta_{\text{то}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot (1 - e_{\text{вн}}) / (1 + q_{\text{вн}}), \quad (2.21)$$

$$\eta_{\text{т}}^{\text{н}} = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,0694) / (1 + 0,01526) = 0,792.$$

Питома витрата умовного палива на вироблення електроенергії

$$v_{\text{у}}^{\text{е}} = 0,123 / \eta_{\text{е}}^{\text{н}}, \quad (2.22)$$

$$v_{\text{у}}^{\text{е}} = 0,123 / 0,776 = 0,159 \text{ (кг/кВт·год)}.$$

Питома витрата умовного палива на вироблення теплоти [5]

$$v_y^T = 34,14 / \eta_T^H, \quad (2.23)$$

$$v_y^T = 34,14 / 0,792 = 43,106 \text{ (кг/ГДж)}.$$

Витрата умовного палива на вироблення електроенергії [30]

$$V_y^e = v_y^e \cdot N_e / 3,6, \quad (2.24)$$

$$V_y^e = 0,159 \cdot 4,8 / 3,6 = 0,211 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата умовного палива на вироблення теплоти

$$V_y^T = v_y^T \cdot Q_{\text{ПС}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.25)$$

$$V_y^T = 43,106 \cdot 0,028363 = 1,224 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата умовного палива на ТЕЦ загальна

$$V_y^{\text{ТЕЦ}} = V_y^e + V_y^T, \quad (2.26)$$

$$V_y^{\text{ТЕЦ}} = 0,211 + 1,224 = 1,435 \text{ (кг/с)}.$$

Загальна витрата робочого палива на ТЕЦ

$$V_p = V_y^{\text{ТЕЦ}} \cdot Q_{y,\text{п}} / Q_{p,\text{п}}, \quad (2.27)$$

$$V_p = 1,435 \cdot 29,3 / 33 = 1,274 \text{ (м}^3\text{/с)} \text{ або } 11,009 \text{ млн. м}^3 \text{ за сезон (100 діб)}$$

Сезонне виробництво теплоти та електроенергії

$$Q_{\text{сез}} = 28,363 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 245056 (\text{ГДж/рік}),$$

$$EE_{\text{сез}} = 4,8 \cdot 24 \cdot 100 = 11520 (\text{МВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата коштів на паливо за сезон

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}, \quad (2.28)$$

де Ц – ціна палива (природний газ Ц = 37 грн./м³)

$$S_{\text{пал}} = 11,009 \cdot 37 = 407,333 (\text{млн. грн./рік}).$$

Споживання води на підживлення протягом сезону

$$G_{\text{в}} = \frac{0,853 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 100}{995} = 7407 (\text{м}^3/\text{рік}).$$

Розрахунок витрат на воду

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \text{Ц}_{\text{в}}, \quad (2.29)$$

$$S_{\text{в}} = 7407 \cdot 15,1 = 111,85 (\text{тис. грн./рік}).$$

Розрахунок оплати праці [27]

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (2.30)$$

де ЗП – середня заробітна плата,

$$S_{\text{зп}} = 0,8 \cdot 34,967 \cdot 6000 \cdot 3 \cdot 1,41 = 0,71 (\text{млн. грн./рік}).$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 7,5\% \cdot K, \quad (2.31)$$

де K – капіталовкладення (вартість основних фондів) $K = 40$ млн. грн.

$$S_A = 0,075 \cdot 40 = 3 \text{ (млн. грн./сезон)}.$$

Витрати на ремонт, як 20% від амортизаційних відрахувань

$$S_P = 0,2 \cdot S_A, \quad (2.32)$$

$$S_P = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Інші витрати на теплоелектроцентралі

$$S_I = 0,01 \cdot (S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_P), \quad (2.33)$$

$$S_I = 0,01 \cdot (407,333 + 0,112 + 0,71 + 3 + 0,6) = 4,118 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Загальні витрати [28]

$$S = S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_P + S_I, \quad (2.34)$$

$$S = 407,333 + 0,112 + 0,71 + 3 + 0,6 + 4,118 = 415,873 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Собівартість виробництва енергії (теплової та електричної) на теплоелектроцентралі

$$C_B = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}, \quad (2.35)$$

$$C_B = \frac{415,873 \cdot 10^6}{245056 + 11530 \cdot 3,6} = 1451,24 \text{ (грн. /ГДж)}.$$

2.5 Висновки до розділу 2

Проаналізовано теплову схему теплоелектроцентралі цукрового заводу, що забезпечує промислових споживачів парою з тиском 3 кгс/см² і температурою 135 ° у кількості 44,8 т/год та покриває 4,8 МВт потреби в електроенергії. Визначено необхідну паровидатність 12,444 кг/с та потужність парогенераторів, що складає 34,97 МВт, витрату природного газу 1,273 м³/с та умовного палива – 1,435 кг/с. Порівняння результатів розрахунків теплової схеми показало, що встановлене обладнання задовільняє потребам заводу.

Визначено техніко-економічні показники роботи теплоелектроцентралі. Встановлено, що сезонне виробництво теплоти на ТЕЦ складає 245056 ГДж/рік, а електроенергії – 11520 МВт·год. Сезонна витрата природного газу на ТЕЦ складає 11,009 млн. м³. Загальні експлуатаційні витрати за сезон роботи цукрового заводу складають 415,873 млн. грн., а собівартість відпущеної енергії – 1451,24 грн./ГДж.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

3.1 Розроблення математичної моделі для оцінки ефективності роботи теплоелектроцентралі

Для ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу розроблена математична модель.

Розроблена модель є нелінійною, її математичний опис складається з 41 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, що наведені у [5, 23]. Представлена нижче математична модель є детермінованою за параметрами моделювання, структурною, також дискретною з зосередженими кількісними параметрами, крім того, статичною, одномірною. Дана модель є дескриптивною, алгебраїчною і розв'язується аналітичним методом [29].

Практична реалізація розробленої математичної моделі виконана в середовищі Microsoft Excel.

Початковими даними для виконання досліджень є [5, 23]:

- термодинамічні параметри теплоносіїв;
- теплота згорання альтернативних та газового палив;
- значення ККД парогенераторів, насосів, теплообмінників та іншого теплоенергетичного обладнання;
- витрата пари на промислових споживачів;
- коефіцієнт випаровування;
- електрична потужність турбогенераторів;
- ціни на паливо.

Допущення та спрощення, які використані під час створення даної математичної моделі:

- задаємося осередненими значеннями ККД парогенераторів та теплообмінного обладнання;
- виконуємо розрахунки теоретичних теплових схем.

Математичний опис моделі наведений нижче.

Адіабатний перепад ентальпій

$$H_o = h_o - h_{п}, \quad (3.1)$$

Дійсний теплоперепад

$$H_p = H_o \cdot \eta_{oi}, \quad (3.2)$$

Витрата гострої пари на турбогенератори

$$D_T = \frac{N_T}{H_p \cdot \eta_{ем}}, \quad (3.3)$$

Ентальпія пари на виході з турбогенераторів

$$h_{кд} = h_o - H_p, \quad (3.4)$$

Відносна витрата охолодної води в ОУ

$$W_{oy} = \frac{h_{oy} - h''_{oy}}{h''_{oy} + (1 - \varphi) \cdot h' - h'_{oy} (2 - \varphi)}, \quad (3.5)$$

Паровидатність охолодної установки

$$D''_{oy} = D_T \cdot (1 + W_{oy}), \quad (3.6)$$

Кількість живильної води, яка випарується в охолодній установці

$$\Delta G_{oy} = D_T \cdot W_{oy}, \quad (3.7)$$

Витрата живильної води, що вприскується в охолодну установку

$$G_{oy} = \Delta G_{oy} / \varphi. \quad (3.8)$$

Витрата охолодної води, яка зливається з охолодної установки

$$G'_{oy} = G_{oy} - \Delta G_{oy}. \quad (3.9)$$

Паровидатність редукційно-охолоджувальної установки визначається витратою пари на власні потреби

$$D''_{poy} = D_{вп}. \quad (3.10)$$

Питома витрата охолодної води на редукційно-охолоджувальну установку

$$Z = \frac{h_0 - h''_{poy}}{h'_{poy} - h' + \varphi \cdot (h''_{poy} - h'_{poy})} \quad (3.11)$$

Масова витрата охолодної води на редукційно-охолоджувальну установку

$$G_{poy} = \frac{D''_{poy} \cdot Z}{1 + \varphi \cdot Z}, \quad (3.12)$$

Масова витрата пари на вході в редукційно-охолоджувальну установку

$$D_{poy} = G_{poy} / Z, \quad (3.13)$$

Масова витрата води на виході з редукційно-охолоджувальної установки

$$G'_{poy} = G_{poy} + D_{poy} - D''_{poy}, \quad (3.14)$$

Розрахункова паровидатність парогенераторів

$$D_0 = D_{\tau} + D_{\text{роу}}, \quad (3.15)$$

Масова витрата живильної води для парогенераторів

$$G_{\text{жв}} = 1,03 \cdot D_0, \quad (3.16)$$

Масова витрата додаткової води в тепловій схемі ТЕЦ

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{жв}} + G_{\text{оу}} + G_{\text{роу}} - G'_{\text{оу}} - G'_{\text{роу}} - G_{\text{зк}}, \quad (3.17)$$

Тепловий балансу збірника конденсатів

$$\begin{aligned} (G_{\text{жв}} + G_{\text{оу}} + G_{\text{роу}}) \cdot h_{\text{жв}} = G_{\text{дв}} \cdot h_{\text{дв}} + G'_{\text{оу}} \cdot h'_{\text{оу}} + \\ + G'_{\text{роу}} \cdot h'_{\text{роу}} + G_{\text{зк}} \cdot h_{\text{зк}}, \end{aligned} \quad (3.18)$$

Розрахункова потужність парових котлів на ТЕЦ

$$Q_{\text{пт}} = D_{\text{пт}} \cdot (h_0 - h_{\text{жв}}) + D_{\text{пт}} \cdot \alpha_{\text{пр}} \cdot (h_6 - h_{\text{жв}}), \quad (3.19)$$

На власні потреби теплоелектроцентралі

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{в}} + N_{\text{д}} + N_{\text{жн}} + N_{\text{пн}} + N_{\text{кн}} + N_{\text{мн}} + N_{\text{осв}}, \quad (3.20)$$

Частка виробленої на ТЕЦ електроенергії, що витрачається на власні потреби

$$e_{\text{вл}} = N_{\text{евтец}} / N_{\text{е}}, \quad (3.21)$$

Частка виробленої на ТЕЦ теплової енергії, що витрачається на власні потреби

$$q_{\text{вп}} = D_{\text{роу}} / D_{\text{пт}}, \quad (3.22)$$

Коефіцієнт корисної дії з вироблення електричної енергії нетто

$$\eta_e^{\text{H}} = \eta_{\text{ем}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{пт}} \cdot (1 - e_{\text{вп}}) / (1 + q_{\text{вп}}), \quad (3.23)$$

Коефіцієнт корисної дії з вироблення теплової енергії нетто

$$\eta_{\text{T}}^{\text{H}} = \eta_{\text{то}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{пт}} \cdot (1 - e_{\text{вп}}) / (1 + q_{\text{вп}}), \quad (3.24)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення електроенергії

$$v_y^e = 0,123 / \eta_e^{\text{H}}, \quad (3.25)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення теплоти

$$v_y^{\text{T}} = 34,14 / \eta_{\text{T}}^{\text{H}}, \quad (3.26)$$

Витрата умовного палива на вироблення електроенергії

$$V_y^e = v_y^e \cdot N_e / 3,6, \quad (3.27)$$

Витрата умовного палива на вироблення теплоти

$$B_y^T = B_y^T \cdot Q_{\text{пс}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.28)$$

Витрата умовного палива на ТЕЦ загальна

$$B_y^{\text{тец}} = B_y^e + B_y^T, \quad (3.29)$$

Загальна витрата робочого палива на ТЕЦ

$$B_p = B_y^{\text{тец}} \cdot Q_{\text{у.п}} / Q_{\text{р.п}}, \quad (3.30)$$

Витрата коштів на паливо за сезон

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}, \quad (3.31)$$

Витрат на воду

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \text{Ц}_{\text{в}}, \quad (3.32)$$

Оплати праці

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (3.33)$$

Амортизаційні відрахування

$$S_{\text{А}} = 7,5\% \cdot K, \quad (3.34)$$

Витрати коштів на ремонт

$$S_p = 0,2 \cdot S_A, \quad (3.35)$$

Інші витрати на теплоелектроцентралі

$$S_I = 0,01 \cdot (S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p), \quad (3.36)$$

Загальні експлуатаційні витрати на теплоелектроцентралі

$$S = S_{\text{пал}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p + S_I, \quad (3.37)$$

Собівартість виробництва енергії (теплової та електричної) на теплоелектроцентралі

$$C_B = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}, \quad (3.38)$$

Зменшення споживання природного газу на ТЕЦ

$$\Delta B = \frac{B_{\text{біог}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р біог}} \cdot \eta_{\text{пг}}^{\text{біог}}}{Q_{\text{рп}} \cdot \eta_{\text{пг}}}, \quad (3.39)$$

Зменшення затрат на паливо

$$\Delta S_{\text{пал}} = \Delta B \cdot \text{Ц} - B_{\text{біог}} \cdot \text{Ц}_{\text{біог}}, \quad (3.40)$$

Загальні експлуатаційні витрати на виробництво енергії на теплоелектроцентралі з використанням альтернативних джерел енергії

$$S^{\text{альт}} = S - \Delta S_{\text{пал}} + S_A^{\text{альт}} + S_p^{\text{альт}} + S_I^{\text{альт}}, \quad (3.41)$$

3.2 Оцінка ефективності впровадження спалювання біогазу на ТЕЦ цукрового заводу

Власниками ТОВ «Юзефо-Миколаївська АПК» збудовано біогазовий комплекс, який на даний час нараховує два біогазових реактори (по 8000 м³), доброджувач (4500 м³). Дані потужності дозволяють переробити 900 тон сировини та отримати до 110 тис. м³ біогазу за добу. Крім того на підприємстві встановлено три двигуни внутрішнього згорання Caterpillar, що дозволяє виробляти до 5,2 МВт електроенергії [4].

Як сировина на даний час використовується жом (побічний продукт виробництва цукру на Юзефо-Миколаївському цукровому заводі), використовується барда, фуз, жири після переробки м'яса, різні зелені відходи, а також солома пшениці. Використання соломи потребує ретельної підготовки. Для цього тут солома подрібнюється молотковими дробарками та подається до реактора гідролізу.

Встановимо найбільш доцільний варіант заміни природного газу біогазом.

Так приймемо біогаз поставляється для заміщення природного газу в одному парогенераторі $V_{\text{біог}} = 1745 \text{ м}^3/\text{год}$ біогазу з теплою згорання $Q_{\text{н}}^{\text{біог}} = 18,36 \text{ МДж/м}^3$ [4].

Зменшення споживання природного газу на ТЕЦ за (3.39)

$$\Delta V = \frac{1745 \cdot 18,36 \cdot 0,89}{33 \cdot 0,907} \cdot 24 \cdot 100 = 2286,38 \text{ (тис. м}^3/\text{рік)}.$$

Згідно даних, отриманих на підприємстві собівартість виробництва біогазу складає $C_{\text{біог}} = 8,5 \text{ грн./н м}^3$. Отже зменшення затрат на паливо за (3.40)

$$\Delta S_{\text{гвл}} = 2286,38 \cdot 37 - 1,745 \cdot 24 \cdot 100 \cdot 8,5 = 49 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Приймемо додаткові капіталовкладення у модернізацію $K = 100$ тис. грн.
Додаткові амортизаційні відрахування за [28]

$$S_A = 0,075 \cdot 100 = 7,5 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Додаткові витрати на ремонт за [10]

$$S_p = 0,2 \cdot 7,5 = 1,5 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Додаткові інші витрати за (6.16)

$$S_I^{\text{альт}} = 0,01 \cdot (7,5 + 1,5) = 0,09 \text{ (тис. грн. /рік)}.$$

Загальні експлуатаційні витрати на виробництво енергії на теплоелектроцентралі з використанням альтернативних джерел енергії (біогазу) за (3.41)

$$S^{\text{альт}} = 415,523 - 49 + 0,0075 + 0,0015 + 0,00009 = 366,534 \text{ (млн.грн. /рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти та електроенергії з використанням альтернативних джерел енергії (біогазу)

$$C_B^{\text{альт}} = \frac{366,534 \cdot 10^6}{245229 + 11520 \cdot 3,6} = 1217,93 \text{ (грн. /ГДж)}.$$

Отже використання альтернативних джерел енергії у тепловій схемі теплоелектроцентралі “Юзефо-Миколаївської агропромислової компанії” дозволяє зменшити собівартість виробництва одиниці енергії на

$$(1449,14 - 1278,29) \cdot 100 / 1449,14 = 11,79 \%$$

За розробленою математичною моделлю проведено числове дослідження впливу частки заміщення теплової потужності ТЕЦ теплотою біогазу на собівартість відпущеної одиниці енергії. Результати наведені у табл. 3.1. Результати представлені з врахуванням ціни на природний газ на рівні 37 грн./м³ (рис. 3.1).

У табл. 3.1 розглянуті такі варіанти модернізації:

Варіант 1 – переведення одного парогенератора ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом.

Варіант 2 – переведення двох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом.

Варіант 3 – переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом.

