

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:

**«Когенераційна установка в котельні «Південна – 3»
в місті Чернівці»**

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-22мз
спеціальності 144 - теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Ніколенко О.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

« 04 » 06 2024 р.

Опонент Андрухов В. М.
(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ

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

« 11 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро СТЕПАНОВ
12.03.2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ІНКОЛЕНКУ ОЛЕГУ ІГОРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Когенераційна установка в котельні «Південна – 3» в місті Чернівці»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, місце зв'язу)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 р. № 81,

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: потужність системи опалення 45,7 ГКал/год, частка підживлення мережі 1,0%, температурний графік мережі 105/70°C, когенераційні установки на базі двигунів внутрішнього згорання Jenbacher, паливо – природний газ з теплотою згорання 34 МДж/м³.

4. Зміст текстової частини: аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою, огляд літературної та іншої інформації щодо підвищення енергоефективності та надійності джерел централізованого теплопостачання; математичне моделювання показників теплової схеми за умов встановлення газопоршневої когенераційної установки; технологія монтажу когенераційної системи в котельні «Південна – 3»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема котельні теплова принципова; план котельні з розміщенням обладнання; математична модель для визначення показників теплової схеми за умов встановлення газопоршневої когенераційної установки; результати дослідження показників котельні за умов встановлення когенераційної установки; схема монтажна аксонометрична; календарний план виконання монтажних робіт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Кобилянська І.М. доц. каф. БЖДПБ		
ТЕП	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА		
Інші розділи	Степанов Д.В., зав.каф. ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналіз і розрахунок теплової схеми	12.03.2024 – 01.04.2024	вик
2	Огляд літературної та патентної інформації	02.04.2024 – 09.04.2024	вик
3	Математичне моделювання показників теплової схеми за умов встановлення газопоршневої когенераційної установки	10.04.2024 – 24.04.2024	вик
4	Технологія монтажу когенераційної системи в котельні «Південна – 3»	25.04.2024 – 05.05.2024	вик
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	06.05.2024 – 16.05.2024	вик
6	Техніко-економічні показники	17.05.2024 – 22.05.2024	вик
7	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	23.05.2024 – 01.06.2024	вик
8	Перевірка на плагіат. Нормоконтроль	02.06.2024 – 04.06.2024	вик
9	Попередній захист	05.06.2024 – 17.06.2024	вик
10	Захист	18.06.2024 – 21.06.2024	вик

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Ніколенко І.О.
(прізвище та ініціали)

Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

УДК 620.9

Ніколенко І.О. Когенераційна установка в котельні «Південна – 3» в місті Чернівці». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 99 с.

Бібліогр.: 47 назв; рис.: 5; табл. 18.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності та надійності комунального джерела централізованого теплопостачання, а саме водогрійної котельні «Південна – 3» в місті Чернівці.

В роботі проведено аналіз існуючої теплової схеми котельні, перевірено основне і допоміжне обладнання. Проаналізовано літературну та патентну інформацію щодо підвищення енергоефективності та надійності роботи джерел централізованого теплопостачання. Розроблено математичну модель та проведено дослідження для визначення показників теплової схеми за умов встановлення когенераційної установки. Виконано розробку технології монтажу когенераційної системи на базі двигуна внутрішнього згорання; проведено розробку кошторису та розрахунок техніко-економічних показників роботи котельні з газопоршневою когенераційною установкою, розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина складається з 8 аркушів.

Ключові слова: водогрійна котельня, тепла схема, газопоршнева когенераційна установка, техніко-економічні показники

Annotation

Nikolenko I.O. Cogeneration plant in the "Pivdenna-3" boiler house in the city of Chernivtsi". Master's qualification thesis on specialty 144 - thermal power engineering, educational program - thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 99 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 47 titles; Fig.: 5; table 18.

This master's thesis is devoted to the problem of increasing the energy efficiency and reliability of a communal source of centralized heat supply, namely the "Pivdenna-3" hot water boiler plant in the city of Chernivtsi.

In the work, an analysis of the existing thermal scheme of the boiler house was carried out, the main and auxiliary equipment was checked. Literary and patent information on improving energy efficiency and reliability of centralized heat supply sources was analyzed. A mathematical model was developed and a study was conducted to determine the indicators of the thermal circuit under the conditions of installation of a cogeneration plant. The development of the technology for installing a cogeneration system based on an internal combustion engine was carried out; the development of the estimate and the calculation of the technical and economic indicators of the operation of the boiler room with a gas-piston cogeneration unit were carried out, and measures for labor protection and safety in emergency situations were developed.

The illustrative part consists of 8 sheets.

Key words: water heating boiler house, thermal scheme, gas-piston cogeneration plant, technical and economic indicators

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ	6
1.1 Аналіз теплової схеми котельні.....	6
1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму	8
1.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання	17
1.4 Висновки до розділу 1	22
2 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ІНШОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	24
2.1 Методи підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності джерел централізованого теплопостачання.....	24
2.2 Методи підвищення надійності роботи джерел централізованого теплопостачання	26
2.3 Висновки до розділу 2	28
3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЗА УМОВ ВСТАНОВЛЕННЯ ГАЗОПОРШНЕВОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ	29
3.1 Загальна характеристика математичної моделі.....	29
3.2 Результати дослідження показників котельні з когенераційною установкою.....	31
3.3 Висновки до розділу 3	37
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В КОТЕЛЬНОЇ «ПІВДЕННА – 3»	39
4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали	39
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	46
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань	48
4.4 Витрата паливно-енергетичних ресурсів.....	50
4.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт	53
4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	59
4.6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	63
4.6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	69

4.7 Висновки до розділу 4	71
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	72
5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання	72
5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі	79
5.3 Висновки до розділу 5	83
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
ДОДАТОК А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	92
ДОДАТОК Б Технічне завдання	93
ДОДАТОК В Графічна частина	99

ВСТУП

Актуальність теми. Основним джерелом централізованого теплопостачання великих населених пунктів залишаються газові водогрійні котельні обладнані котлоагрегатами типу ПТВМ, КВГМ, ТВГ, КВГ.

Другою за впливом складовою собівартості вироблення теплоти для середніх та великих опалювальних водогрійних котелень є витрати на електричну енергію для допоміжного обладнання котельні, а саме вентиляторів, димососів, насосів і таке інше. Тому скорочення цієї складової дозволить значно зменшити собівартість вироблення теплоти.

Також, оскільки котельні є енергозалежними і за відсутності електропостачання мають бути відключені і останнім часом в Україні наявний відчутний дефіцит електроенергії, що може призводити до планових та аварійних відключень електроенергії, надійність теплопостачання ставиться під загрозу.

В даній роботі розглянуто варіант встановлення газопоршневої когенераційної установки для диверсифікації електропостачання центральної котельні. Тому тема магістерської кваліфікаційної роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. На кафедрі теплоенергетики виконується кафедральна науково-дослідна держбюджетна робота 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних середовищ і потоків в елементах теплобіотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування». Дана магістерська кваліфікаційна робота виконується у відповідності із цією кафедральною темою.

Метою роботи є підвищення енергоефективності та надійності теплопостачання шляхом встановлення газопоршневої когенераційної установки в котельні «Південна – 3» м. Чернівці.

Для досягнення вищенаведеної мети розв'язані такі **завдання**:

- аналіз показників існуючої теплової схеми об'єкту проектування;

- аналітичний огляд літературної та іншої інформації щодо підвищення енергоефективності та надійності джерел централізованого теплопостачання;
- математичне моделювання показників теплової схеми за умов встановлення газопоршневої когенераційної установки;
- розробка технології монтажу когенераційної системи в котельні «Південна – 3»;
- розробка заходів, пов'язаних з охороною праці та цивільним захистом;
- розробка економічних показників газопоршневої когенераційної системи.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є ефективність вироблення теплоти в опалювальній котельні.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є ефективність встановлення когенераційної установки в опалювальній котельні.

Новизна одержаних результатів

- Завдяки впровадженню розробленої математичної моделі визначено показники енергоефективності впровадження газопоршневої когенераційної установки в опалювальній котельні «Південна – 3» м. Чернівці.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи був апробований у вигляді доповіді на науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ 2024 р.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Результати роботи опубліковані у тексті тез доповіді науково-технічної конференції ФБЦЕІ ВНТУ [1].

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ЗА ІСНУЮЧОЮ ТЕПЛОВОЮ СХЕМОЮ

1.1 Аналіз теплової схеми котельні

В тепловій схемі (рис. 1.1) зворотна мережна вода від споживачів подається в котельню на всмоктування п'яти мережних насосів марки Д через грязьовик для виловлювання механічних часток, а також його байпас. Мережними насосами очищена зворотна вода подається на котли. В котлах вода підігрівається до 150°C. На трубопроводах прямої і зворотної мережної води кожного котла потрібно встановити запірну арматуру для забезпечення можливості безаварійного відключення кожного теплогенератора від опалювальної системи за необхідності виконання ремонтних робіт. Для дистанційного управління засувки на зворотному трубопроводі обладнанні електроприводом. На кожному котлі встановлюються запобіжні клапани, призначені для захисту водогрійного котла від недопустимого підвищення тиску.

Для забезпечення значення температури води на вході в котлоагрегат не менше 70°C передбачаються рециркуляційні лінії. Підживлення системи здійснюється хіміочищенню деаерованою водою, що готується в автоматичній хімводоочистці, за допомогою чотирьох підживлювальних насосів. Для якісної хімводоочистки встановлений підігрівник підживлювальної води І підігріву, що заживлений водою з котла. Для якісної деаерації хіміочищена вода підігрівається у водопідігрівнику II підігріву перед деаераційною колонкою. Цей теплообмінник також заживлений водою з котла. Для запасу хіміочищеної деаерованої води передбачаються два баки запасу живильної води об'ємом 25 м³ та 50 м³.

Для забезпечення заданого температурного графіку тепломережі в тепловій схемі встановлена лінія перепускання, через яку частина води з зворотного трубопроводу після мережних насосів підмішується в воду з подавального трубопроводу.



Трубопроводи котельні та мережні лінії підлягають антикорозійному покриттю та тепловій ізоляції.

Водопостачання котельні передбачається від існуючої водопровідної мережі через водомірний вузол.

Для зливу води із котлів передбачений дренажні трубопроводи з арматурою.

Для запобігання протитоку рідкого теплоносія на основних лініях передбачено встановлення зворотних клапанів.

Розрідження в вакуумному деаераторі забезпечується системою з робочою рідиною, що прокачується насосами марки К через інжектор ЄВ-30, що дозволяє забезпечити тиск в деаераторі на рівні 0,3 бар.

1.2 Розрахунок теплової схеми для максимального опалювального режиму

Приєднане навантаження в розрахунковому режимі складає 45,7 ГКал/год або 53,15 МВт [2]. Система теплопостачання замкнута, графік мережної води 105/70°C, температура сирової технічної води 5°C. Температура зовнішнього повітря мінус 20°C. Частка підживлення мережі 0,5%. Температура хімічищеної води 30°C. Температура хімічищеної води перед деаератором 68 °C.

Втрати теплоти мережної води в трубопроводах приймаємо 8,5% або 1,5 °C в подавальному та зворотному трубопроводах.

Витрата мережної води [3]

$$G_{\text{TM}} = \frac{Q_{\text{приєднане}}}{C_p (t'_{\text{п}} - t'_{\text{зв}})} \quad , \quad (1.1)$$

$$G_{\text{TM}} = \frac{53150}{4,19 \cdot (103,5 - 71,5)} = 396,4 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води в лінії перепускання системи опалення

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{тм}} \frac{t''_{\text{кот}} - t_{\text{п}}}{t''_{\text{кот}} - t_{\text{зв}}}, \quad (1.2)$$

$$G_{\text{пер}} = 396,4 \frac{150 - 105}{150 - 70} = 223 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для підживлення втрат в тепловій мережі

$$G_{\text{пж}} = G_{\text{тм}} \cdot \alpha, \quad (1.3)$$

$$G_{\text{пж}} = 396,4 \cdot 0,01 = 3,964 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата сирої води

$$G_{\text{св}} = G_{\text{пж}} \cdot 1,2, \quad (1.4)$$

$$G_{\text{св}} = 3,964 \cdot 1,2 = 4,76 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність підігрівника сирої води (підігрівника I підігріву)

$$Q_{\text{пI}} = G_{\text{св}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}), \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{пI}} = 4,76 \cdot 4,19 \cdot (30 - 5) = 498,6 \text{ (кВт)}.$$

Потужність підігрівника хімічищеної води (підігрівника II підігріву)

$$Q_{\text{ПІІ}} = G_{\text{ПЖ}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t_{\text{Д}} - t_{\text{ХВО}}), \quad (1.6)$$

$$Q_{\text{ПІ}} = 3,964 \cdot 4,19 \cdot (68 - 30) = 631,1 \text{ (кВт)}.$$

Витрата води з котлів на живлення підігрівників І та ІІ підігріву

$$G_{\text{Гр}} = \frac{Q_{\text{ПІ}} + Q_{\text{ПІІ}}}{c_{\text{В}} \cdot (t_{\text{К}}'' - t_{\text{ЗВ}})}, \quad (1.7)$$

$$G_{\text{Гр}} = \frac{498,6 + 631,1}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 3,36 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата грієної води на деаератор

$$G_{\text{Д}} = G_{\text{ПЖ}} \frac{t_{\text{Д}} - t_{\text{ПЖ}}}{t_{\text{КОТ}}'' - t_{\text{Д}}}, \quad (1.8)$$

$$G_{\text{Д}} = 3,964 \frac{70 - 68}{150 - 70} = 0,0991 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води перед лінією рециркуляції

$$G_{\text{перед рец}} = G_{\text{ТМ}} + G_{\text{Д}} + G_{\text{Гр}}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{перед рец}} = 396,4 + 0,0991 + 3,36 = 399,9 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед лінією рециркуляції

$$t_{\text{перед рец}} = \frac{(G_{\text{ТМ}} - G_{\text{ПЖ}}) \cdot t_{\text{ЗВ}} + (G_{\text{ПЖ}} + G_{\text{Д}}) \cdot t_{\text{ПЖ}} + G_{\text{Гр}} \cdot t_{\text{ЗВ}}}{G_{\text{перед рец}}}, \quad (1.10)$$

$$t_{\text{перед рец}} = \frac{(396,4 - 3,964) \cdot 70 + (3,964 + 0,0991) \cdot 70 + 3,36 \cdot 70}{399,9} = 70 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{перед рец}} \frac{t'_{\text{кот}} - t_{\text{перед рец}}}{t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}}, \quad (1.11)$$

$$G_{\text{рец}} = 399,9 \frac{70 - 70}{150 - 70} = 0 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води на мережних насосах