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні показники варіантів підвищення ефективності

Показник	Розмірність	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	2	3	4	5
Витрата біогазу на ТЕЦ, $V_{\text{біог}}$	м ³ /год	1745	3490	5235
Частка теплоти ТЕЦ, що заміщується теплотою біогазу, δQ	%	25,48	50,95	76,43
Зменшення споживання природного газу ΔB	тис. м ³ /рік	2286,38	4572,76	6859,14
Зменшення витрат на паливо	млн. грн./рік	49	98	147
Капіталовкладення у модернізацію	тис. грн.	100	200	300

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Додаткові амортизаційні відрахування	тис. грн.	7,5	15	22,5
Додаткові витрати на ремонт	тис. грн.	1,5	3	4,5
Загальні експлуатаційні витрати на виробництво теплоти на ТЕЦ	млн. грн.	366,53	317,55	268,56
Собівартість виробництва енергії на ТЕЦ	грн./ГДж	1278,29	1107,44	936,6

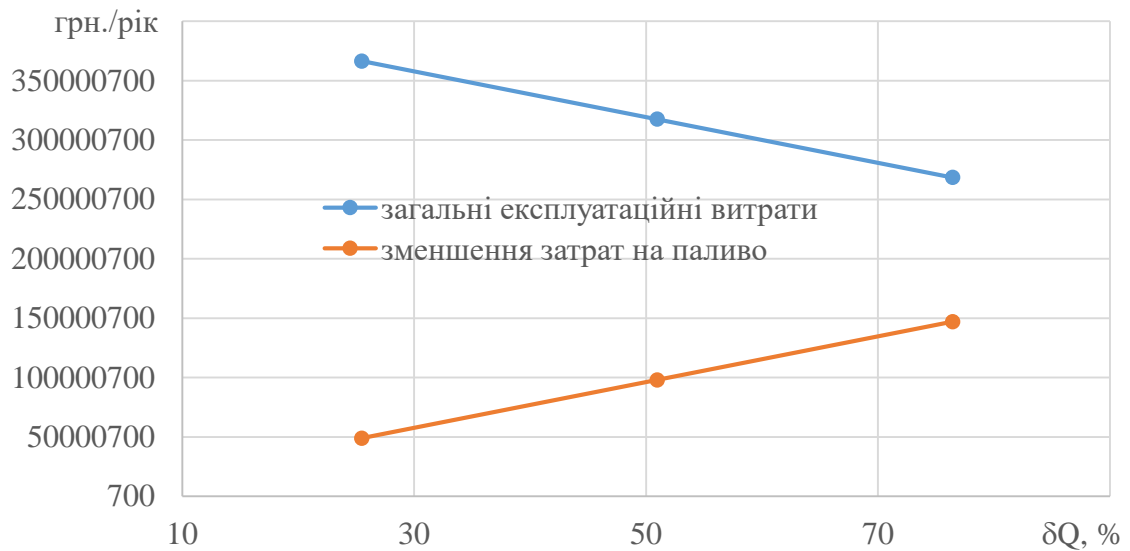


Рисунок 3.1 – Дослідження впливу частки заміщення теплоти біогазом на загальні експлуатаційні витрати та зменшення затрат на паливо

Аналізуючи результати наведені в таблиці 3.1 можна зробити висновки, що заміщення 25% природного газу на ТЕЦ призводить до зменшення експлуатаційних затрат на 11,79%, що в свою чергу сприяє зниженню собівартості виробництва енергії на ТЕЦ цукрового заводу теж на 11,79% (рис. 3.1, рис. 3.2) [3, 4].

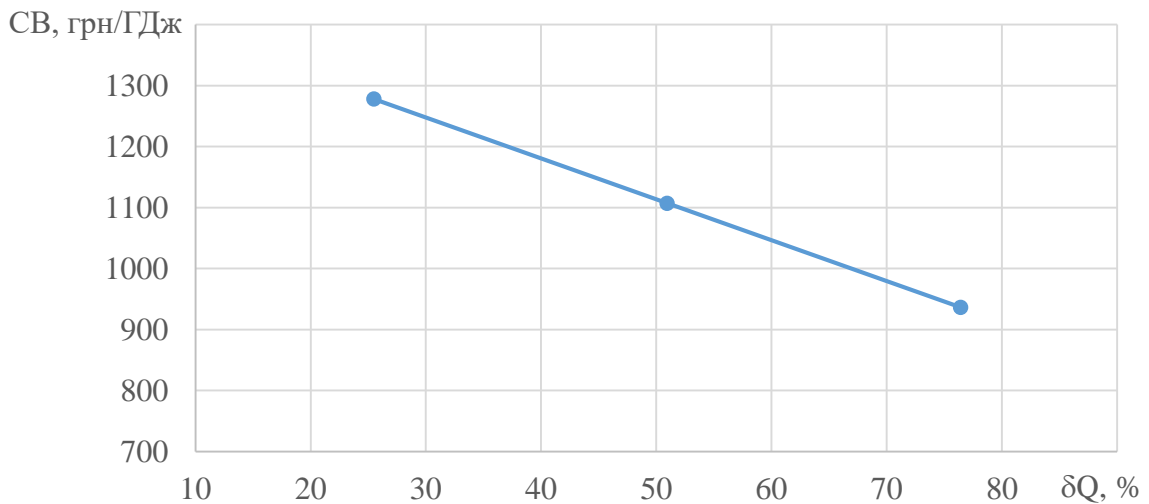


Рисунок 3.2 – Дослідження впливу частки заміщення теплоти біогазом δQ на собівартість виробництва енергії на ТЕЦ (CB)

Збільшення частки заміщення природного газу до 76,4% призведе до зниження експлуатаційних затрат на 35,37% у порівнянні із ТЕЦ на газоподібному паливі.

3.3 Оцінка ефективності впровадження спалювання зрідженого вуглеводневого газу на ТЕЦ цукрового заводу

Варіант 4. В даному випадку розглядається автономна система газопостачання зрідженим вуглеводневим газом пропан-бутан ($Q_{п-б} = 46,8$ МДж/кг) від підземних резервуарів ЗВГ об'ємом 15 м^3 , електричного випарника продуктивністю $Q = 2000$ кг/год для забезпечення паливом парогенератора ДКВР – 20 – 23/370, що відпускає корисну теплоту $Q_{пр} = 15785$ кВт. На теперішній час вартість пропан-бутану на ринку України 46 грн./кг.

Витрата пропан-бутану на парогенератор

$$B_{п-б} = \frac{Q_{пр}}{Q_{п-б} \cdot \eta_{пр}}, \quad (3.42)$$

$$B_{п-б} = \frac{15785}{46800 \cdot 0,907} = 1338,7 (\text{кг/год}),$$

Зменшення споживання природного газу на ТЕЦ

$$\Delta B = \frac{B_{п-б} \cdot Q_{п-б}}{Q_p^p}, \quad (3.43)$$

$$\Delta B = \frac{1338,7 \cdot 46,8}{33} \cdot 24 \cdot 100 = 4556,56 \text{ (тис. м}^3\text{/рік)}.$$

Зменшення затрат на паливо

$$\Delta S_{пал} = \Delta B \cdot Ц - B_{п-б} \cdot Ц_{п-б}, \quad (3.44)$$

$$\Delta S_{пал} = 4556,56 \cdot 37 - 1338,7 \cdot 24 \cdot 100 \cdot 46 = 20,797 \text{ (млн. грн./рік)}.$$

Прийmemo додаткові капіталовкладення у модернізацію $K = 3883296$ грн.

Додаткові амортизаційні відрахування

$$S_A = 0,075 \cdot 3883,3 = 291,25 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Додаткові витрати на ремонт за (6.15)

$$S_p = 0,2 \cdot 291,25 = 58,25 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Додаткові інші витрати за (6.16)

$$S_I^{\text{альт}} = 0,01 \cdot (291,25 + 58,25) = 3,5 \text{ (тис. грн. /рік)}.$$

Загальні експлуатаційні витрати на виробництво енергії на теплоелектроцентралі з використанням пропан-бутану

$$S^{\text{альт}} = S - \Delta S_{\text{пал}} + S_{\text{А}}^{\text{альт}} + S_{\text{р}}^{\text{альт}} + S_{\text{І}}^{\text{альт}}, \quad (3.45)$$

$$S^{\text{альт}} = 415,523 - 20,797 + 0,29125 + 0,05825 + 0,0035 = 415,523 \text{ (млн.грн. /рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти та електроенергії з використанням пропан-бутану в якості палива

$$C_{\text{в}}^{\text{альт}} = \frac{415,523 \cdot 10^6}{245229 + 11520 \cdot 3,6} = 1377,85 \text{ (грн. /ГДж)}.$$

Отже використання зріджених вуглеводневих газів в тепловій схемі теплоелектроцентралі “Юзефо-Миколаївської агропромислової компанії” дозволяє зменшити собівартість виробництва одиниці енергії на

$$(1449,14 - 1377,85) \cdot 100 / 1449,14 = 4,92 \text{ \%}.$$

3.4 Оцінка ефективності впровадження сумісного спалювання зрідженого вуглеводневого газу та біогазу на ТЕЦ цукрового заводу

Варіант 5. Оскільки продуктивності парогенератора ДКВР – 20 – 23/370 для забезпечення потреб цукрового заводу у теплоті не вистачає, тому доцільно розглянути варіант сумісного спалювання біогазу і зрідженого вуглеводневого газу у парогенераторі, оскільки спалювання виключно біогазу є нестабільним і потребує підсвічування.

Згідно розрахунків теплової схеми ТЕЦ цукровий завод потребує 12,44 кг/с (44,784 т/год) пари, парогенератор на зрідженому вуглеводневому газі покриває 20 т/год ($\Delta = 44,66\%$) пароспоживання заводу, інші 24,784 тони

пари пропонується виробляти на двох парогенераторах ДКВР – 15 – 23/370 із використанням технології спалювання біогазу і пропан-бутану, що на даний момент є ще не досить відпрацьованою.

З практичного досвіду на парогенератор, що спалює біогаз $V_{\text{біог}} = 1745 \text{ м}^3/\text{год}$ потребується підсвітка природним газом $V_p = 350 - 400 \text{ м}^3/\text{год}$, що складає 26,2 % продуктивності парогенератора. У першому наближенні приймемо, що при сумісному спалюванні біогазу і ЗВГ потрібне таке ж підсвічування.

Виконаємо розрахунок за залежностями (3.1) – (3.7), результати занесемо у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні порівняння варіантів підвищення ефективності

Показник	Розмір- ність	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Витрата біогазу на ТЕЦ, $V_{\text{біог}}$	$\text{м}^3/\text{год}$	5235	-	3113,14
Витрата пропан-бутану, $V_{\text{п-б}}$	$\text{кг}/\text{год}$	-	1338,73	1338,73
Частка теплоти ТЕЦ, що заміщується теплотою альтернативного палива, δQ	%	76,43	45,19	100
Зменшення споживання природного газу ΔB	тис. $\text{м}^3/\text{рік}$	6859,14	4556,56	10999
Зменшення витрат на паливо	млн. грн./рік	147	20,8	108,21
Капіталовкладення у модернізацію	тис. грн.	300	3883,3	4083,3
Загальні експлуатаційні витрати на виробництво теплоти на ТЕЦ	млн. грн.	268,56	395,08	307,68
Собівартість виробництва енергії на ТЕЦ	грн./ГДж	936,6	1377,85	1073,05

Як видно із аналізу результатів, наведених у табл. 3.2, найбільш економічно доцільним є переведення двох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на сумісне спалювання біогазу і ЗВГ та переведення парогенератора ДКВР – 20 – 23/370 на спалювання ЗВГ в комплексі, оскільки цей варіант має найнижчу собівартість виробництва енергії, хоча і має найвищі капіталовкладення, які окуповуються за 1 сезон навіть за ціни на газ 35 грн./м³.

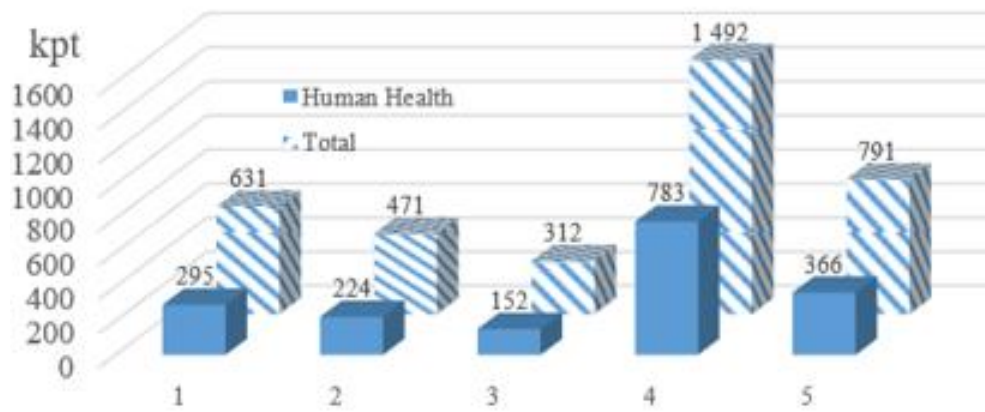
3.5 Оцінка екологічних показників роботи теплоелектроцентралі на різних видах палива

Цукрова промисловість входить до екологічно небезпечних видів діяльності. Тому на даний час екологізація виробництва повинна пов'язуватись із видаленням і нейтралізацією відходів. Є проблеми з утилізацією жому і жомопресової води. Незважаючи на те, що жом може бути використаний для годування тварин, насправді є суттєві проблеми з його логістикою, а під час тривалого зберігання він суттєво забруднює довкілля [20].

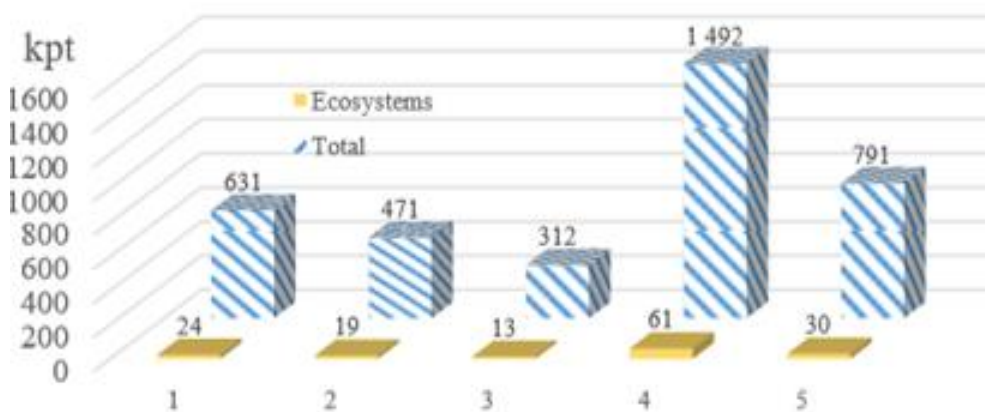
Крім того досить суттєвим забруднювачем повітря є продукти згорання палива на ТЕЦ цукрових заводів.

Зважаючи на перелічені аспекти виробництва цукру прийнято рішення оцінити вказані варіанти організації отримання теплоти на ТЕЦ з екологічної точки зору за допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2. Даний програмний продукт дозволяє дослідити весь біоенергетичний шлях починаючи із вирощування біомаси до використання її в якості палива і застосовує методологію оцінки життєвого циклу (ОЖЦ, LCA). На даному етапі досліджень за розрахунковий період взято 1 рік.

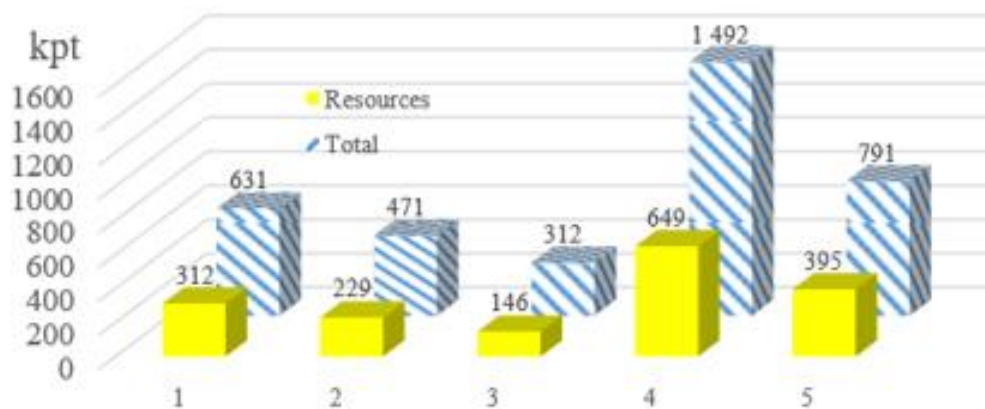
Результати оцінки екологічних показників показано на рис. 3.3.



а)



б)



в)

Рисунок 3.3 – Оцінка впливу на здоров'я людини (а), на якість екосистеми (б), на вичерпання ресурсів (в) та загального впливу (а, б, в) варіантів використання палива на ТЕЦ : 1 – 25,48% заміщення біогазом; 2 – 50,95% заміщення біогазом; 3 – 76,43% заміщення біогазом; 4 – 52,44% заміщення пропан-бутаном; 5 – ТЕЦ на природному газі

Аналізуючи наведені результати можна зробити висновки, що найгірший вплив на здоров'я людей, на якість екосистеми і вичерпання ресурсів має варіант заміщення пропан-бутаном природного газу на 52,44 %, а заміщення природного газу біогазом на 25,48...76,43% призводить до покращення екологічних показників на 20,2...60,6 %. А отже доцільний варіант з економічної та екологічної точки зору є переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу у суміші з природним газом.

3.6 Висновок до розділу 3

Розглянуті варіанти заміщення природного газу на ТЕЦ: переведення одного парогенератора типу ДКВР на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом, що заміщує 25,48 % виробництва теплоти; переведення двох парогенераторів типу ДКВР на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом, що заміщує 50,95 % виробництва теплоти; переведення трьох парогенераторів типу ДКВР на спалювання біогазу з підсвічуванням природним газом, що заміщує 76,43 % виробництва теплоти, автономна система газопостачання зрідженим вуглеводневим газом пропан-бутан для забезпечення паливом парогенератора ДКВР – 20 – 23/370 та сумісне спалювання біогазу і зрідженого вуглеводневого газу у парогенераторах.

Виявлено, що у випадку використання вказаних варіантів собівартість відпущеної енергії складе відповідно: 1278,3 грн./ГДж; 1107,4 грн./ГДж; 936,6 грн./ГДж, 1377,85 грн./ГДж, 1073,05 грн./ГДж (зріз цін на енергоносії – листопад 2022 р.). Тобто із збільшенням частки заміщення природного газу на біогаз з 25,48 % до 76,43% призводить до зменшення експлуатаційних витрат для виробництва теплоти на ТЕЦ цукрового заводу на 35,37 % та вирішує проблему утилізації токсичних відходів. Переведення частини парогенераторів на спалювання пропан-бутану та пропан-бутану сумісно із біогазом має значні капіталовкладення і порівняно низький економічний ефект. Тому найбільш доцільний варіант є переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з природним газом з часткою заміщення природного газу 76,43%.

За результатами оцінки екологічних показників протягом життєвого циклу встановлено, що заміщення природного газу біогазом на 25,48...76,43% призводить до покращення сумарних екологічних показників на 20,2...60,6%. А отже доцільний варіант з економічної та екологічної точки зору є переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу у суміші з природним газом.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Автоматизація парогенератора ДКВР 20-23/395

Вибрані засоби автоматизації занесені в перелік елементів до функціональної схеми автоматизації. Частина підібраних засобів автоматизації і їх технічні характеристики показані в даному підрозділі.

4.1.1 Контролери

Для керування роботою котла вибираємо програмований логічний контролер Schneider Electric Modicon TM251MESE.

Промислові контролери Modicon TM251 – це рішення для модульних машин і розподілених архітектур, які мають малі габарити і оптимізують розмір шаф управління, які можуть монтуватися на стіні або підлозі.

Технічні характеристики [30].

Обчислювальна потужність:

Швидкість виконання: 22 мкс/інструкція типу boolean (логічні).

Програма: 128 К інструкцій типу boolean (логічні).

Процесор: DualCore.

ОЗП: 64 Мб.

Флеш-пам'ять: 128 Мб.

Кількість входів/виходів – 16.

Перетворювачі частоти і пристрої віддаленого введення-виведення підключаються до шини CANopen або до мережі Ethernet. Порти Ethernet, які вбудовані в кожний контролер M251, дозволяють використовувати функції FTP і Web-сервери, що спрощує інтеграцію архітектур керування і віддаленого доступу до машин за допомогою додатків для смартфонів, планшетів і ПК.

Контролери Modicon M251 не оснащені вбудованими входами/виходами, але сумісні з модулями розширення введення-виведення Modicon TM3.

Логічні контролери Modicon M251 програмуються за допомогою програмного забезпечення SoMachine.

4.1.2 Вимірювання температури

Для вимірювання температури води, пари та газів вибираємо термометри опору типу ТСП-1088 платинові, які призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ в різних галузях промисловості.

Вибираємо наступні типи термометрів опору для вимірювання температури:

води – ТСП-1088-Pt100-B-3-120-70-P2 /-50..+500/;

пари – ТСП-1088-Pt100-B-3-150-70-P2 /-50..+500/;

димових газів – ТСП-1088-Pt100-B-3-500-70-P2 /-50..+500/.

Технічні характеристики [31].

Умовне позначення – 10П, 50П, 100П, 500П, Pt50, Pt100, Pt500, Pt1000.

Діапазон температур вимірювання, °С – до 500.

Клас допуску – А, В.

Кількість чутливих елементів – 1 або 2.

Умовний тиск P_u , МПа – 0,4, 6,3, 10.

Матеріал захисної арматури – 12Х18Н10Т, Х23Ю5.

Довжина монтажної частини: 80; 100; 120; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150мм.

4.1.3 Вимірювання тиску

Для вимірювання тиску вибираємо перетворювачі Aplisens. Перетворювачі тиску Aplisens призначені для вимірювання абсолютного, надлишкового і вакуумметричного тисків пари, газів, і рідин (в тому числі, агресивних речовин) і перетворення вимірюваного тиску в уніфікований аналоговий вихідний си-

гнал постійного струму 4 ... 20 мА. Вимірювальним елементом є п'єзорезистивна кремнієва монолітна структура, вбудована в приймач тиску, що відділений від вимірюваного середовища роздільною мембраною і заповнений спеціальною манометричною рідиною.

Технічні характеристики [32].

Межі вимірювань тиску: від -0,1 до 100 МПа.

Діапазон температур вимірюваного середовища – 50...+85 °С.

Діапазон температур навколишнього середовища – 50...+120 °С.

Вихідний сигнал: (4 ÷ 20) мА або (0 ÷ 10) В.

Іскробезпечне виконання 0ExiaIICT6X.

Датчик тиску має невелику масу і монтується безпосередньо на об'єкті. Застосування спеціального манометричного вентиля перед перетворювачем полегшує монтаж, допомагає під час коригування нуля і обнулення або під час заміни перетворювача під час роботи об'єкта. У разі вимірювань тиску пари або інших гарячих середовищ необхідно використовувати імпульсну або сільфонну трубку.

Для вимірювання тиску пари вибираємо тип перетворювача тиску РС-28/0...4 МПа/PD/М – 2 шт, а для вимірювання тиску газу тип перетворювача тиску РС-28/0...50 кПа/PD/М – 2 шт.

4.1.4 Вимірювання перепаду тисків газів

Для вимірювання розрідження в топці котла вибираємо перетворювачі Aplisens типу PR-50G/-125...125//4...20mA/PCV/. Датчики перепаду тисків газів PR-50G призначені для вимірювання перепаду тиску, вакуумметричного тиску, а також перепаду тиску неагресивних газів.

Типовим застосуванням датчиків є вимірювання перепаду тисків поривів, тяги димовідводів або перепаду тиску (також вакуумметричного тиску) в камерах згоряння. Конструкція датчика допускає перевантаження датчика до

100 кПа. Електронна система датчика знаходиться в корпусі зі ступенем захисту IP 54 [33].

Технічні характеристики.

Діапазон вимірювань – від 0 ... 25 Па до -16 ... 16 Па.

Діапазон температур вимірюваного середовища – 5...+50 °С.

Діапазон температур навколишнього середовища – -25...+80 °С.

Вихідний сигнал – 4 ... 20 мА, двохпровідна лінія зв'язку; 0...10 В, трьохпровідна лінія зв'язку.

Напруга живлення – 10...39 В двохпровідна лінія зв'язку; 13...39 В, трьохпровідна лінія зв'язку.

4.1.5 Вимірювання витрати

Вимірювання витрати пари.

Для вимірювання витрати пари потрібно підібрати звужуючий притсрій, посудину конденсаційну та датчик різниці тисків.

Виберемо звужуючий пристрій – діафрагму, яка являє собою тонкий диск з циліндричним отвором, який має зі сторони входу потоку гостру кромку, а зі сторони виходу – конус.

Діафрагма – це пристрій, який призначений для вимірювання витрати рідини, газу або пари, в основу якого покладено принцип вимірювання змінного перепаду тиску. Для вимірювання витрати крім камерної діафрагми потрібний пристрій, який на основі перепадів тиску буде вимірювати витрату.

Принцип дій такої схеми наступний: в трубопровод встановлюється камерна діафрагма ДКС, яка створює звуження потоку рідини або газу. Через зменшення проходного отвору частина потенційної енергії потоку перетворюється в кінетичну, швидкість потоку зменшується, і тиск після звужувального пристрою (камерна діафрагма) стає меншим, ніж до нього. На основі різниці показань тиску і вираховується витрата. Чим більша різниця тисків, тим більша витрата.

Для вимірювання витрати пари виберемо звужуючий пристрій ДКС 25-200 А/Б-1 за ДСТУ 8.586.1-2-2009 в комплекті з фланцевим з'єднанням та вентилями [34], яка працюватиме в комплекті з перетворювачем тиску PR-28/0...63 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U.

Технічні характеристики.

Умовний тиск P_y – 2,5 МПа.

Умовний прохід D_u – 200 мм.

Матеріал – корпус камери Сталь 20, диск – Сталь 12Х18Н10Т.

Виконання камери – камера з впадиною.

Посудина вирівнювальна конденсаційна.

Посудини вирівнювальні конденсаційні призначені для підтримання постійного рівня конденсату в системі вимірювання витрати перегрітої водяної пари. Для системи вимірювання витрати перегрітої пари з парогенератора вибираємо посудину СК-4-А [35].

Технічні характеристики.

Умовний тиск – до -4МПа.

Діапазон температур робочого тиску – +1...+350 °С.

Маса – не більше 5,2 кг.

Матеріал – Сталь 20.

Датчики різниці тисків.

Для вимірювання різниці тисків вибираємо перетворювачі перепаду тиску PR-28. Перетворювач PR-28 призначений для вимірювань різниці тисків газів, парів і рідин. Вимірювальним елементом є п'єзорезистивна монолітно кремнієва структура, вбудована в приймач тисків, який відокремлений від вимірюваного середовища розділовими мембранами і заповнений спеціальною рідиною.

Технічні характеристики [36].

Вихідний сигнал: – 4...20 мА.

Вибухозахист Ga/GbExiaIICT4/T5/T6 X.

Ширина діапазону вимірювань тиску – від $(0 \div 1,6)$ кПа до $(0 \div 2,5)$ МПа.

Діапазон температур вимірюваного середовища – $50 \dots +85$ °С.

Діапазон температур навколишнього середовища – $50 \dots +120$ °С.

Для вимірювання витрати газу вибираємо тип перетворювача тиску PR-28/0...4 кПа/PD/C/VM-3/A/2/U – 2 шт; для вимірювання витрати газу PR-28/0...4 кПа/PD/C/VM-3/A/2/U – 1 шт; для витрати пари – PR-28/0...63 кПа/PD/C/VM-3/A/2/U – 1 шт; для витрати води – PR-28/0...100кПа/PD/C/VM-3/A/2/U – 1 шт.

Вимірювання витрати живильної води.

Для вимірювання витрати живильної води вибираємо звужуючий пристрій ДКС 40-80 А/Б-1 ДСТУ 8.586.1-2-2009 в комплекті з фланцевим з'єднанням та вентилями [37], яка працюватиме в комплекті з перетворювачем тиску PR-28/0...100кПа/PD/C/VM-3/A/2/U.

Технічні характеристики.

Умовний тиск P_y – 4,0 МПа.

Умовний прохід D_u – 80 мм.

Матеріал – корпус камери Сталь 20, диск – Сталь 12X18H10T.

Виконання камери – камера з впадиною.

Вимірювання тиску в барабані котла.

Для вимірювання тиску в барабані котла вибираємо посудину вирівнювальну СУ5423, 16МПа з вентилями [38]. Посудини вирівнювальні двокамерні типорозмірів 5412, 5423, 5424 призначені для вимірювання рівня рідини в барабанах парових котлів з метою запобігання впливу стовпа рідини у з'єднувальному трубопроводі на результат вимірювання.

Технічні характеристики.

Умовний тиск – до 25 МПа.

Діапазон температур робочого тиску – +1...+350 °С.

Маса – не більше 18 кг, матеріал – Сталь 20.

4.1.6 Контроль полум'я

Автомат контролю полум'я IFW 15 використовується для виявлення і контролю полум'я іонізаційним електродом або фотодатчиком. Автоматична робота здійснюється разом з автоматами керування пальниками IFS. Може також застосовуватися автономно, коли не потрібно повністю автоматичний контроль.

Технічні характеристики:

Напруга живлення – 230 В, 115 В для заземлених і незаземлених мереж.

Споживана потужність – 12 ВА.

Напруга на іонізаційному електроді – 230 В.

Струм іонізації – > 1 мкА.

Вихідний сигнал – потенційно вільні контакти: 1 нормально замкнутий і 1 нормально розімкнутий.

Контактне навантаження – макс. 2 А.

Сигналізація полум'я – лампочка в корпусі.

Фотодатчик UVS 10D0G1 для автомату керування пальником IFS.

Ультрафіолетовий датчик полум'я Kromschroder UVS 10D0G1. Ультрафіолетовий датчик полум'я UVS використовується в якості чутливого фотоелемента тільки сумісно з автоматами керування пальниками типу IFS, IFD, BCU або блоком контролю полум'я IFW для контролю газових пальників [39].

Технічні характеристики UVS10.

Напруга живлення – 220 В, 59 Гц.

Відстань від УФ датчика до полум'я.

Ультрафіолетова комірка – P578.

Спектральний діапазон – 190...270 нм.

Максимальна чутливість – 210 ± 10 нм.

Ступінь захисту – IP 40 (UVS 1, UVS 5), IP 55 (UVS 6), IP 65 (UVS 10).

Мінімальна сила постійного струму – $1 \mu\text{A}$.

Термін роботи датчика – около 10 000 робочих часів (по окончании этого периода фотоэлемент должен быть заменен).

Робоча температура – від -40 до $+80$ °С.

4.1.7 Контроль вмісту кисню у відхідних газах

Для регулювання економічністю котла з корегуючим сигналом по O_2 виберемо газоаналізатор стаціонарний ОКСИ 5С- O_2/CO , який використовується для моніторингу і керування процесами горіння в котлах, печах та іншому обладнанні для спалювання палива для підтримання оптимального процесу згорання палива з максимальним для даного режиму ККД і мінімальними викидами в атмосферу CO і NO . Газоаналізатор вимірює об'ємну концентрацію O_2 і CO в димових газах спалювального обладнання.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики [40]

Компонент, що вимірюється	Тип датчика	Діапазон вимірювань	$I_{\text{вих}}$
O_2	твердотілий	0,1-5% або 0,1-10%	0-5 (4-20)mA
	рідкий електроліт	0-21%	0-5 (4-20)mA
CO	рідкий електроліт	(0-500) (0-1000) ppm	0-5 (4-20)mA
$\text{O}_2 + \text{CO}$	O_2 твердотілий або рід. електроліт, CO – рід. електроліт	в зависимости от типа датчика	0-5 (4-20)mA

4.1.8 Контроль і сигналізація тиску газу та повітря

Датчик-реле тиску газу (прессостат) DG 500U-3 Kromschroder (Honeywell) призначений для контролю і сигналізації тиску газу і повітря (надлишкового, розрідження і диференціального тиску).

Технічні характеристики [41]

Точка спрацювання налаштовується за допомогою ручного коліщатка.

Діапазон налаштування: 100-500 mbar.

Макс. роб. тиск: 600 mbar (60 кПа).

Підключення: G1/4.

Температура навколишнього середовища: $-20 \div +80$ °C.

Степінь захисту: IP54.

Вибираємо датчик-реле тиску газу DG 150U-3 – 1 шт і датчик-реле тиску газу DG 500U-3 – 2 шт.

Датчик-реле тиску повітря (пресостат) DL 1E Kromschroder (Honeywell) використовується для контролю тяги в димоходах та в інших випадках, з діапазонами тисків близькими до нуля, зокрема, в лабораторних вимірюваннях.

Технічні характеристики [42].

Діапазон налаштування: -0,5 - 1,5 mbar

Макс. роб. тиск: 50 mbar (5 кПа)

Підключення: G1/4 + штуцери под силиконову трубку Ø 6 мм

Температура навколишнього середовища: $-20 \div +80$ °C

Степінь захисту: IP 10

Вибираємо датчики-реле тиску повітря DL 50E-1 – 1 шт, і DL 1,5A – 1 шт.

4.1.9 Контроль і сигналізація рівня

Для контролю рівня води в барабані виберемо реле контролю рівня рідини 3-х канальне РСУ-31.

Реле контролю рівня рідини 3-х канальне призначене для сигналізації і керування рівнем рідини з високою і низькою електричною провідністю у відкритих або закритих резервуарах [43].

Застосовується для регулювання рівня резервуарів з питною водою, молоком, відстійників стоків та ін.

Містить три незалежних канали, які дозволяють сигналізувати або регулювати відповідні рівні рідин в одному, двох або трьох резервуарах.

Налаштовується логіка роботи кожного каналу.

4.2 Технологія монтажу паропроводів на теплоелектроцентралі

4.2.1 Аналіз об'єкту, який підлягає монтажу

В магістерській кваліфікаційній роботі розробляється технологія монтажу паропроводів «гострої пари» від п'яти парогенераторів до парозбірного колектора і самого парозбірного колектора на ТЕЦ ТОВ «Юзефо-Миколаївська АПК». Виробництво пари на цукровому заводі здійснюється за допомогою чотирьох парогенераторів (ст. №1, ст. №2, ст. №3, ст. №4) ДКВр-15-23-380 та одного парогенератора (ст. №5) ДКВр-20-23-395.

Робочі параметри паропроводів, що монтується, становлять : тиск $P_{\text{роб}} = 23 \text{ кгс/см}^2$; температура $t_{1-4} = 380 \text{ }^\circ\text{C}$ та $t_5 = 390 \text{ }^\circ\text{C}$.

Паропроводи мають категорію II згідно з [44].

Згідно із проектною документацією труби паропроводу від парогенераторів ст. №1, ст. №2, ст. №3, ст. №4 виконані із труб $\varnothing 159 \times 6,0$ згідно ТУ 14-3-460-2009, сталь 20 ДСТУ 7809:2015, а також від парогенератора ст. №5 із труб $\varnothing 219 \times 10,0$.

Кріплення паропроводів до металокострукцій ферми здійснюється за допомогою пружинних та жорстких підвісок.

Проектом передбачено заміна старого парозбірного колектора $\varnothing 273$ на новий $\varnothing 325 \times 32$.

Парозбірний колектора має одну нерухому опору виконану за 29 ОСТ 34-10-618-93 та чотири рухомих опори, виконані за 29 ОСТ 34-10-623-93.

Теплова ізоляція запроектована із скарлуп вапняно-кремнеземистих згідно [45] та матів мінераловатних [46]. Покрівельний шар – сталь тонколистова оцинкована, товщиною 0,8 мм.

Запобіжні клапана парогенераторів ст.№1, ст.№2, ст.№3, ст.№4 існуючі, влаштувати до засувки на паропроводах біля котлів. Запобіжний клапан котла ст.№5 постачається із котлом.

Діафрагми камерні ДКС-10-150 паропроводів котлів ст.№1, ст.№2, ст.№3, ст.№4 існуючі.

Зварювання та контроль трубопроводів повинен відповідати вимогам РД 34.15.027.