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{перед рец}} + G_{\text{рец}}, \quad (1.12)$$

$$G_{\text{мн}} = 399,9 + 0 = 399,9 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води перед котлами

$$G_{\text{к}} = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}}, \quad (1.13)$$

$$G_{\text{к}} = 399,9 - 223 = 176,9 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{к}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}}), \quad (1.14)$$

$$Q_{\text{кот}} = 176,9 \cdot 4,19 \cdot (150 - 70) \cdot (1 + 0,01) = 59885 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива [4]

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (1.15)$$

де $Q_{\text{н}}^p$ – нижча робоча теплота згорання палива, яка складає 34 МДж/м³;

$\eta_{\text{кот}}$ – ККД котла, який складає 90%.

$$B_p = \frac{59885}{34000 \cdot 0,90} = 1,957 \text{ (м}^3\text{/с)} = 7045 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Витрата умовного палива в котлоагрегатах

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}, \quad (1.16)$$

$$B_y = \frac{59885}{29,3 \cdot 0,90} = 2,271 \text{ (кг/с)} = 8,18 \text{ (т/год)}.$$

ККД котельні по відпуску теплоти

$$\eta = \frac{Q_{\text{приєднане}}}{B_y \cdot Q_{\text{н}y}^p}, \quad (1.17)$$

$$\eta = \frac{53150}{2,271 \cdot 29300} = 0,799.$$

1.3 Розрахунок теплової схеми для середньо-опалювального режиму

У тепловій схемі даної котельні використано центральне якісне регулювання – а саме регулювання подавання теплоти на котельні, при цьому подавання теплоти регулюється змінною температури теплоносія, але сталою витратою [3].

Визначимо температуру в подавальному і зворотному трубопроводах при середній за опалювальний період температурі зовнішнього повітря $t_3 = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Розрахункова для опалення температура навколишнього повітря $t_{3,0} = -20^\circ\text{C}$. Температурний графік мережної води $105/70^\circ\text{C}$. Прийнята внутрішня температура в опалюваних приміщеннях $t_{в,р} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відносне теплове навантаження для опалення при поточній температурі t_3

$$\frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{в,р} - t_3}{t_{в,р} - t_{3,0}}, \quad (1.18)$$

$$\left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right) = \frac{20 - 0,5}{20 - (-20)} = 0,4875.$$

Температурний напір в розрахунковому режимі опалювального приладу

$$\Delta t_0 = \frac{t'' + t'}{2} - t_{в,р}, \quad (1.19)$$

$$\Delta t_0 = \frac{105 + 70}{2} - 20 = 67,5 \text{ } (^\circ\text{C}).$$

Перепад для розрахункового режиму температур мережної води

$$\Delta\tau_o = t'' - t', \quad (1.20)$$

$$\Delta\tau_o = 105 - 70 = 35 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перепад температур води для розрахункового режиму

$$\Theta_o = \Delta\tau_o = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура в подавальній трубі при t_3

$$\tau_1 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta\tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (1.21)$$

$$\tau_1 = 20 + 67,5 \cdot 0,4875^{0,8} + (35 - 0,5 \cdot 20) \cdot 0,4875 = 70,2 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура в зворотній трубі при t_3

$$\tau_2 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right)_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_o}{Q_o} \right), \quad (1.22)$$

$$\tau_2 = 20 + 67,5 \cdot 0,4875^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \cdot 0,4875 = 53,1 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Далі наведемо розрахунок теплової схеми за температурного графіка мережі 75/53°C. Охолодження води в мережних трубах системи опалення приймемо 8,5% або по 1 °C. Температура сирої води 8 °C.

Витрата води в мережі

$$G_{\text{тм}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)}{C_p (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (1.23)$$

$$G_{\text{тм}} = \frac{53150 \cdot 0,4875}{4,19(74 - 54)} = 309,2 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата мережної води в лінії перепускання системи опалення за (1.2)

$$G_{\text{пер}} = 309,2 \frac{150 - 75}{150 - 70} = 289,9 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата води для сталого підживлення теплової мережі за (1.3)

$$G_{\text{пж}} = 309,2 \cdot 0,01 = 3,092 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата сирої води за (1.4)

$$G_{\text{св}} = 3,092 \cdot 1,2 = 3,71 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність підігрівника сирої води (підігрівника I підігріву) за (1.5)

$$Q_{\text{пI}} = 3,71 \cdot 4,19 \cdot (30 - 5) = 388,7 \text{ (кВт)}.$$

Потужність підігрівника хімічищеної води (II підігріву) за (1.6)

$$Q_{\text{пII}} = 3,092 \cdot 4,19 \cdot (68 - 30) = 492,3 \text{ (кВт)}.$$

Витрата води з котлів на підігрівники I та II підігріву за (1.7)

$$G_{\text{гр}} = \frac{388,7 + 492,3}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 2,62 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата грійної води на деаератор за (1.8)

$$G_{\text{д}} = 3,092 \frac{70 - 68}{150 - 70} = 0,0773 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води перед лінією рециркуляції за (1.9)

$$G_{\text{перед рец}} = 309,2 + 2,62 + 0,0773 = 311,9 \text{ (кг/с)}.$$

Температура води перед лінією рециркуляції за (1.10)

$$t_{\text{перед рец}} = \frac{(309,2 - 3,092) \cdot 53 + (3,092 + 0,0773) \cdot 70 + 2,62 \cdot 70}{311,9} = 53,3 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Витрата води в лінії рециркуляції за (1.11)

$$G_{\text{рец}} = 311,9 \frac{70 - 53,3}{150 - 70} = 65,04 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води на мережних насосах за (1.12)

$$G_{\text{мн}} = 311,9 + 65,04 = 376,9 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата зворотної води перед котлами за (1.13)

$$G_{\text{к}} = 376,9 - 289,9 = 87,07 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність котельні за (1.14)

$$Q_{\text{кот}} = 87,07 \cdot 4,19 \cdot (150 - 70) \cdot (1 + 0,01) = 29478 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата палива за (1.14)

$$B_p = \frac{29478}{34000 \cdot 0,90} = 0,963 \text{ (м}^3\text{/с)} = 3470 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Витрата умовного палива за (1.15)

$$B_y = \frac{29478}{29300 \cdot 0,90} = 1,118 \text{ (кг/с)} = 4,0 \text{ (т/год)} [4].$$

ККД котельні по відпуску теплоти за (1.16)

$$\eta = \frac{53150 \cdot 0,4875}{1,118 \cdot 29300} = 0,791 \text{ .}$$

1.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання

Перевірка котлоагрегатів

Для розрахункового режиму потужність котельні складає 59263 кВт або 50,96 ГКал/год. На котельні встановлено 3 газові водогрійні котли ПТВМ-30М потужністю по 40,7 ГКал/год [2], тобто цієї потужності достатньо для покриття пікових навантажень, маючи резервний котел.

Перевірка насосів

В котельні встановлені мережні насоси (2 шт.), підживлювальні насоси (5 шт.), підживлювальні насоси (4 шт.), насоси сирієї води (2 шт.), насоси робочої рідини для ежектора вакуумного деаератора (2 шт.).

Подача мережних насосів для максимального їх навантаження

$$V_{\text{мн}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{мн}} \cdot 3600}{\rho_{\text{мн}}}, \quad (1.24)$$

де $G_{\text{мн}}$ – масова витрата води через насоси, кг/с;

$\rho_{\text{мн}}$ – густина води на вході в насоси, яку приймаємо у значенні 980 кг/м³ при температурі 70°C.

$$V_{\text{мн}} = \frac{1,1 \cdot 399,8 \cdot 3600}{980} = 1615 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На цій котельні встановлено три насоси Д 1250-100, один насос Д 800-56 та один насос Д 630-90. Таким чином, будуть працювати тільки два насоси з сумарною електричною потужністю $N_{\text{мн}} = 750$ кВт [4].