Величина пробного тиску для гідравлічних випробувань складає $1,25 P_{роб.} = 28,75 \text{ кгс/см}^2$. Для гідравлічного випробування слід застосовувати воду з температурою не нижче $+5^\circ\text{C}$ та не вище 40°C . Тиск в трубопроводі слід підвищувати плавно. Час витримки трубопроводу та його елементів під пробним тиском повинен бути не менше 10 хв.

Даним проектом не передбачено робіт з демонтажу старих паропроводів і парозбірного колектора.

4.2.2 Визначення об'ємів робіт для монтажу системи паропроводів

1. Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 19415,73 кг. Приймаємо об'єм $V = 19,42$.

2. Розмітка місць прокладання паропроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі паропроводів складає $L = 231$ м. Приймаємо $V = 2,31$.

3. Монтаж парозбірного колектора. Одиниці вимірювання – 1 шт. Встановлюється 1 парозбірний колектор. Отже, приймаємо $V = 1$.

4. Прокладання трубопроводів $\varnothing 219 \times 10,0$ мм та згинів. Одиниці вимірювання - т. Загальна маса трубопроводів та їх елементів складає 738,42 кг, отже, приймаємо $V = 0,738$.

5. Встановлення запірних фланцевих клапанів 15с22нж Ду200, Ру40. Одиниці вимірювання – 10 шт. На паропроводах встановлюється 2 клапани. Отже $V = 0,2$.

6. Прокладання трубопроводів $\varnothing 159 \times 6,0$ мм та згинів. Одиниці вимірювання - т. Загальна маса трубопроводів та їх елементів складає 3636,24 кг, отже, приймаємо $V = 3,636$.

7. Встановлення запірних фланцевих клапанів 15с22нж Ду150, Ру40. Одиниці вимірювання – 10 шт. На паропроводах встановлюється 8 клапанів. Отже $V = 0,8$.

8. Прокладання трубопроводів $\varnothing 28 \times 3,0$ мм. Одиниці вимірювання - т. Загальна маса трубопроводів та їх елементів складає 92,5 кг, отже, приймаємо $V = 0,093$.

9. Встановлення запірних клапанів і регулюючих гольчатих вентилів під приварку Ду20 та Ду20/18, Ру100. Одиниці вимірювання – 10 шт. На паропроводах встановлюється 20 запірних клапанів і регулюючих гольчатих вентилів. Отже $V = 2$.

10. Прокладання трубопроводів $\varnothing 16 \times 2,0$ мм. Одиниці вимірювання - т. Загальна маса трубопроводів та їх елементів складає 17,25 кг, отже, приймаємо $V = 0,017$.

11. Встановлення клапанів регулюючих гольчатих під приварку Ду10, Ру100. Одиниці вимірювання – 10 шт. На паропроводах встановлюється 10 клапанів регулюючих гольчатих. Отже $V = 1$.

12. Гідравлічне випробовування паропроводів. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Загальна довжина трубопроводів становить: 231 м. Отже, $V=2,31$.

13. Теплова ізоляція парозбірного колектора перліто-цементними сегментами $\delta = 100$ мм. Одиниці вимірювання - м^3 . Влаштовують $1,4 \text{ м}^3$ теплової ізоляції. Отже, $V=1,4$.

14. Теплова ізоляція парозбірного колектора мінераловатними матами $\delta = 55$ мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Влаштовують теплову ізоляцію на 8,5 м колектора. Отже, $V=8,5$.

15. Теплова ізоляція трубопроводу $\varnothing 219$ та $\varnothing 159$ шкарлупами вапняно-кремнеземистими товщиною 75 мм та 70 мм відповідно. Одиниці вимірювання - м^3 . Влаштовують $10,5 \text{ м}^3$ теплової ізоляції. Отже, $V=10,5$.

16. Теплова ізоляція трубопроводу $\varnothing 219$ та $\varnothing 159$ мінераловатними матами товщиною 55 мм і 60 мм відповідно. Одиниці вимірювання – 10 м. Влаштовують теплову ізоляцію на 156 м трубопроводів. Отже, $V=15,6$.

17. Теплова ізоляція трубопроводів $\varnothing 28$ та $\varnothing 16$ мм азбестовим шнуром $\delta = 25$ мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Влаштовують теплову ізоляцію на 75 м трубопроводів. Отже, $V=7,5$.

18. Робоча перевірка системи в цілому і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в 100 метрах. Загальна довжина трубопроводів становить: 231 м. Отже, $V=2,31$.

19. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса усіх деталей 1097,39 кг. Приймаємо об'єм $V=1,1$.

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

Після аналізу складових елементів системи паропроводів теплоелектроцентралі складено перелік основних та допоміжних виробів та матеріалів, що наведенні у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Комплектувальна відомість основного обладнання

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Паропровід від парогенератора ст. №5 до парозбірного колектора					
1	Клапан запірний фланцевий 15с22нж Ду200, Ру40	шт	2	167,0	334
2	Прилад контролю БК-590287	шт	1	15,0	15,0
3	Клапан запірний 999-20-0 з Ду20, Ру100	шт	3	5,3	15,9
4	Вентиль регулюючий ігольчатий 1032-20-0 з Ду20/18, Ру100	шт	1	5,4	5,4
5	Клапан регулюючий ігольчатий під приварку 10с-1 з Ду10, Ру100	шт	2	1,0	2,0
6	Діафрагма ДСК-10-200-1 з Ду200	шт	1	109,2	109,2
7	Труба сталевая безшовна Ø219x10,0, 20ГОСТ 1050-88	м	12	55,21	662,52
8	Труба сталевая безшовна Ø28x3,0, 20ГОСТ 1050-88	м	10	1,85	18,5
9	Труба сталевая безшовна Ø16x2,0, 20ГОСТ 1050-88	м	5	0,69	3,45
10	Згин 90° Ø219x10,0, 20ГОСТ 1050-88 (ДСТУ ГОСТ 17375-2003)	шт	3	25,3	75,9
11	Фланець 1-200-40 ГОСТ 12821-80	шт	4	24,44	97,76
12	Фланець 2-200-40 ГОСТ 12821-80	шт	2	24,00	48
13	Шпилька БМ27x150 55 35.ІІ.2 ГОСТ 9066-75	шт	48	0,603	28,94
14	Шпилька БМ27x230 55 35.ІІ.2 ГОСТ 9066-75	шт	24	0,964	23,14
15	Гайка АМ27 25.ІІ.0.26 ГОСТ 9064-75	шт	144	0,19	27,36
16	Шайба 27 20.ІІ.3 ГОСТ 9065-75	шт	144	0,05	7,2
17	Пароніт ПОН 1x300x400 ГОСТ 481-80	м ²	1,5	4,0	6

Продовження таб. 4.2

1	2	3	4	5	6
18	Куттик 6×63×63 ГОСТ 8509-93	м	1	5,72	5,72
19	Швелер 10ГОСТ 8240-89	м	1	8,59	8,59
Паропровід від парогенераторів ст. №1 – ст. №4 до парозбірного колектора та з парозбірного колектора на РОУ					
20	Клапан запірний фланцевий 15с22нж Ду150, Ру40	шт	8	105	840
21	Прилад контролю БК-590287	шт	4	15,0	60,0
22	Клапан запірний 999-20-0 з Ду20, Ру100	шт	12	5,3	63,6
23	Вентиль регулюючий ігольчатий 1032-20-0 з Ду20/18, Ру100	шт	4	5,4	21,6
24	Клапан регулюючий ігольчатий під приварку 10с-1 з Ду10, Ру100	шт	8	1,0	8,0
25	Діафрагма ДСК-10-150-1 з Ду150	шт	4	66,4	265,6
26	Труба сталевая безшовна Ø159х6,0, 20ГОСТ 1050-88	м	144	24,26	3493,44
27	Труба сталевая безшовна Ø28х3,0, 20ГОСТ 1050-88	м	40	1,85	74
28	Труба сталевая безшовна Ø16х2,0, 20ГОСТ 1050-88	м	20	0,69	13,8
29	Згин 90° Ø159х6,0, 20ГОСТ 1050-88 (ДСТУ ГОСТ 17375-2003)	шт	17	8,4	142,8
30	Фланець 1-150-40 ГОСТ 12821-80	шт	16	13,03	208,48
31	Фланець 2-150-40 ГОСТ 12821-80	шт	8	13,2	105,6
32	Шпилька БМ24х130 48 35.ІІ.2 ГОСТ 9066-75	шт	128	0,407	52,1
33	Шпилька БМ24х210 58 35.ІІ.2 ГОСТ 9066-75	шт	64	0,691	44,22
34	Гайка АМ24 25.ІІ.0.26 ГОСТ 9064-75	шт	384	0,13	49,92
35	Шайба 24 20.ІІ.3 ГОСТ 9065-75	шт	384	0,03	11,52
36	Пароніт ПОН 1х300х400 ГОСТ 481-80	м2	6	4,0	24

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
37	Кутик 6×63×63 ГОСТ 8509-93	м	4	5,72	22,88
38	Швелер 10ГОСТ 8240-89	м	4	8,59	34,36
39	Парозбірний колектор Ø325×32, L = 8,5 м	шт.	1	1965,42	1965,42
Підвіски пружинні і жорсткі					
40	Блок пружинний 01 ОСТ 34-10-743-93	шт	1	9,9	9,9
41	Блок пружинний 02 ОСТ 34-10-743-93	шт	1	11,1	11,1
42	Блок пружинний 03 ОСТ 34-10-743-93	шт	5	20,8	104
43	Блок пружинний 04 ОСТ 34-10-743-93	шт	1	22,6	22,6
44	Блок пружинний 13 ОСТ 34-10-743-93	шт	1	8,0	8,0
45	Блок пружинний 14 ОСТ 34-10-743-93	шт	10	8,6	86,0
46	Блок пружинний 15 ОСТ 34-10-743-93	шт	8	15,9	127,2
47	Хомут для горизонтального трубоп- роводу Ø159 11 ОСТ 34-10-735-93	шт	10	2,1	21,0
48	Хомут для вертикальних трубопро- водів Ø159 11 ОСТ 34-10-736-93	шт	2	9,1	18,2
49	Блок підвіски хомутовий з муфтою Ø159 11 ОСТ 34-10-725-93	шт	18	6,0	108
50	Блок підвіски хомутовий з муфтою Ø219 11 ОСТ 34-10-725-93	шт	3	6,0	18
51	Сережка 01 ОСТ 34-10-730-93	шт	4	0,39	1,56
52	Сережка 02 ОСТ 34-10-730-93	шт	10	0,92	9,2
53	Тяга різьбова з муфтою 01 ОСТ 34-10-739-93	шт	10	1,2	12
54	Гладка тяга 2-01 ОСТ 34-10-729-93	шт	4	0,17	0,68
55	Гладка тяга 2-07 ОСТ 34-10-729-93	шт	2	1,24	2,48
56	Гладка тяга 2-08 ОСТ 34-10-729-93	шт	3	1,48	4,44
57	Гладка тяга 2-09 ОСТ 34-10-729-93	шт	4	1,6	6,4

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
58	Гладка тяга 2-10 ОСТ 34-10-729-93	шт	1	1,78	1,78
59	Гладка тяга 2-33 ОСТ 34-10-729-93	шт	3	0,94	2,82
60	Гладка тяга 2-34 ОСТ 34-10-729-93	шт	2	1,26	2,52
61	Гладка тяга 2-35 ОСТ 34-10-729-93	шт	5	1,57	7,85
62	Гладка тяга 2-36 ОСТ 34-10-729-93	шт	5	1,89	9,45
63	Гладка тяга 2-37 ОСТ 34-10-729-93	шт	2	2,21	4,42
64	Гладка тяга 2-38 ОСТ 34-10-729-93	шт	3	2,52	7,56
65	Провушина 1-01 ОСТ 34-10-733-93	шт	12	0,8	9,6
66	Провушина 1-02 ОСТ 34-10-733-93	шт	21	2,2	46,2
67	Вушко 1-01 ОСТ 34-10-729-93	шт	38	0,12	4,56
68	Вушко 1-02 ОСТ 34-10-729-93	шт	73	0,28	20,44
69	Балка опорна 02 ОСТ 34-10-737-93	шт	2	10,7	21,4
Опори					
70	Опора хомутова нерухома 325 29 ОСТ 34-10-618-93	шт.	1	29,0	29,0
71	Лист 400×400 мм, $\delta = 20$ мм ГОСТ 19903-74	шт.	1	25,1	25,1
72	Опора ковзна направляюча 325 29 ОСТ 34-10-623-93	шт.	4	23,8	95,2
73	Лист 550×450 мм, $\delta = 20$ мм ГОСТ 19903-74	шт.	4	38,9	155,6
Теплова ізоляція					
74	Сегменти перліто-цементні для тру- бопроводу $\varnothing 325$ $\delta = 100$ мм ДСТУ Б А.1.1-19-94	м ² (м ³)	14,0 (1,4)	112	156,8
75	Мати мінераловатні $\delta = 55$ мм МЗ-100-1000-500-60, К=1,1 ДСТУ Б.В.2.7-98-2000,	м ² (м ³)	35,6 (2,13)	100	230
76	Сталь тонколистова оцинкована $\delta = 0,8$ мм	м ²	225,1	6,48	1458,65

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
77	Шкарлупи вапняно-кремнеземисті для трубопроводу Ø219 [45], $\delta = 75$ мм	м ² (м ³)	13,9 (1,04)	275	286
78	Шкарлупи вапняно-кремнеземисті для трубопроводу Ø159 [45], $\delta = 70$ мм	м ² (м ³)	135,2 (9,46)	275	2601,5
79	Мати мінераловатні $\delta = 60$ мм М3-100-1000-500-60, К=1,0 [46],	м ² (м ³)	189,5 (11,4)	100	1140
80	Азбестовий шнур $\delta = 25$ мм	м ² (м ³)	17,4 (0,44)	500	440
81	Азбестовий пухшнур $\delta = 25$ мм	м ² (м ³)	20,1 (0,5)	500	250
81	Сталь тонколистова оцинкована $\delta = 0,7$ мм	м ²	20,1+5,2	5,7	144,21

Таблиця 4.3. Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Для монтажу трубопроводів [47]					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,738 3,636	0,007 0,006	26,98
2	Дріт зварний легований, діаметр 22 мм	т	0,093 0,017	0,0023	0,25
3	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	0,2794-0,738 0,3302-3,636 1,19-0,093 2,01-0,017	0,36	0,72
4	Пароніт	т	0,738 3,636 0,093 0,017	0,002 0,003 0,008 0,01	13,3
Для монтажу клапанів запірних фланцевих [47]					
5	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 – [14] мм	т	0,2 0,8	0,62 0,37	420
6	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,2 0,8	3,5 2,3	2,54

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6
Для монтажу клапанів запірних та клапанів та вентилів регулюючих з Ру100 [47]					
7	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	3	0,0008	2,4
8	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	3·0,3302	0,36	0,36
Для монтажу парозбірного колектора [48]					
9	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	3	0,00124	3,72
10	Оліфа натуральна	кг	3	0,02	0,06
11	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	3	0,00002	108
12	Прядиво лляне	т	3	0,00005	0,15
Для ізоляції трубопроводів скарлупами вапняно-кремнеземистими [49]					
13	Поковки із квадратних заготовок, маса 2,825 кг	т	10,5	0,00334	35,07
14	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 1,6 мм	т	10,5	0,00027	2,84
15	Мастика вапняно-кремнеземиста	м ³	10,5	0,015	220,5
16	Тканина скляна ізоляційна, марки И-200, товщина 0,2 мм	м ²	10,5	3,59	7,92
17	Вода	м ³	10,5	0,007	73,5
Для ізоляції парозбірного колектора сегментами перліто-цементними [49]					
18	Азбест хризолітовий, марка П-3-50	т	1,4	0,11	154
19	Азбест хризолітовий, марка П-5-50	т	1,4	0,04	56
20	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 6,0 – 6,3 мм	т	1,4	0,00109	1,53
21	Сода кальцинована технічна	т	1,4	0,0009	1,26
22	Фольга алюмінієва для технічних потреб м'яка, рулонна, товщина 0,1 мм	т	1,4	0,00006	0,08
23	Портландцемент загальнобудівельного призначення швидкотвердний, марка 500	т	1,4	0,13	182
24	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1,4	0,0004	22,84

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6
25	Фарба БТ-177, срібляста	т	1,4	0,00066	0,92
26	Прокат кутовий рівнополковий із сталі марки 18кл, ширина полок 35-56 мм	т	1,4	0,00235	3,29
27	Пісок перлітовий спучений, розміри зерен 1,25-5 мм, марка 75	м3	1,4	0,5	52,5
28	Вода	т	1,4	0,015	21
29	Скло натрієве рідке каустичне	т	1,4	0,08	112
30	Сталь смужкова	т	1,4	0,00138	1,93
Для ізоляції труб азбестовим шнуром [49]					
31	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 1,6 мм	т	7,5	0,00021	1,58
32	Нитка скляна комплексна	кг	7,5	0,03	0,23
33	Гвинти самонарізні оцинковані	т	7,5	0,00001	0,08
Для ізоляції труб Ø219 та Ø159 мінераловатними матами товщиною 55 мм і 60 мм відповідно [49]					
34	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7×(20-50) мм	т	15,6	0,003	46,8
35	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 1,1 мм	т	15,6	0,00028	4,37
36	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 1,6 мм	т	15,6	0,00051	7,96
37	Сталь листова оцинкована товщина 0,8 мм	кг	15,6	0,69	10,76
38	Пряжки	кг	15,6	0,09	1,4
39	Гвинти самонарізні оцинковані	т	15,6	0,00001	0,16

Загальна маса обладнання та основних матеріалів – 16717,34 кг.

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на прокладання паропроводів складає 1601 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання та інструменту 1097,39 кг.

Загальна маса (для доставки) 19415,73 кг.

4.2.4 Вибір та обґрунтування типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій для монтажних робіт.