Подача насосів підживлювальної води в зворотний трубопровід складає

$$V_{\text{пж}} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot 3,964 \cdot 3600}{980} = 32,0 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На даній котельні встановлено два насоси КМ 80-50-200, один насос К 100-80-160 та один насос К 45/30. Таким чином, достатньо роботи одного насоса з електричною потужністю $N_{\text{пж}} = 15$ кВт [4].

Подача насосів сирії води складає

$$V_{\text{св}} = \frac{1,1 \cdot 4,76 \cdot 3600}{995} = 18,9 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено два насоси КМ 80-50-200. Таким чином, достатньо роботи одного насоса з електричною потужністю $N_{\text{св}} = 15$ кВт [4].

Тягодуттєве обладнання для котлів ПТВМ-30М це по одному вентилятору ВДН-11,2 з електричною потужністю 55 кВт та по одному димососу ДН-21 з електричною потужністю 90 кВт [4].

В розрахунковому режимі працюють два котли, а в середньому опалювальному – один котел.

Розрахункову електричну потужність власних потреб котельні визначимо як суму активних потужностей працюючого обладнання даної котельні, а саме підживлювального насосу, відцентрових насосів системи опалення та системи гарячого водопостачання, насосів рециркуляції, вентиляторів, димососів тощо

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{МН}} + N_{\text{ПЖ}} + N_{\text{СВ}} + N_{\text{ВЕНТ}} + N_{\text{ДИМ}} , \quad (1.25)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} = 750 + 15 + 15 + 55 \cdot 2 + 90 \cdot 2 = 1070 \text{ (кВт)};$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{сер}} = 750 + 15 + 15 + 55 + 90 = 925 \text{ (кВт)}.$$

1.5 Техніко-економічні показники роботи котельні за існуючою схемою

Для точного підрахунку амортизації необхідно знати балансову вартість котельні. Задамося орієнтовним значенням 50 млн. грн [5].

Витрати палива за повний рік

$$B_{\text{річ}} = (B_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + B_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + B_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600 , \quad (1.26)$$

$$B_{\text{річ}} = (1,957 \cdot 30 + 0,963 \cdot 3816 + 0 \cdot 4914) \cdot 3600 = 13,44 \text{ (млн.м}^3\text{/рік)}.$$

Річне виробництво теплоти

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.27)$$

$$Q_{\text{річ}} = (53150 \cdot 30 + 25910 \cdot 3816 + 0 \cdot 3504) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 361691 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок витрат коштів на паливо

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \Pi, \quad (1.28)$$

де Π – осереднена ціна палива, приймаємо 9 грн/м³

$$S_{\text{пал}} = 13,37 \cdot 9 = 121,0 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати підготовленої води на підживлення мережі

$$G_{\text{в}} = \frac{G_{\text{пж}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 365}{1000}, \quad (1.29)$$

$$G_{\text{в}} = \frac{(4,76 \cdot 30 + 3,71 \cdot 3816 + 0 \cdot 3504) \cdot 3600}{1000} = 51485 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок витрат коштів на воду для водогрійних котлів [6]

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (1.30)$$

$$S_{\text{в}} = 51480 \cdot 18 = 926,7 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію власних потреб

$$S_{\text{еe}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \text{Ц}, \quad (1.31)$$

де Ц – тариф за електроенергію, дорівнює 8,64 грн/кВт·год.

N – потужність електрична власних потреб котельні, кВт.

$$S_{\text{еe}} = (1070 \cdot 30 + 925 \cdot 3816 + 0 \cdot 3504) \cdot 8,64 = 24,36 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Розрахунок оплати праці [6]

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (1.32)$$

де ЗП – середня заробітна плата

$$S_{\text{зп}} = 0,6 \cdot 59,3 \cdot 10000 \cdot 12 \cdot 1,41 = 6,02 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 7,5\% \cdot K, \quad (1.33)$$

де K – капіталовкладення (вартість основних фондів).

$$S_A = 0,075 \cdot 50 = 3,75 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на поточний ремонт обладнання

$$S_p = 0,2 \cdot S_A, \quad (1.34)$$

$$S_p = 0,2 \cdot 3,75 = 0,75 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати [7]

$$S_I = 0,01 \cdot (S_{\text{пал}} + S_{\text{еє}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p), \quad (1.35)$$

$$S_I = 0,01 \cdot (121 + 24,36 + 0,927 + 6,02 + 3,75 + 0,75) = 1,569 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати [7]

$$S = S_{\text{пал}} + S_{\text{еє}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p + S_I, \quad (1.36)$$

$$S_I = 121 + 24,36 + 0,927 + 6,02 + 3,75 + 0,75 + 1,569 = 158,4 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Собівартість виробництва теплоти

$$C_B = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}, \quad (1.37)$$

$$C_B = \frac{158,4 \cdot 10^3}{361691} = 437,9 \text{ (грн/ГДж)} = 1834 \text{ (грн/ГКал)}.$$

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи виконано аналіз об'єкту проектування МКР – водогрійної котельні для централізованого опалення будівель у м. Чернівці «Південна – 3». Проаналізовано теплову схему, визначені показники її роботи в максимальному та середньому за опалювальний період режимах. Перевірені показники встановленого основного та допоміжного обладнання котельні. Вказано, що для підвищення надійності ро-

боти обладнання бажано передбачити диверсифікацію енергопостачання електроспоживаючого обладнання котельні. Розраховані техніко-економічні показники, виявлено, що собівартість теплоти 1834 грн/Гкал, тобто котельня потребує заходів з підвищення її енергетичної та економічної ефективності.

Проведені розрахунки та аналіз показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою дозволили сформулювати наступні задачі дослідження:

- Аналіз літературної та іншої інформації щодо підвищення ефективності та надійності джерел централізованого теплопостачання;
- розроблення математичної моделі та дослідження показників котельні за умов встановлення газопоршневої когенераційної системи;
- розробка технології монтажу когенераційної системи в складі водогрійної опалювальної котельні;
- розробка заходів з охорони праці та дії в умовах надзвичайної ситуації;
- розроблення економічних показників впровадження когенераційної системи на базі водогрійної опалювальної котельні.

2 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ІНШОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Методи підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності джерел централізованого теплопостачання

Методи підвищення ефективності централізованих систем теплопостачання можуть призводити до комплексного ефекту, коли одночасно покращуються показники енергетичної, екологічної та економічної ефективності.

Підвищення енергетичної ефективності джерел централізованого теплопостачання може бути досягнуте за допомогою таких методів [8 - 13].

1. Заміна застарілого обладнання більш ефективними моделями може значно знизити споживання енергії. Використання вискоефективних котлів та теплових насосів може допомогти зменшити споживання палива.
2. Впровадження автоматизованих систем управління, таких як системи управління пальниками, вентиляторами, димососами, насосами, освітленням, опаленням та кондиціонуванням повітря, дозволяє оптимізувати споживання енергії в залежності від потреб.
3. Покращення теплової ізоляції трубопроводів котельні та теплових мереж може значно зменшити втрати тепла і підвищити ефективність теплопостачання.
4. Використання систем рекуперації тепла димових газів котлів дозволяє використовувати тепло, яке раніше втрачалось, для підігріву повітря чи води.
5. Заміна традиційних джерел енергії на відновлювані, такі як біомаса, енергія атмосферного повітря та ґрунту може зменшити залежність від викопного палива та сприяти збереженню енергії.
6. Використання когенераційних та тригенераційних установок для підвищення ефективності вироблення енергії та зменшення витрат умовного палива на виробництво теплової, електричної енергії та/або холоду.

Для підвищення екологічної ефективності газової опалювальної котельні можуть бути рекомендовані ті ж методи, що наведені вище. Крім того, можуть бути запропоновані такі підходи.

1. Встановлення систем очищення димових газів, таких як фільтри або каталітичні конвертори, може значно зменшити викиди оксидів азоту та інших забруднюючих речовин.
2. Використання технологій спалювання з низьким вмістом кисню або високотемпературного згоряння може допомогти зменшити кількість утворюваних оксидів азоту.
3. Системи моніторингу викидів дозволяють вчасно виявляти проблеми та вживати заходи для їх усунення.

Для підвищення економічності роботи котельні, крім наведених вище, використовують такі методи [11 - 15].

1. Проведення регулярного технічного обслуговування допомагає зберігати оптимальну продуктивність котельні.
2. Систематичне підвищення кваліфікації персоналу для забезпечення економічної та безаварійної експлуатації.
3. Оптимізація експлуатаційних витрат під час вироблення енергії для мінімізації собівартості енергії.

Для оцінки ефективності використання енергоресурсів в котельні централізованого теплопостачання необхідно провести енергетичний аудит із складанням паливно-енергетичного балансу, визначенням об'єктів суттєвого споживання енергії, складанням структури споживання енергії. Необхідно виявити основні впливові фактори, що визначають ефективність котельні виконати регресійний аналіз (виявити характеристику впливу цього фактора).

2.2 Методи підвищення надійності роботи джерел централізованого теплопостачання

Надійність та безперебійність роботи джерел централізованого теплопостачання обумовлюється різними факторами [16 - 18].

1. Регулярне технічне обслуговування і підтримка обладнання, такого як котли, насоси, трубопроводи та інші компоненти центральної котельні є ключовими для забезпечення надійності.
2. Якість та достатність палива, в даному випадку природного газ впливає на надійність, оскільки перерви у паливопостачанні або стрибки тиску можуть призвести до перебоїв у роботі котельні.
3. Автоматизоване управління системою та моніторинг системи теплопостачання дозволяє вчасно виявляти технічні проблеми та реагувати на них, що допомагає збільшити надійність системи.
4. Наявність резервного джерела живлення або диверсифікація енергопостачання котельні (дизель-генератори, сонячні панелі, когенераційні установки) може забезпечити безперебійну роботу системи теплопостачання в разі аварій або перебоїв у електропостачанні.
5. Стан та надійність мережевої інфраструктури, такої як електричні, газові та теплові мережі, впливає на надійність теплопостачання. Наявність стабільної інфраструктури зменшує ризик виникнення проблем та аварій.
6. Екстремальні погодні умови, такі як сильні морози чи бурі, можуть впливати на надійність теплопостачання, особливо якщо джерело теплопостачання не призначене для таких умов.
7. Навички та досвід персоналу, який відповідає за обслуговування та експлуатацію системи теплопостачання, також впливають на надійність. Кваліфікований персонал може швидко виявляти та вирішувати проблеми, що забезпечує безперебійну роботу системи.

Перерви у енергопостачанні можуть призводити до таких загроз.

1. Переохолодження приміщень під час опалювального періоду, що може призвести до виходу з ладу системи опалення будинків.
2. Ненадійне енергопостачання може призвести до різких перепадів напруги, що може пошкодити електричне обладнання котельні, таке як насоси, електронні системи керування та інші компоненти.
3. В холодний період року переохолодження трубопроводів в критичних місцях котельні може призводити до виходу з ладу обладнання теплопроводів, погіршення роботи системи підготовки або подачі палива.
4. Аварійне відключення електропостачання може призвести до накопичення незгорілого палива, недостатньо надійного відведення димових газів, припинення циркуляції теплоносія, короткого замикання або перегріву обладнання, що може спричинити пожежу.
5. Таким чином, ненадійне енергопостачання може призвести до втрати палива та електроенергії, а також до додаткових витрат на відновлення обладнання та відновлення роботи системи теплопостачання.

Останнім часом спостерігається ситуація з все частішими відключеннями електропостачання, що може призводити до негативних наслідків, описаних вище. В зв'язку з цим джерела централізованого теплопостачання потребують рішень, що дозволять підвищити надійність та безперебійність теплопостачання споживачів.

В той же час аналіз економічних та енергетичних показників даної котельні показав наявність потенціалу для підвищення її ефективності.

Одним з варіантів підвищення одночасно і надійності і енергоекономічної ефективності є встановлення когенераційної газопоршневої установки, що дозволить диверсифікувати електропостачання та забезпечить зменшення витрат умовного палива та техногенного навантаження на навколишнє середовище [19].

2.3 Висновки до розділу 2

Цей розділ присвячений аналізу літературної та іншої інформації щодо методів підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності центральних газових котелень, а також методи підвищення їх надійності.

Методи підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності в основному співпадають і полягають в підвищенні якості обслуговування обладнання, підвищенні рівня автоматизації керування технологічними процесами, заміні неефективного обладнання, впровадження відновлюваних джерел енергії та когенераційних енерготехнологій.

Проаналізована інформація щодо методів підвищення надійності та безперервності теплопостачання. Виявлено, що найбільший вплив на надійність має якісне обслуговування, комплексна автоматизація процесів, диверсифікація або встановлення резервних систем електропостачання.

Впровадження когенераційної газопоршневої установки на базі котельні дозволить покращити показники котельні в двох напрямках: підвищить надійність роботи джерела теплопостачання; підвищить енергетичну, екологічну та економічну ефективність вироблення теплоти на централізованій котельні.

3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЗА УМОВ ВСТАНОВЛЕННЯ ГАЗОПОРШНЕВОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Загальна характеристика математичної моделі

Розроблена модель для визначення показників роботи котельні за умов встановлення когенераційної установки є нелінійною, вона складається з 49 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь. Параметри моделювання для даної моделі є детермінованими, дискретними і за властивостями величин - кількісними. Дана модель є структурною, за використаними рівняннями статичною та одновимірною. Характер моделі дескриптивний (описовий), вона може бути розв'язана алгебраїчним аналітичним способом [20 - 23].

Розроблена математична модель визначення показників роботи котельні з газопоршневою когенераційною установкою реалізована в середовищі для виконання розрахунків Microsoft Excel.

В основі опису математичної моделі лежать такі рівняння як вирази теплові та матеріальні баланси потоків води та димових газів, енергетичний баланс газопоршневого двигуна, рівняння для визначення витрат теплоносіїв в основних точках теплової схеми, рівняння для визначення витрати палива та ККД обладнання тощо. Основні формули, що застосовані в математичному описі моделі наведені також в (1.1) – (1.37).

Початковими даними для проведення математичного моделювання є [22 - 23]:

- потужності окремих споживачів котельні;
- споживання електроенергії на власні потреби котельні;
- конструктивні та режимні характеристики газопоршневої когенераційної установки;

- температурні режимні показники роботи котельні та теплової мережі для забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
- значення втрат теплоти та води в теплових мережах котельні та системи ентралізованого теплопостачання;
- характеристики палива для котельні та газопоршневої когенераційної установки;
- значення ККД когенераційної установки по виробленню теплової та електричної енергії;
- фактична кількість діб опалювального та міжопалювального періоду і середня за опалювальний період температура навколишнього середовища;
- температурний графік роботи котлів та теплової мережі в залежності від температури навколишнього середовища;
- теплота згорання умовного та газового палива;
- значення ККД котлів, та когенераційної установки;
- необхідна приєднана потужність теплових споживачів;
- частка власних потреб у воді для хімводоочистки;
- рівень охолодження води в мережних трубопроводах;
- температура сирогої та хімочищеної води;
- тарифи на паливо, воду та електроенергію.