Основні та допоміжні матеріали і вироби для монтажу системи паропроводів завозяться централізовано автомобілем Mercedes-Benz Atego 1218 за три заходи, технічні характеристики якого наведені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики автомашини " Mercedes Atego " [50]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Витрата пального	л/100 км	18
Вантажопідйомність	кг	7480
Колісна база	м	4,16
Габарити:		
Довжина		7660
Ширина	мм	2360
Висота		2660
Маса	кг	11990
Паливо		дизель

Для зварювання використовується зварювальний інвертор IGBT Dnipro-M SAB-17DFB [51]. Його технічні характеристики:

- максимальна споживана потужність, кВА – 7,2;
- сила струму, А – 20 – 175 ;
- напруга мережі, В – 230 (± 10) ;
- діаметр електроду, мм - 1,6 – 5 ;
- коефіцієнт корисної дії, % - 92;
- маса – 4,1 кг.

Для монтажу трубопроводів і виготовлення вузлів застосовується кутова шліфмашина Dnipro-M GL-190S [52], що має наступні технічні характеристики:

- діаметр круга 180 мм;
- потужність 1650 Вт;
- частота обертання 2500 – 8500 об/хв;
- номінальна напруга – 220 – 230 В (50 Гц);
- маса 4,24 кг.

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо електричний опресувальник DSY60 [53], його характеристики наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5– Технічні характеристики компресора DSY60 [53]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Робочий тиск	бар	60
Номінальна пропускна спроможність	л/хв	3
Споживана потужність	кВт	0,25
Габаритні розміри	мм	410x310x280
Напруга мережі	В	220 – 240
Маса	кг	13

Для підйому вантажу використовуємо лебідку з електроприводом ЛМ–3,2 [54]. Її характеристики вказані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічна характеристика лебідки з електроприводом ЛМ-3,2 [54]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кН	32
Швидкість навивки каната	м/с	0,28
Діаметр барабана	мм	360
Канатоемність	м	250
Потужність двигуна	кВт	11
Габарити:		
Довжина	мм	1316
Ширина	мм	1325
Висота	мм	780
Маса (без каната)	кг	980

Для переміщення вантажу використовуємо візок гідравлічний ручний спеціальний Модель DFZ [55]. Його характеристики вказані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Візок гідравлічний ручний спеціальний Модель DFZ [55]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	2000
Довжина вил	мм	1550
Ширина вил	мм	840
Маса	кг	80

Для встановлення підвісок та парозбірного колектора використовуємо перфоратор бочковий Dnipro-M ВН-14 [56] з характеристиками:

- сила удару – 4,5 Дж;
- номінальна потужність – 1200 Вт;
- діаметр свердління буром – 40 мм;
- вага – 4,3 кг.

Таблиця 4.8– Набір інструментів та пристосувань для монтажників [57]

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк., шт.	Заг. маса, кг
Ключ гайковий двохсторонній М17х19 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
М19х22 мм		6	1,2
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 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Загальна маса допоміжного обладнання складає 1097,39 кг.

4.2.5 Розрахунок витрати енергоресурсів для монтажу паропроводів

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою [58]

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

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [58].

Витрати електроенергії на роботу кутової шліфмашини Dnipro-M GL-190S

$$\tau=14,54 \text{ год}, p=1,65 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 1,65 \cdot 14,54= 23,99 \text{ (кВт год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального інвертора IGBT Dnipro-M SAB-17DFB

$$\tau= 101,56 \text{ год}; P=7,2 \text{ кВт};$$

$$E_2= 7,2 \cdot 101,56 = 731,23 \text{ (кВт·год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу лебідки з електроприводом ЛМ–3,2

$$\tau= 20,43 \text{ год}; P= 11 \text{ кВт};$$

$$E_3= 11 \cdot 20,43 = 224,73 \text{ (кВт·год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу перфоратора Dnipro-M BH-14

$$\tau=0,27 \text{ год}; P= 1,2 \text{ кВт};$$

$$E_4 = 1,2 \cdot 0,27 = 0,324 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу Електричний опресувальник DSY60

$$\tau=13,15 \text{ год}; P= 0,25 \text{ кВт};$$

$$E_5 = 0,25 \cdot 13,15 = 3,29 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальна витрата електроенергії монтаж системи паропроводів

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 E_i, \quad (4.2)$$

$$E_{\Sigma} = 23,99 + 731,23 + 224,73 + 0,32 + 3,29 = 983,56 \text{ (кВт год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів автомашиною Mercedes-Benz Atego 1218

- відстань 150(км);
- кількість ходок $n=3$;
- витрата пального $Q=18$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 4 \cdot n \cdot l = 0,18 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 150 = 162 \text{ л.}$$

4.2.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт [58]

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / B, \text{ [люд}\cdot\text{дні]}, \quad (4.3)$$

де V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд.-год [47 – 49]

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт [58]

$$T = Q/n, \text{ [дні]}, \quad (4.4)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд·дні

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. вимір	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудо-місткість люд/дні	Виконавці		Три-валість, дні
					кількість	Склад бригади	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей до місць монтажу та їх складування	т	19,42	4,4	10,68	4	3 робітників 1 водій	2,67
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	2,31	1,6	0,462	6р-1 3р-1	Монтажники 4,5 розряд	0,23
Монтаж парозбірного колектора	1 шт	3	23,01	8,63	5р-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4 розряд	2,87
Прокладання трубопроводів $\varnothing 219 \times 10,0$ мм та згинів	т	0,738	97,9	9,03	5р-1 4р-1 3р-2	Монтажник 4 розряд	2,26
Встановлення запірних фланцевих клапанів 15с22нж Ду200, Ру40	10 шт.	0,2	224	5,6	5р-1 3р-2	Монтажник 4 розряд	1,87
Прокладання трубопроводів $\varnothing 159 \times 6,0$ мм та згинів	т	3,636	113,6	51,6	4р-3 3р-3	Монтажник 4 розряд	8,6

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення запірних фланцевих клапанів 15с22нж Ду150, Ру40	10 шт.	0,8	162	16,2	4р-2 3р-4	Монтажник 4 розряд	2,7
Прокладання трубопроводів Ø28×3,0 мм та згинів	т	0,093	522,2	6,07	4р-2 3р-2	Монтажник 4 розряд	1,52
Встановлення запірних клапанів і регулюючих гольчатих вентилів під приварку Ду20 та Ду20/18, Ру100.	10 шт.	2	64	16	4р-2 3р-2	Монтажник 4 розряд	4
Прокладання трубопроводів Ø16×2,0 мм та згинів	т	0,017	868,2	1,84	4р-1 3р-1	Монтажник 4 розряд	0,92
Встановлення клапанів регулюючих гольчатих під приварку Ду10, Ру100	10 шт.	1	64	8	4р-2 3р-2	Монтажник 4 розряд	2
Гідравлічне випробування паропроводів.	100м	2,31	8,22	2,37	5р-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4 розряд	0,79
Теплова ізоляція парозбірного колектора перліто-цементними сегментами $\delta = 100$ мм.	м ³	1,4	40,94	7,16	4р-1 2р-2	Ізолювальник	2,38
Теплова ізоляція парозбірного колектора мінераловатними матами $\delta = 55$ мм.	10 м	0,85	18,4	1,96	4р-1 2р-2	Ізолювальник 4,1 р	0,65
Теплова ізоляція трубопроводу Ø219 та Ø159 шкарлупами вапняно-кремнеземистими товщиною 75 мм та 70 мм відповідно	м ³	10,5	50,24	65,94	4р-2 2р-4	Ізолювальник 3,5 р	10,99
Теплова ізоляція трубопроводу Ø219 та Ø159 мінераловатними матами товщиною 55 мм і 60 мм відповідно.	10 м	15,6	9,38	18,29	4р-2 2р-4	Ізолювальник 3,5 р	3,05
Теплова ізоляція трубопроводів Ø28 та Ø16 мм азбестовим шнуром $\delta = 25$ мм	10 м	7,5	13,98	13,11	4р-2 2р-4	Ізолювальник 4,2 р.	2,18

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.	100м	2,31	2,4	0,69	2	Слюсар-сантехнік 5 р	0,35
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	1,1	2,6	0,36	2	Робітник Водій	0,18

4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розглянуто питання охорони праці та цивільного захисту стосовно підвищення енергетичної та екологічної ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу. Під час модернізації ТЕЦ цукрового заводу потрібно використовувати проектну та нормативно-технічну документацію. Для безпечного та ефективного виконання монтажних робіт працівники повинні бути забезпечені всіма необхідним будівельним обладнанням та інструментами. Крім того, необхідно створити для них сприятливі умови праці.

Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтажні роботи з модернізації обладнання ТЕЦ, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [59, 60]:

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

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

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, ве-

личною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.3.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу інженерних систем будинків чи споруд монтажники повинні отримуватися правил охорони праці в будівництві [61], за якими потрібно перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцвання. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

Заготівлю та припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштованнях, призначених для монтажу трубопроводів, забороняється.

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи та обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт.

Встановлення і зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштування, обладнаного сходами для піднімання та спускання працівників. Піднімання та спускання конструкціями естакад не допускається. Забороняється перебування людей під обладнанням, що встановлюється, монтажними вузлами обладнання і трубопроводів до їх остаточного закріплення.

Опускати труби у закріплену траншею необхідно так, щоб не порушувати кріплення траншеї. Не дозволяється скочувати труби в траншею за допомогою ломів і ваг, а також використовувати розпірки кріплення траншеї як опори для труб.

Монтаж обладнання, трубопроводів і повітропроводів поблизу електричних мереж (у межах відстані, яка дорівнює найбільшій довжині вузла чи ланки трубопроводу, що монтується) виконується при знятій напрузі. За неможливості зняття напруги роботи необхідно виконувати за нарядом-допуском, затвердженим у визначеному порядку.

Під час монтажу трубопроводів і обладнання стикування та з'єднання отворів і перевіряння їх збігу в деталях, що монтуються, необхідно виконувати за допомогою спеціального інструменту (конусних оправок, складальних пробок тощо). Перевіряти збіг отворів у деталях, що монтуються, пальцями рук не допускається.

Під час монтажу обладнання повинні бути вжиті заходи із запобігання самовільному чи випадковому його вмиканню. Під час монтажу обладнання з

використанням домкратів необхідно вжиття заходів, що запобігають перекосу чи перекиданню домкратів.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність. Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможлиблює видимість у межах фронту робіт.

4.3.1.2 Електробезпека

Живлення будівельного обладнання та системи освітлення здійснюється трифазною чотирьохпровідною мережею із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [62, 63] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Будівельно-монтажний персонал під час використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці [62, 63]. Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель,

одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлиблювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I і II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі та струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

4.3.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [64]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 4.10.

Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 4.10 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Хо-	Пб	13-23	75	не бі-
Теп-		15-29	70 при	0,2-0,5

4.3.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [64].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [64] наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [65]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;

- необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

4.3.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [66] розряд зорової роботи V, підрозряд «в». Нормовані значення освітленості наведені в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{нпр}$	Сумісне $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	в	малий	світлий	-	200	1	0,6

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп

E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.3.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервним спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [67] і наведені в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	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

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

4.3.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [68] і наведені в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робо- чих місцях в вироб- ничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92				

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

4.3.2.6 Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [59]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

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

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) - більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

4.3.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка можливих наслідків вибуху газу в разі аварії в котельні

4.3.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші

Густина газу при розрахунковій температурі $t_p = 24$ °С (згідно завдання)

$$\rho_{г,п} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367t_p)}, \quad (4.5)$$

$$\rho_{г,п} = \frac{16}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 25)} = 0,65 \text{ (кг} \cdot \text{м}^3\text{)},$$

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

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.)

$$C_{\text{ст}} = 100 / (1 + 4,84 \cdot \beta), \quad (4.6)$$

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

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

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (4.7)$$

$$V_a = 0,01 \cdot 12 \cdot 0,5 = 0,06 (\text{м}^3),$$

де $P_1 = 12$ – тиск в апараті, кПа (згідно завдання);

$V = 0,5$ – об'єм апарата (згідно технічного паспорта обладнання, що використовується в проекті), м^3 ;

P_0 - атмосферний тиск, що дорівнює 101,3 кПа.

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_2 = V_{1T} + V_{2T}, \quad (4.8)$$

$$V_T = 2,4 + 0,73 = 3,13 (\text{м}^3),$$

де V_{1T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання, м^3 ;

V_{2T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м^3 .

$$V_{1T} = q \cdot \tau, \quad (4.9)$$

$$V_{1T} = 0,02 \cdot 120 = 2,4 \text{ (м}^3\text{)},$$

де $q=0,02 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ – 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);

$\tau = 120 \text{ с}$ – час перекривання у режимі автоматики (згідно завдання);

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2), \quad (4.10)$$

$$V_{2T} = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot (0,105^2 \cdot 8 + 0,05^2 \cdot 2) = 0,73 \text{ (м}^3\text{)},$$

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

$r_{1,2} = 0,105; 0,05 \text{ м}$ – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$L_{1,2} = 8; 2$ – довжини трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м (згідно завдання);

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

Маса газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_g, \quad (4.11)$$

$$m = (0,06 + 3,13) \cdot 0,65 = 2,07 \text{ (кг)}.$$

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

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma, \Pi}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (4.12)$$

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{2,07 \cdot 0,5}{1296 \cdot 0,65} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 3,5 \text{ (кПа)},$$

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

P_0 – 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;

$V_{\text{вільн}} = 1296$ – вільний об'єм приміщення, м³ (згідно завдання);

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається $K_{\text{н}} = 3$).

4.3.3.2 Визначення розмірів зони поширення полум'я

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

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{C_{\text{НКМП}} \cdot \rho_{\Gamma}} \right)^{0,333}, \quad (4.13)$$

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{2,07}{14 \cdot 0,65} \right)^{0,333} = 8,9 \text{ (м)},$$

де m_{Γ} – маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг;

ρ_{Γ} – густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, кг·м³;

$C_{\text{НКМП}}$ – 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 $R_{\text{нкмл}}$ повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

4.3.3.3 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м

$$D_s = 5,33 m^{0,327}, \quad (4.14)$$

$$D_s = 5,33 \cdot 2,07^{0,327} = 6,8 \text{ (м)}.$$

Висоту центра «вогняної кулі»

$$H = D_s / 2, \quad (4.15)$$

$$H = D_s / 2 = 6,8 / 2 = 3,4 \text{ (м)}.$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303}, \quad (4.16)$$

$$t_s = 0,92 \cdot 2,07^{0,303} = 1,15 \text{ (с)}.$$

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

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2}, \quad (4.17)$$

$$r = \sqrt{6,8^2 + 3,4^2} = 7,6 \text{ (м)}.$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу Ψ

$$\Psi = \exp(-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2), \quad (4.18)$$

$$\Psi = \exp\left(-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{7,6^2 + 3,4^2} - \frac{6,8}{2}\right) = 0,98.$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$F_q = \frac{H/D_s + 0,5}{4 \cdot ((H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2)^{1,5}}, \quad (4.19)$$

$$F_q = \frac{3,4/6,8 + 0,5}{4 \cdot ((3,4/6,8 + 0,5)^2 + (7,6/6,8)^2)^{1,5}} = 0,075.$$

Інтенсивність теплового випромінювання

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \Psi, \quad (4.20)$$

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

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

Висновок: Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії ударною хвилею може бути частково зруйновано легкі конструкції приміщення, в якому розміщено парогенератор, тому необхідно:

- забезпечити дотримання норм експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витoku газу з трубопроводів;
- всі робочі місця розмістити за межами зони поширення полум'я та обладнати додатковими захисними конструкціями.

4.4 Висновки до розділу 4

Розроблена функціональна схема автоматизації парогенератора, частково підібрані апаратурно-технічні засоби для реалізації автоматизованої системи, зокрема ПЛК Schneider - Electric Modicon TM251 MESE; датчики перепаду тиску PR-28/0...4 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...4 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...63 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...100kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-50G/-125...125//4...20mA/PCV/; датчики температури: ТСП-1088-Pt100-B-3-120-70-P2 /-50..+500/; ТСП-1088-Pt100-B-3-150-70-P2 /-50..+500/; ТСП-1088-Pt100-B-3-500-70-P2 /-50..+500/; засоби для вимірювання витрат води, газів та пари. Для системи регулювання економічності вибрано стаціонарний газоаналізатор ОКСИ 5С-О2/С. Для системи сигналізації датчики-реле для вимірювання тиску газу та повітря DG 500U-3 Kromschroder та DL 1,5A Kromschroder; реле контролю рівня рідини 3-х каналне РСУ-31

В даному розділі також розроблено технологію паропроводів «гострої пари» від чотирьох парогенераторів (ст. №1, ст. №2, ст. №3, ст. №4) ДКВр-15-23-380 та одного парогенератора (ст. №5) ДКВр-20-23-395 до парозбірного колектора і самого парозбірного колектора на ТЕЦ ТОВ «Юзефо-Миколаївська АПК».

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

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи та визначено витрати на паливні та енергетичні ресурси. А саме: для доставки автомобіль Mercedes-Benz Atego 1218, зварювальний інвертор IGBT Dnipro-M SAB-17DFB, кутову шліфмашину Dnipro-M GL-190S, електричний опресувальник DSY60, лебідку з електроприводом ЛМ-3,2. Необхідна кількість пального для доставки основного та допоміжного обладнання становить 162 л. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 983,56 кВт·год.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу системи паропроводів, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 243,99 люд·дні. Загальна тривалість робіт 45,63 днів.

Проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації теплоелектроцентралі. Проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації парогенераторів, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість на робочому місці; ураження електричним струмом, тощо. Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії ударною хвилею може бути частково зруйновано легкі конструкції приміщення, в якому розміщено парогенератор, тому треба вжити необхідних заходів для запобігання руйнування.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно оцінити економічну ефективність заходів при влаштуванні обладнання для забезпечення скорочення споживання викопних енергоресурсів на теплоелектроцентралі цукрового заводу.

Для розрахунку кошторсної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог Кошторсних норм України „Настанова з визначення вартості будівництва” від 02.05.2022 і використовували кошторисну програму “АВК”.