Кінцевими результатами даного моделювання є :

- річне виробництво теплоти та електроенергії;
- річні витрати палива на котли та на газопоршкову когенераційну установку;
- річні витрати на паливо, електроенергію, воду, амортизаційні відрахування, інші експлуатаційні витрати;
- собівартість теплової енергії;

- загальна економія умовного палива при комбінованому виробленні енергії в порівнянні з роздільним виробництвом теплоти та електроенергії.

Оцінка прийнятих допущень та спрощень, які були нами використані в процесі створення даної математичної моделі для визначення показників роботи котельні з газопоршневою когенераційною установкою [19]:

- термодинамічні властивості води та димових газів вибрані при середній температурі теплоносія;
- величина амортизаційних відрахувань прийнята в розмірі 7,5% від загальної балансової вартості об'єкта;
- втрати електроенергії в електромережах прийняті 13%;
- ККД теплової електростанції прийнятий 35%;
- задаємось осередненими значеннями охолодження води в подавальному та зворотному трубопроводах;
- задаємось осередненими значеннями ККД котлоагрегатів та когенераційних установок, що не відповідає реальним режимам експлуатації і призводить до необґрунтованого завищення ефективності обладнання;
- виконуємо розрахунки теоретичних теплових схем без врахування операційних втрат реального технологічного процесу.

3.2 Результати дослідження показників котельні з когенераційною установкою

Розроблена модель використана для виявлення ефективності процесу встановлення когенераційної установки на базі газопоршневого двигуна Jenbacher внутрішнього згорання в тепловій схемі водогрійної котельні «Південна - 3» в м. Чернівці.

Для оцінки техніко-економічних показників такої модернізації котельні виконано моделювання теплової схеми котельні із вбудованою КГУ, яка виробляє електричну енергію для забезпечення власних потреб котельні, а саме живлення електрообладнання, в тому числі насосів, димососів, вентиляторів тощо.

В розрахунках використані технічні характеристики газопоршневих когенераційних установок Jenbacher [19], що працюють на природному газі із викидами $\text{NO}_x = 250 \text{ мг/м}^3$. Характеристики наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики когенераційних установок на базі газопоршневих двигунів Jenbacher

Марка	Електрична потужність, кВт	Електричний ККД, %	Теплова потужність, кВт	Тепловий ККД, %
Jenbacher J208	294	37,6	410	52,4
Jenbacher J312	635	39,5	766	47,6
Jenbacher J412	851	40,3	979	48,1
Jenbacher J320	1067	39,9	1293	48,4
Jenbacher J416	1141	41,2	1362	47,4

Теплову енергію, що вироблена когенераційною установкою пропонується передати зворотній мережній воді перед лінією рециркуляції. Це дозволить зменшити витрату теплоти, що використовується для догріву зворотної води до необхідних 70°C перед котлом.

Таке технічне рішення виключає можливість роботи КГУ в розрахунковому опалювальному режимі, коли температура зворотної води дорівнює 70°C . Але такий режим триває 30 год на рік. Решту часу опалювального періоду когенераційна установка працюватиме.

З використанням вищеописаної математичної моделі проведені дослідження щодо ефективності встановлення когенераційних установок різної по-

тужності (таблиця 3.1) на котельні для часткового або повного покриття власних електричних потреб котельні. Результати показані на рис. 3.1 та 3.2.

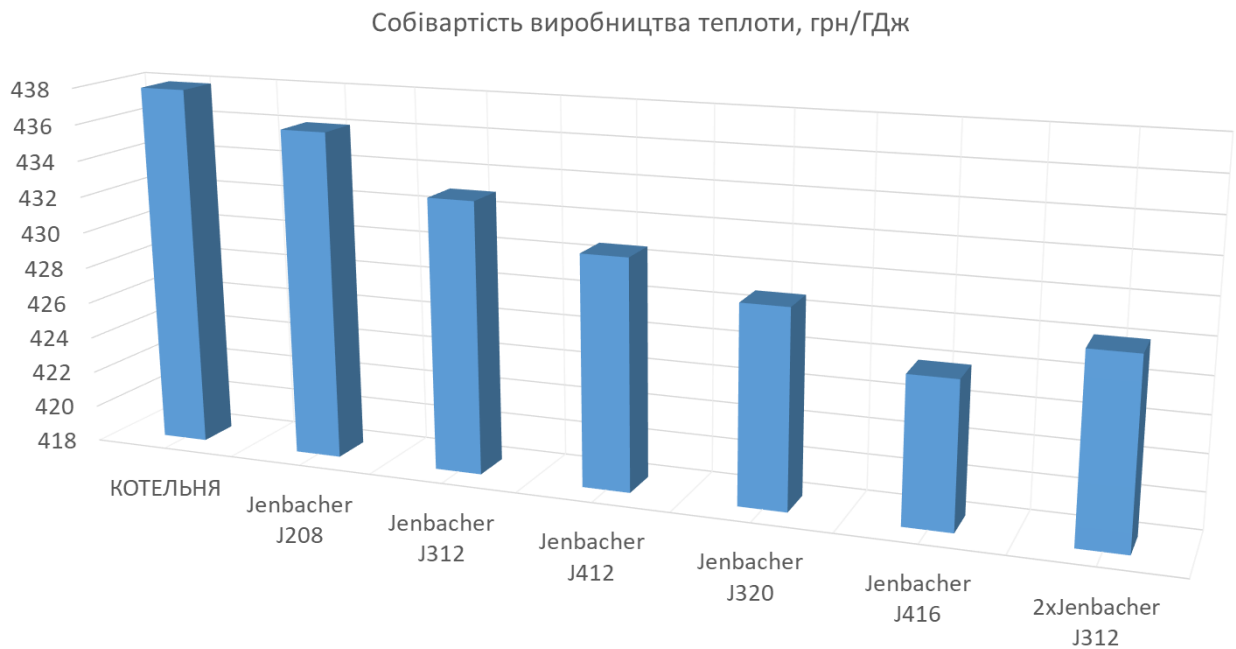


Рисунок 3.1 – Результати визначення собівартості теплової енергії від котельні, на якій встановлена когенераційна установка для забезпечення власних потреб в електричній енергії

Як видно з рисунків 3.1 та 3.2 за умов середньозваженої ціни природного газу для вироблення теплоти для населення та комерційних організацій на рівні 9 грн/м³ і ціні газу для вироблення електроенергії в комерційних цілях 24 грн/м³ використання газопоршневої когенераційної установки в котельні є економічно доцільним, хоча прості терміни окупності інвестицій досить високі.

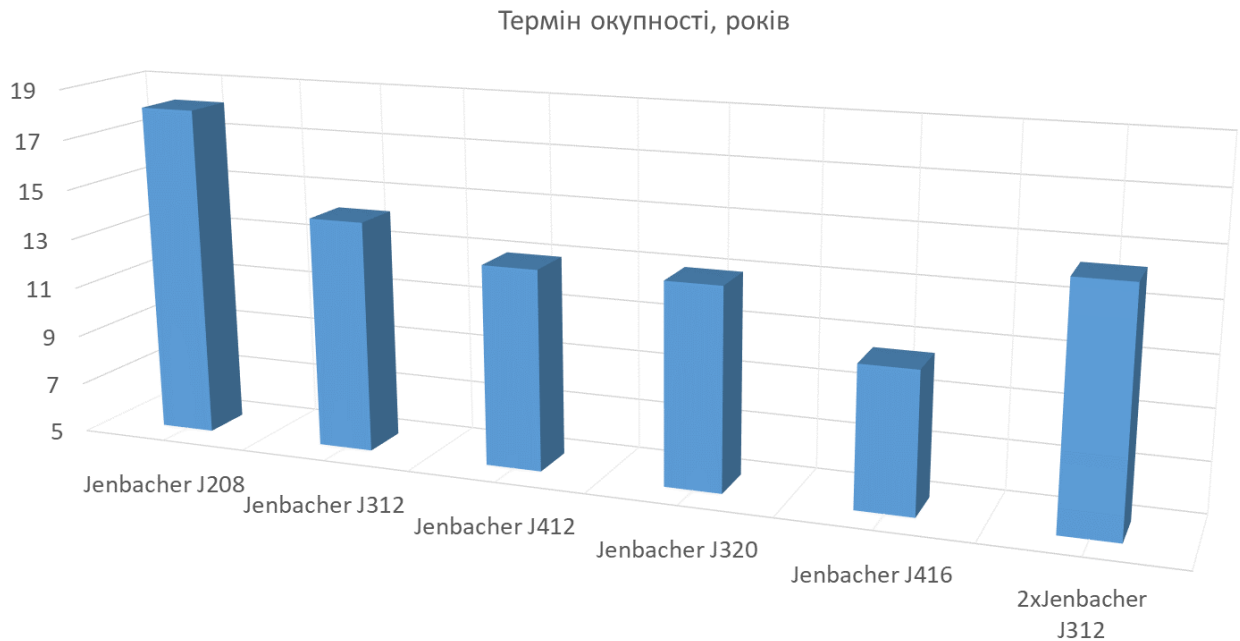


Рисунок 3.2 – Результати визначення терміну окупності встановлення когенераційної установки для забезпечення власних потреб в електричній енергії

Але за рахунок роботи КГУ можна отримати ряд переваг, які не враховані на даному етапі моделювання, а саме:

- диверсифікація та незалежність забезпечення електричною енергією, що дає можливість безперебійно працювати незалежно від стану електроенергетичної міста, скоротити ризики відключень електроенергії, вимушені простої і зв'язані з цим перевитрати палива;
- відбувається зменшення навантаження на об'єднану електроенергетичну мережу міста і всієї України, що дає можливість скоротити можливі планові та аварійні відключення населення та підприємств регіону;
- забезпечується зменшення річного небалансу завантаження електроенергетичної системи України, що дає можливість значно підвищити енергоефективність енергетики в опалювальний період року і забезпечити крім того енергонезалежність України;
- економія умовного палива для варіанту впровадження когенераційної газопоршневої системи в порівнянні з роздільною схемою постачання енер-

гії, де за основу взяті показники роботи та ефективності вугільних теплових електричних станцій.

Процес сумісного вироблення теплової та електричної енергії має більшу енергоефективність, ніж роздільна схема енергопостачання, коли теплота виробляється з використанням парових і водогрійних котелень, а електрична енергія постачається з теплових та атомних електричних станцій. В розрахунках прийнято, що ККД вугільної теплової електростанції складає 35%, а втрати електроенергії при транспортуванні від електростанції до споживача складають 13%.

На рис. 3.3 показані результати визначення економії умовного палива при встановленні когенераційних установок різних електричних потужностей (табл. 4.1) в порівнянні з роздільною схемою енергопостачання.

Економія умовного палива в порівнянні з роздільним виробленням енергії, %

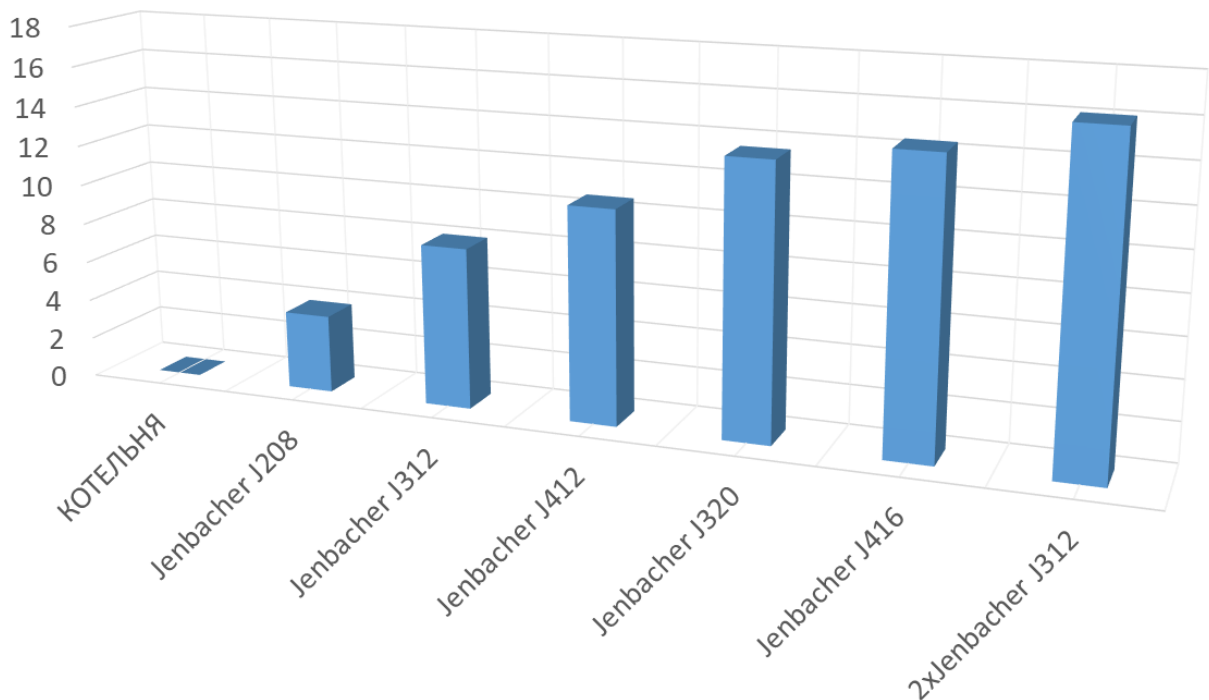


Рисунок 3.3 – Зменшення витрат умовного палива при роботі когенераційної установки в порівнянні з роздільним енергопостачанням

Слід відзначити, що економія умовного палива спричиняє пропорційне зменшення викидів таких шкідливих речовин, як парникові гази, оксид вуглецю, окисли азоту тощо, в процесі вироблення енергії.

Для повного забезпечення власних потреб в електричній енергії з невеликим запасом достатньо встановити когенераційну установку Jenbacher J320 з встановленою електричною потужністю 1067 кВт.

Як було вказано вище, недостатньо висока економічна ефективність котельні за умов встановлення газопоршневої когенераційної установки пов'язане із тимчасовим перекосом цін на енергоносії, а саме, на електроенергію та на викопне паливо - природний газ. В розрахунках економічних показників котельні тариф на електроенергію складає 6,84 грн/(кВт·год), а середній (з врахуванням різних споживачів) тариф на природний газ прийнято 9 грн/м³. З врахуванням теплоти згорання природного газу в розмірі 34 МДж/м³, співвідношення цін на одну кіловат-годину електроенергії та газу складає орієнтовно

$$\frac{C_{\text{ее}}}{C_{\text{газ}}} = 6,84 / (9 / (34000/3600)) = 7,18 ,$$

тобто для даного підприємства електроенергія в 7,18 рази дорожча, ніж природний газ.