5.1 Локальний кошторис

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (додаток В) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН); кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 18 до Настанови з визначення вартості будівництва.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загально-виробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загально-виробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

5.2 Простий термін окупності

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 5.1, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису див.додаток Б).

Таблиця 5.1 – Перелік інноваційних витрат [69]

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	37,23
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	7,45
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	55,84
Проектування	2,5	4	93,07
Експертиза інноваційного рішення	1	1	37,23
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	74,45
Виготовлення нового виробу	100	6	3722,66
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	111,68
Витрати на підготовку кадрів	5	2	186,13
Всього		21	4325,73

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

Показники	Рік						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-305,26	-	3351,81	3355,86	3359,12	3362,39	3400,01
Сальдо реальних грошей	-305,26	3682,46	3351,81	3313,63	3316,89	3324,28	3366,02
Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-305,26	3987,71	-635,91	2677,72	5994,61	9318,89	12684,91
Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Чиста поточна вартість	-354,10	4151,48	2889,49	2493,95	2152,05	1857,02	1618,79
Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-354,10	-4505,58	-1616,09	877,86	3029,91	4886,93	6505,72

З таблиці 5.2 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на другому році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чисті грошові надходження

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t - чистий грошовий потік на t-ому році; R_t - результат виручки у t-й рік; Z_t - витрати у t-й рік; N_t - податки у t-й рік; K_t – інвестиції у t-й рік; T_p - розрахунковий період.

$$NV = 12372,45 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 6505,72 \text{ тис. грн.}$$

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності [69]

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн.,

CIF_t – чисті грошові надходження $(t+1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-305,2584	-4151,48	3351,81	3355,86	3359,12	3362,39	3400,01
Кумулятивна	-305,2584	-4456,73	-1104,93	2250,93	5610,05	8972,44	12372,45

Як видно з таблиці 5.3 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T=1+1104,93/3355,86=1,32 \text{ роки.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

В розділі складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість $K_v = 3722,663$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 30,691 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,417$ тис. люд – год., вартість матеріалів – 3657,472 тис. грн. Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 12372,45 тис. грн.; чиста поточна вартість – 6505,72 тис. грн.; термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 1,32 роки.

ВИСНОВКИ

В даній роботі виконано аналітичний огляд літератури. Проаналізовано загальну характеристику теплоелектроцентралей, переваги та недоліки теплоелектроцентралей, що працюють на природному газі, екологічні питання цукрового виробництва, ефективне використання відходів цукрового виробництва, перспективи використання біогазу як палива на теплоелектроцентралях цукрових заводів. В результаті сформовані задачі та мета досліджень.

Проаналізовано теплову схему теплоелектроцентралі цукрового заводу, що забезпечує промислових споживачів паром з тиском 3 кгс/см^2 і температурою 135° у кількості $44,8 \text{ т/год}$. Визначено необхідну потужність парогенераторів, що складає $34,97 \text{ МВт}$ та витрату природного газу $1,273 \text{ м}^3/\text{с}$. Порівняння результатів розрахунків теплової схеми показало, що встановлене обладнання задовільняє потребам заводу.

Для оцінки показників роботи теплоелектроцентралі розроблено математичну модель. Розглянуті варіанти заміщення природного газу на ТЕЦ: переведення одного парогенератора типу ДКВР на спалювання біогазу з додаванням природного газу, що заміщує $25,48\%$ виробництва теплоти; переведення двох парогенераторів типу ДКВР на спалювання біогазу з додаванням природного газу, що заміщує $50,95\%$ виробництва теплоти; переведення трьох парогенераторів типу ДКВР на спалювання біогазу з додаванням природного газу, що заміщує $76,43\%$ виробництва теплоти, автономна система газопостачання зрідженим вуглеводневим газом пропан-бутан для забезпечення паливом парогенератора ДКВР – 20 – 23/370 та сумісне спалювання біогазу і зрідженого вуглеводневого газу у парогенераторах.

Виявлено, що у випадку використання вказаних варіантів собівартість відпущеної енергії складе відповідно: $1278,3 \text{ грн./ГДж}$; $1107,4 \text{ грн./ГДж}$; $936,6 \text{ грн./ГДж}$, $1377,85 \text{ грн./ГДж}$, $1073,05 \text{ грн./ГДж}$. Тобто із збільшенням частки заміщення природного газу на біогаз з $25,48\%$ до $76,43\%$ призводить до зменшення експлуатаційних витрат для виробництва теплоти на ТЕЦ цукрового заводу на $35,37\%$ та вирішує проблему утилізації токсичних відходів. Переведення частини парогенераторів на спалювання пропан-бутану та

пропан-бутану сумісно із біогазом має значні капіталовкладення і порівняно низький економічний ефект. Тому найбільш доцільний варіант є переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з природним газом з часткою заміщення природного газу 76,43%.

За допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2. виконано оцінку впливу роботи теплоелектроцентралі з розглянутими варіантами організації спалювання палива на екологічні показники протягом життєвого циклу. Встановлено, що найбільший вплив на здоров'я людей, на якість екосистеми і вичерпання ресурсів має варіант сумісного спалювання пропан-бутану і природного газу. Заміщення природного газу біогазом тна теплоелектроцентралі на 25,48...76,43 % призводить до зменшення загального впливу на навколишнє середовище на 20,2...60,6 % у порівнянні із роботою теплоелектроцентралі на природному газі. А отже доцільний варіант з економічної та екологічної точки зору є переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу у суміші з природним газом.

Розроблена функціональна схема автоматизації парогенератора, частково підібрані апаратурно-технічні засоби для реалізації автоматизованої системи, зокрема ПЛК Schneider - Electric Modicon TM251 MESE; датчики перепаду тиску PR-28/0...4 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...4 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...63 kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-28/0...100kPa/PD/C/VM-3/A/2/U; PR-50G/-125...125//4...20mA/PCV/; датчики температури: ТСП-1088-Pt100-B-3-120-70-P2 /-50..+500/; ТСП-1088-Pt100-B-3-150-70-P2 /-50..+500/; ТСП-1088-Pt100-B-3-500-70-P2 /-50..+500/; засоби для вимірювання витрат води, газів та пари. Для системи регулювання економічності вибрано стаціонарний газоаналізатор ОКСИ 5С-О2/С. Для системи сигналізації датчики-реле для вимірювання тиску газу та повітря DG 500U-3 Kromschroder та DL 1,5A Kromschroder; реле контролю рівня рідини 3-х канальне РСУ-31.

В організаціо-технологічному розділі також розроблено технологію паропроводів «гострої пари» від чотирьох парогенераторів (ст. №1, ст. №2, ст. №3, ст. №4) ДКВр-15-23-380 та одного парогенератора (ст. №5) ДКВр-20-23-395 до парозбірного колектора і самого парозбірного колектора на ТЕЦ ТОВ «Юзефо-Миколаївська АПК».

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу. Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи та визначено витрати на паливні та енергетичні ресурси. А саме: для доставки автомобіль Mercedes-Benz Atego 1218, зварювальний інвертор IGBT Dnipro-M SAB-17DFB, кутову шліфмашину Dnipro-M GL-190S, електричний опресувальник DSY60, лебідку з електроприводом ЛМ-3,2. Необхідна кількість пального для доставки основного та допоміжного обладнання становить 162 л. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 983,56 кВт·год.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу системи паропроводів, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Визначено загальну трудомісткість яка становить 243,99 люд.-дні. Загальна тривалість робіт 45,63 днів.

В підрозділі охорона праці було проаналізовано умови праці при виконанні монтажних робіт та експлуатації теплоелектроцентралі. Проаналізовано і визначено, які фактори є небезпечними та шкідливими для життя людини, які можуть бути присутні при виконанні монтажних робіт, експлуатації парогенераторів, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість на робочому місці; ураження електричним струмом, тощо. Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії ударною хвилею може бути часткового зруйновано легкі конструкції приміщення, в якому розміщено парогенератор, тому треба вжити необхідних заходів для запобігання руйнування.

В розділі економічна частина складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість $K_v = 3722,663$ тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП= 30,691 тис. грн., кошторисна трудомісткість $T = 1,417$ тис. люд –год., вартість матеріалів – 3657,472 тис. грн. Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 12372,45 тис. грн.; чиста поточна вартість – 6505,72 тис. грн.; термін окупності, розрахований за кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 1,32 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Енергозбереження і енергоефективність-1. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи». Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 106 с.

2. Степанова Н. Д., Лановий О. Є., Гуменюк С. Є. Зменшення споживання природного газу на ТЕЦ цукрового заводу. Інноваційні технології в будівництві – 2022: зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16800/13997> (дата звернення: 01.12.2022).

3. Степанова Н. Д., Лановий О. Є., Горовенко Я. С. Шляхи заміщення природного газу на ТЕЦ цукрового заводу. Матеріали LI Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15171/12785> (дата звернення: 01.12.2022).

4. Степанова Н. Д., Лановий О. Є. Використання відновлюваних джерел енергії на ТЕЦ цукрового заводу. Енергоефективність в галузях економіки України 2021 : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14025/11880> (дата звернення: 01.12.2022).

5. Чепурний М. М., Степанова Н. Д. Системи виробництва і розподілу енергоносіїв промислових підприємств : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 159 с.

6. Чепурний М. М. Ефективність роботи паротурбінних і газотурбінних теплоелектроцентралей. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2008. №2. С. 36 – 40.

7. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Показники ефективності роботи енергетичних установок для сумісного виробництва теплової та електричної енергії. Наукові праці ВНТУ. 2010. № 1. URL : http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/VNTU/2010_1/2010-1.files/uk/10mmcaee_ua.pdf (дата звернення: 01.12.2022).

8. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Аналіз роботи протитискових турбін на теплоелектростанціях. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2010. № 1. С. 52-54.

9. Барановська, С. В., Філоненко, В. Н. Енергоефективність експлуатаційних режимів теплоелектроцентралей промислових підприємств. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2022. Т. 41. С. 50–54.

10. Мислюк О. О., Корнелюк Н. М. Екологічні аспекти функціонування Черкаської ТЕЦ. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. 2008. Вип. 1(48). Частина 1. С. 111 – 115.

11. Електрична енергія з біомаси та ТЕЦ. URL: <https://uabio.org/biopower-and-chp/> (дата звернення: 01.12.2022).

12. Бабина О. М. Роль біоенергетики у розвитку аграрного сектору України. Причорноморські економічні студії. 2018. Вип. 30-1. С. 28 – 32.

13. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Матвєєв Ю. Б., Жовмір М. М. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні. Промислова теплотехніка. 2006. Т. 28, № 2. С. 85 – 93.

14. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М. Матвєєв Ю. Б., Дроздова О. І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 2. Енергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз. Просимлова теплотехніка. 2011. Т. 33, № 1. С. 57 – 64.

15. Посібник: Енергія з агропродовольчих залишків. URL: <https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2022/08/agrobioheat-guia-2022-UKR-small.pdf> (дата звернення: 01.12.2022).

16. Марцинкевич В., Коломієць Н. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування. Київ: НЕЦУ, 2015. 22 с.

17. Панцирева Г. В. Технологічні аспекти виробництва біогазу з органічної сировини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2019. Вип. 199. С. 276 – 290.

18. Гонтарук Я. В., Шевчук Г. В. Напрямки вдосконалення виробництва та переробки продукції АПК на біопаливо. Економіка та суспільство. 2022. Вип. 36. URL : <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1128/1086> (дата звернення: 01.12.2022).

19. Стасіневич С. А., Валявський С. М. Організація енергоефективного виробництва як вектор розвитку бурякоцукрової галузі України. Ефективна економіка. 2018. №2. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2018/60.pdf (дата звернення: 01.12.2022)

20. Мартинюк А. С., Пастух Г. С. Актуальні напрями утилізації відходів цукрового виробництва. Екологічні науки. 2019. № 2 (25). С. 187-190.

21. Паламаренко Я. В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України. Інвестиції: практика та досвід. 2019. №21. С. 54 – 62.

22. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / под. ред. Боженко М. Ф. Київ: Вища школа, 1992. 280с.

23. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.

24. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем ТЕЦ та їх ефективності при модернізації. Вінниця: ВДТУ, 1997. 61 с.

25. Рихтер Л. А., Елизаров Д. П., Лавинич В. М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. Москва: Энергоатомиздат, 1987. 215 с.

26. Денисов В. І. Технично-економическіе расчеты в энергетике. Москва: Энергоиздат, 1985. 312 с.

27. Шилов Е.Й., Гойко А.Ф., Измайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посібник. Київ : КНУБА, 2001. 127 с.

28. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.

29. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі тепло-енергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
30. TM251MESE) ПЛК M251 1RS485 2ETHERNET, Schneider Electric. URL: <https://privodok.com.ua/plc-schneider-electric-tm251mese> (дата звернення: 01.12.2022).
31. Термоприлад. Термоперетворювачі опору. URL: <https://thermo.lviv.ua/product/termoperetvoryuvachi-oporu-tsp-1088-tsm-1088-tu-25-7363-042-90/> (дата звернення: 01.12.2022).
32. Вимірювальний перетворювач тиску РС 28. URL: <https://aplisens.com.ua/wp-content/uploads/2021/01/pc-28.pdf> (дата звернення: 01.12.2022).
33. Перетворювач перепаду тисків газів PR-50G. URL: <https://aplisens.com.ua/product/pr-50g/> (дата звернення: 01.12.2022).
34. Укргазавтоматика. Діафрагма камерна. URL: <http://www.ukrgazavt.com.ua/products/diafragma-kamernaya-dks-diafragma-beskamernaya-dbs-sosud/> (дата звернення: 01.12.2022).
35. Укрпромцентр. Посудини конденсаційні. URL: <https://ukrpromcentr.com.ua/p280996998-sosud-kondensatsionnyj.html> (дата звернення: 01.12.2022).
36. Перетворювачі перепаду тиску PR-28/ URL: <https://aplisens.com.ua/product/pr-28/> (дата звернення: 01.12.2022).
37. Укргазавтоматика. Діафрагма камерна. URL: <http://www.ukrgazavt.com.ua/products/diafragma-kamernaya-dks-diafragma-beskamernaya-dbs-sosud/> (дата звернення: 01.12.2022).
38. Укрпромцентр. Посудини конденсаційні. URL: <https://ukrpromcentr.com.ua/p280996998-sosud-kondensatsionnyj.html> (дата звернення: 01.12.2022).
39. Ультрафіолетовий датчик полум'я Kromschroder UVS 10D0G1. URL: <https://tdfavorit.com.ua/p976609806-ultrafioletovyj-datchik-plameni.html> (дата звернення: 01.12.2022).

40. Газоаналізатор стаціонарний ОКСИ 5С-О2/СО. URL: https://chemtest.com.ua/ua/gazoanalizatori_oksi_5s-ua (дата звернення: 01.12.2022).

41. Датчик-реле тиску газу (пресостат) DG 500U-3 Kromschroder. URL: <https://armakip.kiev.ua/p1180456055-datchik-rele-davleniya.html> (дата звернення: 01.12.2022).

42. Армакіпсервіс. Датчик-реле тиску повітря DL 1,5A Kromschroder. URL: <https://armakip.kiev.ua/p1180595134-datchik-rele-davleniya.html> (дата звернення: 01.12.2022).

43. РСУ-31 Реле контролю рівня рідини 3-х канальне/ URL: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=191&category_id=58&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 01.12.2022).

44. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. URL: https://dnaop.com/html/54590/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-1.81-18 (дата звернення 01.12.2022 р.).

45. ДСТУ Б В.2.7-275:2011. Вироби вапняно-кремнеземисті теплоізоляційні. Технічні умови (ГОСТ 24748-81, MOD). [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 6 с.

46. ДСТУ Б В.2.7-317:2016 Маты и шнуры минераловатные теплоизоляционные. Технические условия. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 20 с.

47. ДСТУ Б Д.2.3-12:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12) (ДБН Д.2.3-12-99, MOD) [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 200 с.

48. ДСТУ Б Д.2.4-15:2014 Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні санітарно-технічні роботи (Збірник 15) [Чинний від 2014-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 140 с.

49. ДСТУ Б Д.2.2-26:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). [Чинний від 2016-08-01].

Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с.

50. Автомобіль Mercedes Benz Atego 1218. URL: <https://truck-and-bus.ru/catalog/mercedes-benz/mercedes-benz-atego/mercedes-benz-atego-1218/>.(дата звернення: 01.12.2022).

51. Зварювальний апарат IGBT Dnipro-M SAB-17DFB. URL : <https://dnipro-m.ua/uk/tovar/svarochnyj-apparat-igbt-sab-17d/>. (дата звернення: 01.12.2022).

52. Шліфмашина кутова Dnipro-M GL-190S. URL : <https://dnipro-m.ua/uk/tovar/ushm-gl-190s/>_(дата звернення: 01.12.2022).

53. ПРЕСУВАЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНИЙ AQUA WORD DSY-60. URL: <https://termosvit.com.ua/ua/p1241511580-opressovschik-elektricheskij-aqua.html> (дата звернення: 01.12.2022).

54. Лебедка ЛМ-3,2. URL : <https://xn--80aqy.com.ua/pto/lebedki/montazhnye/lm-3-2/>.(дата звернення: 01.12.2022).

55. Тележки гидравлические ручные специальные. URL: <http://rokla.com.ua/main.php?n1=4>. (дата звернення: 01.12.2022).

56. Перфоратор бочковий Dnipro-M BH-14. URL: <https://dnipro-m.ua/uk/tovar/perforator-bochkovoj-bh-14/>. (дата звернення: 01.12.2022).

57. Каталог будівельних машин і інструментів. URL : <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 01.12.2022).

58. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навч. посіб. Вінниця: ВДТУ, 2003. 122 с.

59. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (дата звернення: 01.12.2022).

60. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації

об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>-(дата звернення: 01.12.2022).

61. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

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

63. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення: 01.12.2022).

64. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 01.12.2022).

65. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

66. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

67. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення: 01.12.2022).

68. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення: 01.12.2022).

69. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.

Додаток А
(обов'язковий)

Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення енергетичної та екологічної ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу

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

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

Науковий керівник доцент кафедри ТЕ Степанова Н.Д.
(прізвище, ініціали, посада)

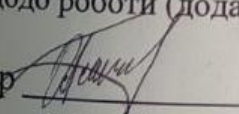
Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	91,61
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	8,39

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

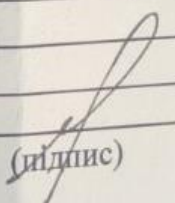
Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор 
(підпис)

Лановий О.Є.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допустити роботу Ланового О.Є. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

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

Додаток Б
(обов'язковий)
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

УЗГОДЖЕНО

Генеральний директор ТОВ

Керівник або заступник Назва підприємства або

Щодо-Миколаївська АТК

установи

О.Т. Колосівська

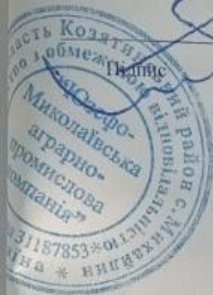
Ініціали і прізвище

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов

2022 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

«ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ»

08-11.МКР.005.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

К.т.н., доц. кафедри ТЕ,

Н.Д. Степанова

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-21м

О.Є. Лановий

Вінниця 2022

1. Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу ректора ВНТУ від 17.09.2022 року № 203.

Дата початку роботи – 20.09.2022 р.

Дата закінчення роботи – 06.12.2022 р.

2. Мета і призначення НДР

Мета роботи – Зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення технології цукрового виробництва шляхом впровадження технологій спалювання біога-зу з відходів виробництва.

Об'єкт дослідження – процеси виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралі цукрового заводу.

Основний предмет – підвищення ефективності виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралі.

Узагальнений науковий результат – Набули подальшого розвитку дослідження ефективності роботи теплових схем теплоелектроцентралей. Доведено ефективність заміщення на теплоелектроцентралі цукрового заводу викопних енергоресурсів біогазом, отриманим в процесі анаеробної ферментації відходів цукрового виробництва. Показано, що використання біогазу в якості палива для парогенераторів дозволяє знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище на 20,2...60,6 % у порівнянні з роботою теплоелектроцентралі на природному газі.

3. Вихідні дані для проведення НДР

НДР є продовженням попередньої НДР “ Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі теплоелектроцентралі товариства з обмеженою відповідальністю “Юзефо-Миколаївська агропромислова компанія””, яка виконувалась у ВНТУ з 30.09.2020 р. по 15.01.2021 р.

Під час проведення НДР будуть використані за матеріалами попередніх досліджень та матеріалами таких публікацій:

1. Гелетуха Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.

2. Степанова Н. Д., Лановий О. Є., Гуменюк С. Є. Зменшення споживання природного газу на ТЕЦ цукрового заводу. Інноваційні технології в будівництві – 2022: зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2022 р. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16800/13997> (дата звернення: 01.12.2022).

3. Степанова Н. Д., Лановий О. Є., Горовенко Я. С. Шляхи заміщення природного газу на ТЕЦ цукрового заводу. Матеріали LI Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15171/12785> (дата звернення: 01.12.2022).

4. Степанова Н. Д., Лановий О. Є. Використання відновлюваних джерел енергії на ТЕЦ цукрового заводу. Енергоефективність в галузях економіки України 2021 : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14025/11880> (дата звернення: 01.12.2022).

5. Чепурний М. М., Степанова Н. Д. Системи виробництва і розподілу енергоносіїв промислових підприємств : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 159 с.

21. Паламаренко Я. В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України. Інвестиції: практика та досвід. 2019. №21. С. 54 – 62.

22. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / под. ред. Боженко М. Ф. Київ: Вища школа, 1992. 280с.

23. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.

4. Виконавці НДР

Організація-виконавець – Вінницький національний технічний університет, кафедра теплоенергетики.

5. Вимоги до виконання НДР

Теплоелектроцентральної цукрового заводу повинна розглядатися як велика ієрархічна багаторівнева система, що супроводжується протягом життєвого циклу техногенними ризиками.

Слід врахувати при плануванні досліджень стан розробки теплоелектроцентральної цукрового заводу.

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати теоретичні та експериментальні методи досліджень екологічної і енергетичної ефективності теплоелектроцентральної.

В результаті досліджень повинні бути розроблені теоретичні засади математичного моделювання робочих процесів, обладнання і підсистем в складі систем виробництва енергоносіїв, наукові основи мінімізації техногенних ризиків цих систем.

Вимоги нормативних матеріалів ГОСТ, ДСТУ, СНіП, ДБН, СанПіН, СН до обладнання систем виробництва енергоносіїв повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень та експериментальних випробувань.

Додаток В
(обов'язковий)
Локальний кошторис

**Таблиця 5.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на газове обладнання для цукрового заводу**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість
Кошторисна трудомісткість
Кошторисна заробітна плата
Середній розряд робіт

3722,663 тис. грн.
1,417 тис.люд.-год.
30,691 тис. грн.
4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "2 грудня" 2022 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	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E19-3-2	Установлення газопальникових пристроїв із пальниками продуктивністю до 10 м3/год	шт	6	<u>971,97</u> 264,70	<u>3,57</u> 1,11	5832	1588	<u>21</u> 7	<u>11,02</u> 0,0665	<u>66,12</u> 0,4
2	E19-6-1	Установлення електромагнітний нормально-закритий ДУ150, ДУ300 Madas M16/RM NC	шт	9	<u>218,78</u> 74,68	<u>22,41</u> 5,75	1969	672	<u>202</u> 52	<u>3,58</u> 0,3443	<u>32,22</u> 3,1
3	S130-417 варіант 3	Клапани ДУ150	шт	6	<u>19093,77</u> -	-	114563	-	-	-	-
4	S130-417 варіант 4	Клапани ДУ300	шт	3	<u>20113,77</u> -	-	60341	-	-	-	-
5	E19-5-2	Установлення кранів кульових фланцевих Ду125 11с41п	шт	6	<u>20951,01</u> 254,25	<u>62,55</u> 15,72	125706	1526	<u>375</u> 94	<u>12,01</u> 0,9406	<u>72,06</u> 5,64
6	E19-13-2	Установлення засувки "батерфляй" газова, DN125	шт	6	<u>4333,87</u> 183,40	<u>37,17</u> 8,50	26003	1100	<u>223</u> 51	<u>8,89</u> 0,5084	<u>53,34</u> 3,05
7	E19-13-4	Установлення Засувки DN300	шт	3	<u>88347,99</u> 190,21	<u>43,58</u> 10,50	265044	571	<u>131</u> 32	<u>9,22</u> 0,6281	<u>27,66</u> 1,88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	E24-2-5	Прокладання трубопроводів сталевих діаметром 133 *4 ГОСТ 10704-91	1000м	0,012	<u>982344,57</u> 21057,96	<u>24126,28</u> 3844,06	11788	253	<u>290</u> 46	<u>979,44</u> 221,8986	<u>11,75</u> 2,66
9	E24-2-6	Прокладання Труба сталева діаметром 159* 4,5 ГОСТ 10704-91	1000м	0,018	<u>1204961,</u> 24	<u>34239,12</u> 4790,50	21689	447	<u>616</u> 86	<u>1123,92</u> 267,8812	<u>20,23</u> 4,82
10	E24-2-10	Прокладання труб сталевих діаметром 325мм* 6 ГОСТ 10704-91	1000м	0,057	<u>3536034,</u> 26	<u>58063,94</u> 9309,97	201554	2236	<u>3310</u> 531	<u>1747,2</u> 493,8351	<u>99,59</u> 28,15
11	E24-13-5	Установлення клапанів запірний фланцевий 15с22нж Ду200, Ру40	шт	2	<u>32148,73</u> 268,48	<u>512,39</u> 76,61	64297	537	<u>1025</u> 153	<u>12,31</u> 3,6858	<u>24,62</u> 7,37
12	E24-13-4	Установлення засувки або клапанів запірний фланцевий 15с22нж Ду150, Ру40	шт	8	<u>31227,62</u> 188,66	<u>361,16</u> 50,47	249821	1509	<u>2889</u> 404	<u>8,65</u> 2,4362	<u>69,2</u> 19,49
13	E24-114-1	Улаштування прилад контролю БК-590287	шт	5	<u>3139,93</u> 95,96	<u>155,13</u> 20,99	15700	480	<u>776</u> 105	<u>4,6</u> 1,2567	<u>23</u> 6,28
14	E24-108-1	Установлення клапану запірного 999-20-0 з Ду20, Ру100	шт	15	<u>12795,21</u> 330,51	<u>674,89</u> 61,81	191928	4958	<u>10123</u> 927	<u>16,6</u> 3,4776	<u>249</u> 52,16
15	E19-6-1	Установлення вентилів регулюючих ігольчатих 1032-20-0 з Ду20/18, Ру100	шт	5	<u>1292,50</u> 74,68	<u>22,41</u> 5,75	6463	373	<u>112</u> 29	<u>3,58</u> 0,3443	<u>17,9</u> 1,72
16	E19-8-4	Установлення діафрагм камерних діаметром до 200 мм	шт	1	<u>1822,37</u> 212,01	<u>69,13</u> 14,67	1822	212	<u>69</u> 15	<u>9,19</u> 0,8773	<u>9,19</u> 0,88
17	E19-8-3	Установлення діафрагм камерних діаметром до 150 мм	шт	4	<u>2182,29</u> 155,03	<u>54,74</u> 11,56	8729	620	<u>219</u> 46	<u>6,72</u> 0,6912	<u>26,88</u> 2,76
18	E16-7-2	Прокладання труб сталевих безшовних діаметром 16х2,0, 20ГОСТ 1050-88	100м	0,45	<u>41770,63</u> 1152,93	<u>117,50</u> 29,90	18797	519	<u>53</u> 13	<u>55,27</u> 1,7283	<u>24,87</u> 0,78
19	E16-7-4	Прокладання труба сталевих безшовних діаметром 28х3,0, 20ГОСТ 1050-88	100м	0,3	<u>74071,56</u> 1152,93	<u>117,50</u> 29,90	22221	346	<u>35</u> 9	<u>55,27</u> 1,7283	<u>16,58</u> 0,52
20	E16-7-12	Прокладання труба сталева безшовна діаметром 159х6,0, 20ГОСТ 1050-88	100м	1,44	<u>1464534,</u> 96	<u>787,89</u> 194,90	2108930	4843	<u>1135</u> 281	<u>168,92</u> 11,4589	<u>243,24</u> 16,5
21	E16-9-8	Прокладання труб сталевих безшовних діаметром 219х10,0, 20ГОСТ 1050-88	100м	0,12	<u>1497836,</u> 01	<u>2228,26</u> 516,99	179740	804	<u>267</u> 62	<u>324,72</u> 30,4631	<u>38,97</u> 3,66
					6698,97						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом прямі витрати по кошторису					3702937	23594	<u>21871</u>		<u>1126,42</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					3702937		2943		161,82
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					3657472				
		всього заробітна плата, грн.					26537				
		Загальновиробничі витрати, грн.					19726				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					128,47				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					4154				
		Всього будівельні роботи, грн.					3722663				

		Всього по кошторису					3722663				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					1417				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					30691				

Склав _____
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток Г
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ
ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

08-11.МКР.005.01.00.000 ТЗ

Перв. примен.

Справ. №

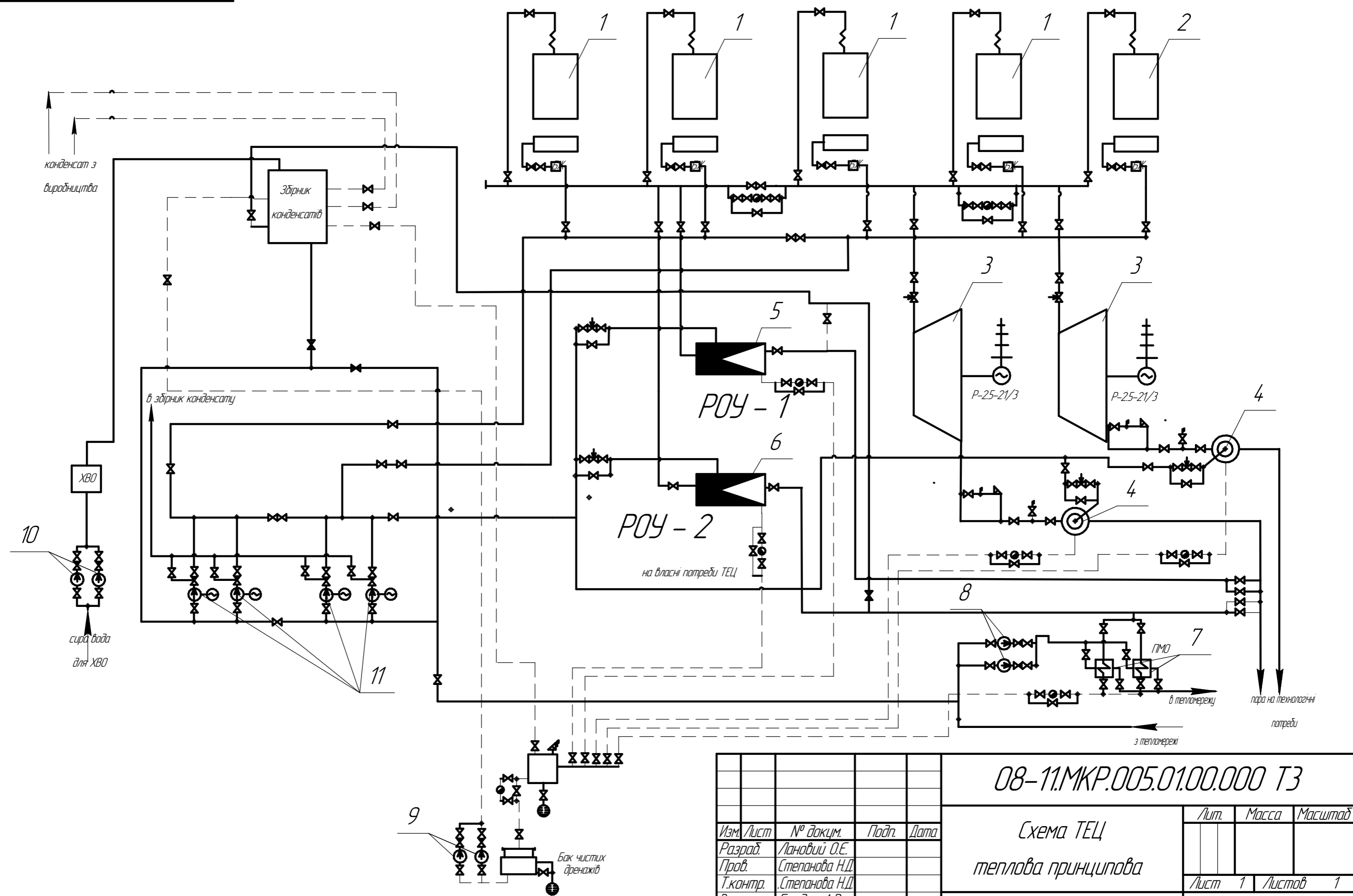
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лановий О.Є.			
Проб.	Степанова Н.Д.			
Т.контр.	Степанова Н.Д.			
Рецензент	Бондар А.В.			
Н.контр.	Степанова Н.Д.			
Утв.	Степанов Д.В.			

08-11.МКР.005.01.00.000 ТЗ

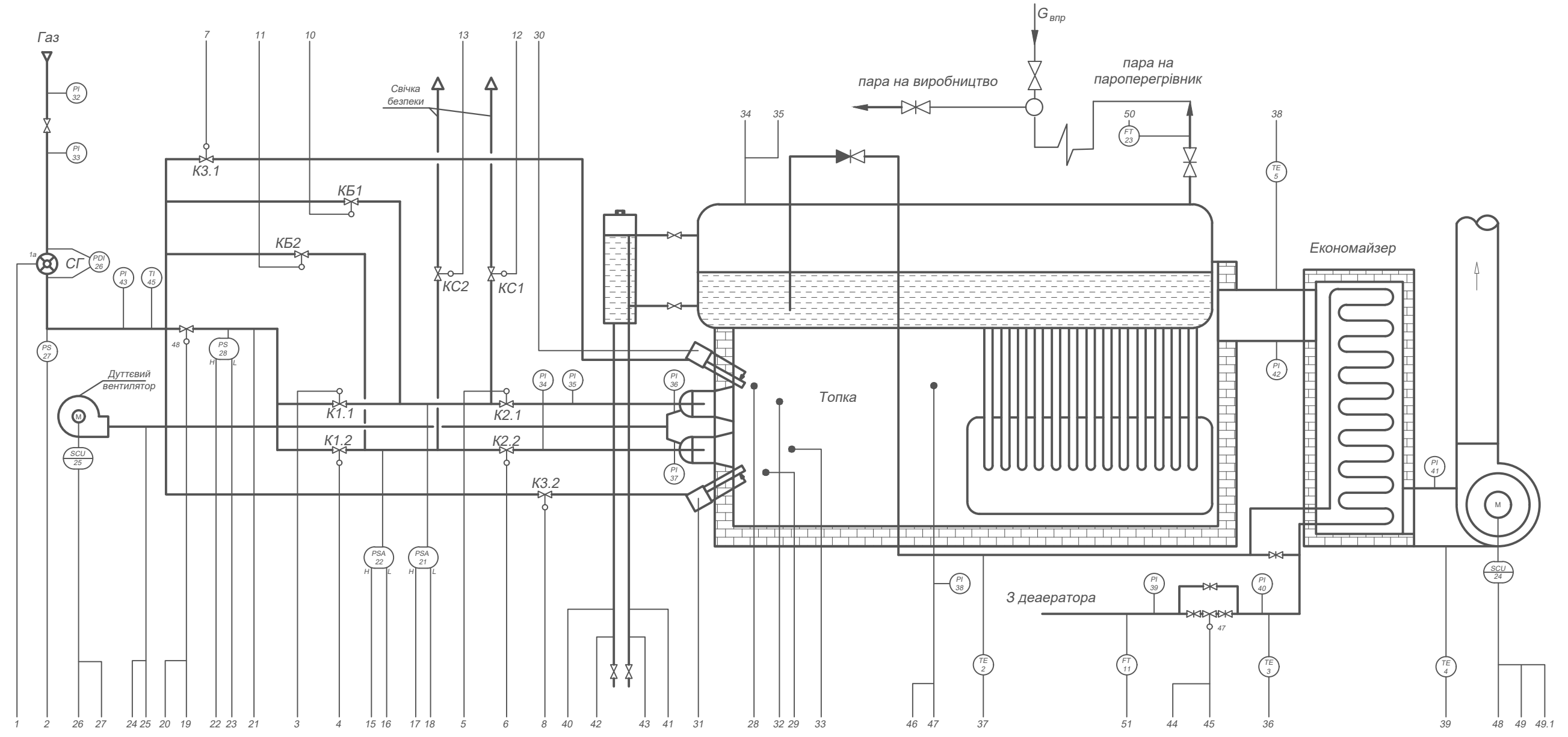
Схема ТЕЦ
теплова принципова

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 1	Листов 1	

ВНТУ, ТЕ-21М

Копировал

Формат А3



1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27.1	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	49.1	50	51					
Витрата газу	Тиск газу в колекторі	Кер. K1.1	Кер. K1.2	Кер. K2.1	Кер. K2.2	Кер. КП запальника 1	Кер. КП запальника 2	Кер. КП байпаса 1	Кер. КП байпаса 2	Кер. КП свечі 1	Кер. КП свечі 2	Резерв	P опресування H1	P опресування L1	P опресування H2	P опресування L2	Кер. газ заслонкой	Положення ВМ газу	Тиск газу P=5мПа	Тиск газу H	Тиск газу L	Повітря P=100Па	Повітря P=1,6мПа	Дист. - Автомат	Кер. ЧП вентилятора	Робота/аварія вентилятора	Контр. факт запальника 1	Контр. факт запальника 2	Искра 1	Искра 2	Контроль факт лальника 1	Контроль факт лальника 2	Тиск пари P=1,3мПа	Тиск пари P=1,3мПа	t води до економизера	t води за економизером	t відх. газів після котла	t відх. газів за економизером	Рівень в котлі	Рівень в котлі	Рівень в котлі	Рівень в котлі	Кер. ВМ жив. води	Положення ВМ	Розрядження 5Па	Розрядження 25Па	Дист. - Автомат	Кер. ЧП димососа	Робота/аварія димососа	Витрата пари	Витрата води	Зупин котла	Вимкнення звукового сигналу	Випробування СЗС	Аварійна концентрація CO	Аварійна концентрація CH4
																			SE 15	PT 6			PT 7		4...20mA	BE 12	BE 12	BS 13	BS 13	BE 14	BE 14	PI 34	PT 8	PIS 9						LI 9	LIS 20			SE 16	PT 10		4...20mA	FIS 17	FIS 18	SB 46		CO	QT 29	QT 30	CH4	GSA 31
Щит керування	Прилади по місцю																																																							
	Modicon M251MESE																																																							
	1																																																							

Создано

Взам інв №

Підпись і дата

Інв. № подл

08-11.МКР.005.04.00.000 А2

Изм.	Колуч.	Лист	N док.	Подп.	Дата
Виконав	Лановий О.Є.				
Перевірів	Степанова Н.Д.				
Т. контр	Степанова Н.Д.				
Рецензент	Бондар А. В.				
Норм. контр	Степанова Н.Д.				
Затвердив	Степанов Д.В.				

Функциональная схема автоматизации котла ДКВР 20-23/370

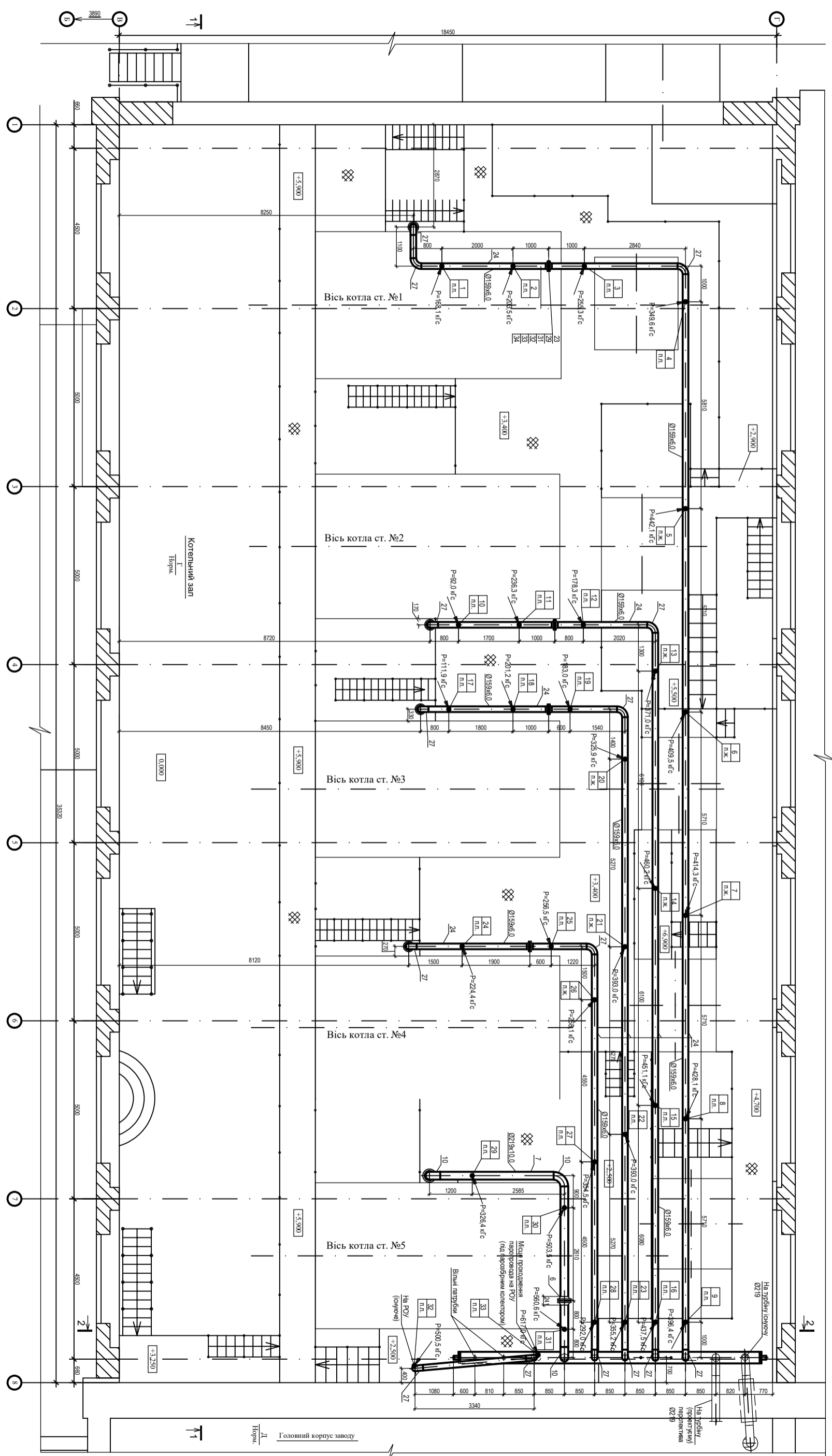
Стадия	Масса	Масштаб
Лист	Листов	

ВНТУ, гр. ТЕ-21м

Формат А3

Согласовано			

Инв. № подл	Подпись и дата	Взам инв №

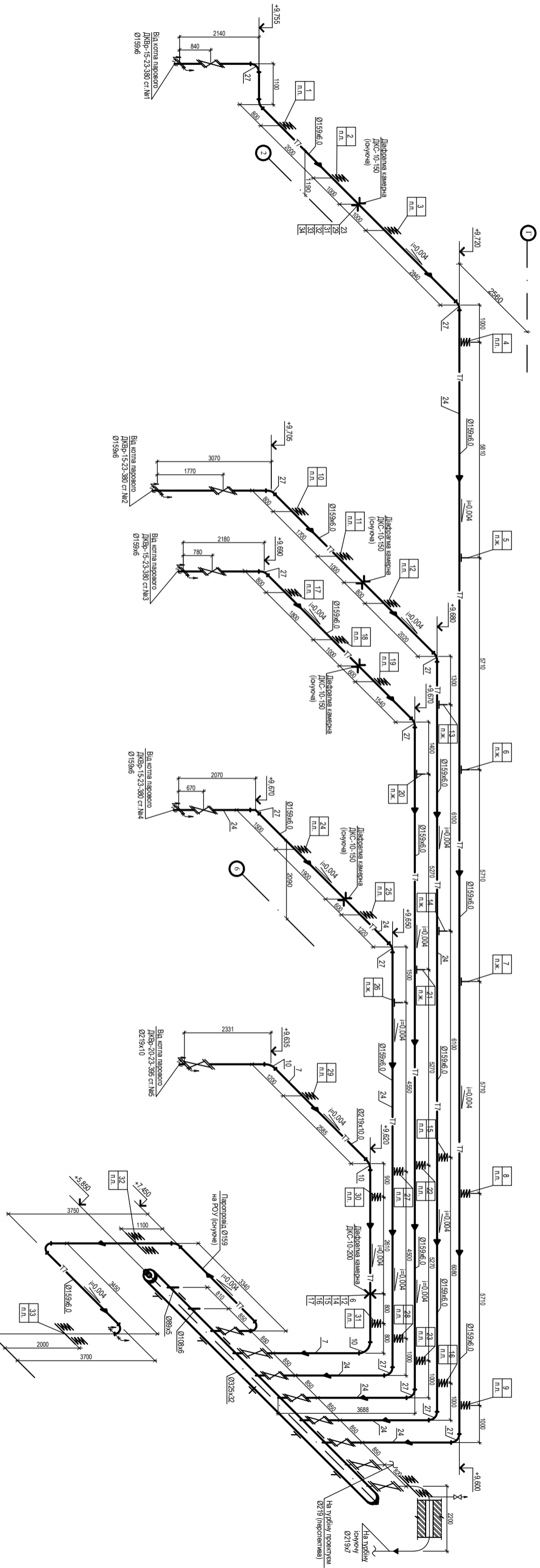


08-11МКР.005.00.000 АР			с. Михайлин		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розробив	Ландовий О.Є.				
Перевірив	Степанова Н.Д.				
Т. конпр.	Степанова Н.Д.				
Рецензент	Бондар А.В.				
Норм. контр.	Степанова Н.Д.				
Замвердив	Степанов Д.В.				
План на відм. 0.000 та +5.900			ВНТУ, зр. ТЕ-21М		
Формат А3			Смадя	Лист	Листов
				1	5

Инв. № подл	Подпись и дата	Взам инв №	Согласовано				

Наименование	Позначения
Напрямок струй серводвигателя	→
Клапан запорный фланцевый	↕
Вентиль запорный	⊗
Плавкая пружинная	⊕
Плавкая жорстка	⊕
Опора нерухома	— —
Опора кавзна направляюча	— —
Паропровід	— —
Межа проєктування	┌┐

Умовні позначення



Изм.		Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Підвищення енергетичної та екологічної ефективності теплоелектроцентралі цукрового заводу	Стандія	Лист	Листов	
Розробив		Ландиш О.Є.						Схема монтажна аксонометрична			
Перевірив		Степанова Н.Д.									
Т. конпр.		Степанова Н.Д.							4	5	
Рецензент		Бондар А. В.									
Норм. конпр		Степанова Н.Д.									
Замвердив		Степанов Д.В.									

08-11МКР.005.06.00.000 Г5

С. Михайлин

ВНТУ, зр. ТЕ-21М

Формат А3

Додаток Д
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ
ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Техніко-економічні показники варіантів використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі ТЕЦ цукрового заводу

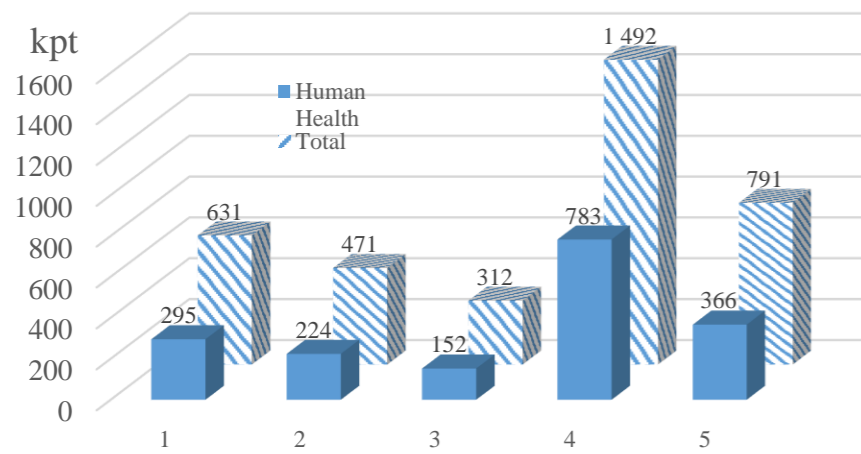
Показник	Розмірність	Варіант 1*	Варіант 2*	Варіант 3*	Варіант 4*	Варіант 5*
Витрата біогазу на ТЕЦ, $V_{\text{біог}}$	м ³ /год	1745	3490	5235	-	3113,14
Витрата пропан-бутану, $V_{\text{п-б}}$	кг/год	-	-	-	1338,73	1338,73
Частка теплоти ТЕЦ, що заміщується теплою альтернативного палива, δQ	%	25,48	50,95	76,43	45,19	100
Зменшення споживання природного газу ΔB	тис. м ³ /рік	2286,38	4572,76	6859,14	4556,56	10999
Зменшення витрат на паливо	млн. грн./рік	49	98	147	20, 8	108,21
Капіталовкладення у модернізацію	тис. грн.	100	200	300	3883,3	4083,3
Загальні експлуатаційні витрати на виробництво теплоти на ТЕЦ	млн. грн.	366,53	31,75	268,56	395,08	307,68
Собівартість виробництва енергії на ТЕЦ	грн./ГДж	1278,3	1107,4	936,6	1377,85	1073,05

Примітка : Варіант 1 – переведення одного парогенератора ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з додаванням природного газу; Варіант 2 – переведення двох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з додаванням природного газу; Варіант 3 – переведення трьох парогенераторів ДКВР – 15 – 23/370 на спалювання біогазу з додаванням природного газу. Варіант 4 – автономна система газопостачання зрідженим вуглеводневим газом пропан-бутан для забезпечення паливом парогенератора ДКВР – 20 – 23/370. Варіант 5 – сумісне спалювання біогазу і зрідженого вуглеводневого газу у парогенераторі.

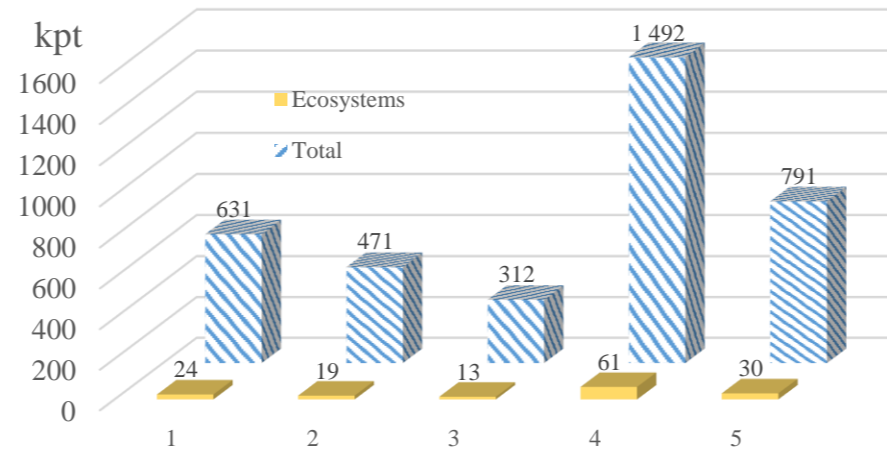
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Оцінка екологічних показників роботи теплоелектроцентралі на різних видах палива

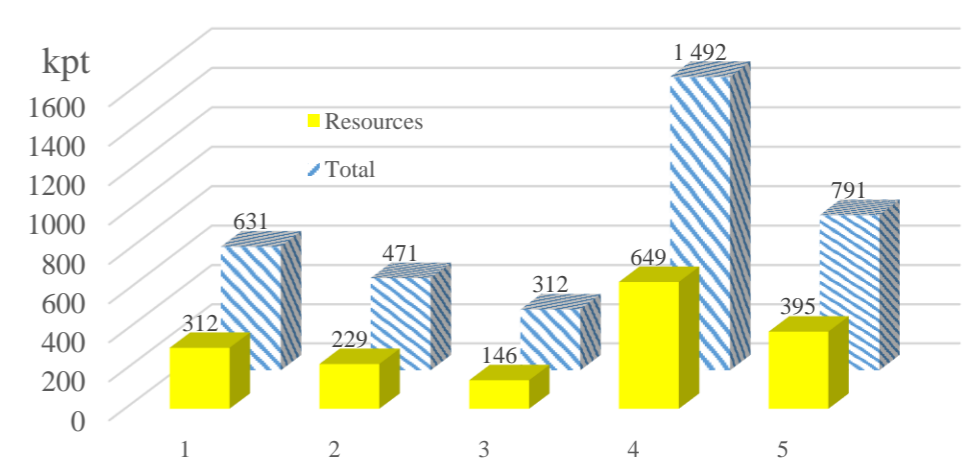
Вплив на здоров'я людини



Вплив на екосистему



Вплив на вичерпання ресурсів



1 – 25,48% заміщення біогазом 2 – 50,95% заміщення біогазом 3 – 76,43% заміщення біогазом 4 – 52,44% заміщення пропан-бутаном 5 – ТЕЦ на природному газі

Оцінка впливу частки заміщення теплоти біогазом δQ на техніко-економічні показники роботи ТЕЦ