В той же час комерційна ціна газу складає 24 грн/м³, тоді співвідношення цін складає 2,69.

Як відомо з попередніх періодів раціональним вважалось співвідношення цін на електричну енергію і природний газ в межах 2,5 ... 3.

З використанням розробленої математичної моделі проведено дослідження техніко-економічних показників котельні «Південна - 3» з встановленням когенераційної газопоршневої установки Jenbacher J320 для різних співвідношень ціни на комерційну електроенергію та на комерційний природний газ. Результати числових досліджень показані графіком на рис. 3.4.

Як показують розрахунки, використання когенераційної установки для покриття власних електричних потреб стає економічно доцільним при співвідношенні цін електроенергії та природного газу більше 2,4.

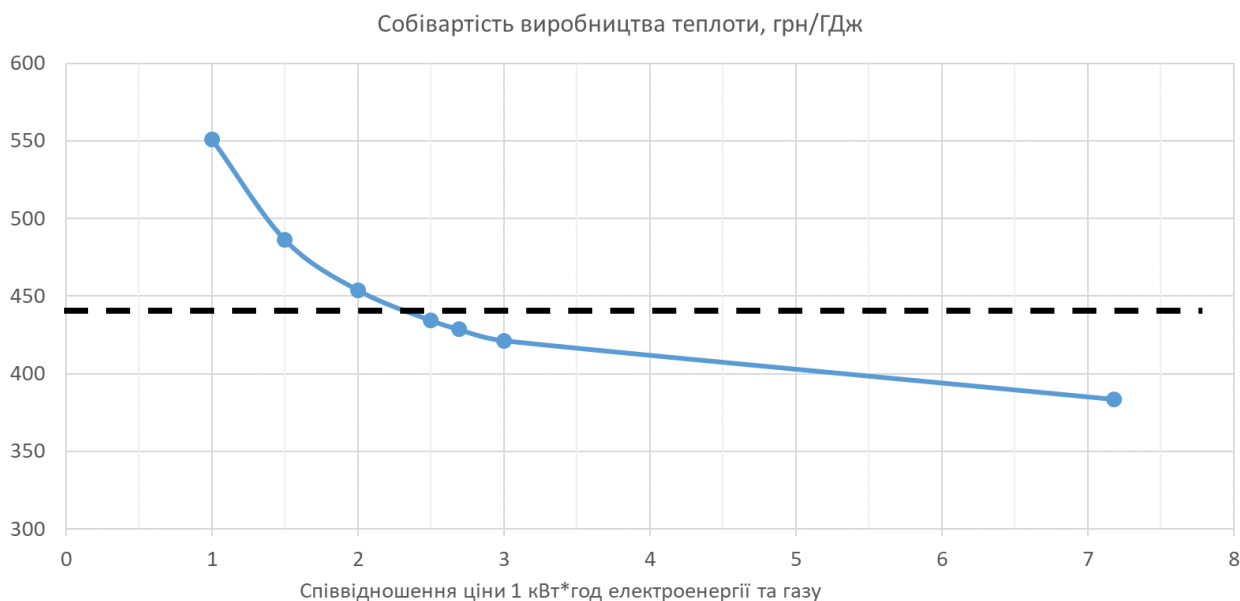


Рисунок 3.4 – Результати дослідження впливу співвідношення цін комерційної електроенергії та комерційного природного газу на собівартість вироблення теплоти на котельні з когенераційною установкою Jenbacher

Отже, при теперішньому співвідношенні цін на електроенергію і комерційний природний газ вироблення електроенергії газопоршневими двигунами є економічно доцільним, хоча має значні терміни окупності.

Але використання когенераційних установок для забезпечення власних електричних потреб котельні призводить до економії умовного палива, відповідного зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище в порівнянні з роздільною схемою енергопостачання, стабілізації роботи та зменшення навантаження на енергосистему України.

3.3 Висновки до розділу 3

В даному розділі розроблено математичну модель та проведено числові експерименти щодо ефективності встановлення когенераційної газопоршне-

вої установки для часткового або повного енергозабезпечення власних електричних потреб опалювальної котельні на базі двигунів Jenbacher.

За результатами числових експериментів виявлено, що при середньозваженій ціні природного газу для вироблення теплоти на котельні 9 грн/м³ і ціні комерційного газу для вироблення електроенергії в розмірі 24 грн/м³ використання газопоршневої когенераційної установки для покриття власних потреб є економічно доцільним, хоча має великі терміни окупності інвестицій. Але за рахунок роботи КГУ можна отримати ряд переваг, які не враховані на даному етапі моделювання, а саме:

- багатоваріантність та незалежність електропостачання, що дає можливість безперебійно працювати незалежно від стану енергосистеми міста, скоротити ризики відключень електроенергії, вимушені простої і зв'язані з цим перевитрати палива;
- скорочення навантаження на об'єднану електроенергетичу мережу міста і всієї України, що дозволить менше застосовувати планові та аварійні відключення населення та підприємств;
- скорочення річної нерівномірності перевантаження електроенергетичної системи України, що дозволить підвищити енергоефективність енергетики в зимовий період року і забезпечити енергонезалежність України;
- економія умовного палива від 3,9% до 16% для когенераційної системи в порівнянні з роздільною схемою постачання енергії, де за основу взяті показники ефективності енерговироблення вугільних теплових електричних станцій.

Досліджено вплив співвідношення цін комерційної електроенергії та комерційного природного газу на техніко-економічні показники роботи котельні з газопоршневою когенераційною установкою Jenbacher J320 для покриття власних електричних потреб. Визначено, що використання такої когенераційної установки для покриття власних електричних потреб є економічно доцільним при співвідношенні цін електроенергії та природного газу більше 2,4.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В КОТЕЛЬНОЇ «ПІВДЕННА – 3»

4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали

В даній МКР розробляється система монтажу когенераційної газопоршневої системи в котельні «Південна – 3» місто Чернівці. Паливом для котлоагрегатів на даній котельні є природний газ. З метою підвищення надійності енергопостачання на котельні встановлюється когенераційна система, що складається газопоршневого двигуна JENBACHER J320, теплоутилізатора кожухотрубного потужністю 1500 кВт, пластинчастого теплообмінника потужністю 1500 кВт, насосу Grundfos TP 80-240/2, насосу Grundfos MAGNA3 80-120, трубопроводів та необхідної арматури.

Газопоршневий двигун JENBACHER J320 призначений для виробництва 3-фазного електричного струму частотою 50 Гц, теплоти, холоду, CO₂. Як паливо для такого двигуна може слугувати: природний газ, біогаз, попутний газ, пропан та інші види паливних газів. В даному проекті використовується природний газ як паливо. За рахунок наявності клапану з електронним керуванням, що розташований після нагнітальника, забезпечується регулювання потужності за допомогою дросельної засувки і підтримується цілеспрямоване повернення паливної суміші. З врахуванням налаштування роботи на викиди NO_x на рівні 250 мг/н м³ двигун JENBACHER J320 має такі технічні характеристики: електрична потужність 1067 кВт, тепла потужність 1293 кВт, електричний коефіцієнт корисної дії 39,9%, тепловий коефіцієнт корисної дії 48,4 кВт [23].

Габаритні розміри двигуна JENBACHER J320: 5700x1900x2300 мм. Маса когенераційної системи на основі двигуна JENBACHER J320 складає 14,4 т. Циркуляція теплоносія (вода) через систему відведення теплоти (охолодження двигуна, мастила та відхідних газів) від газопоршневого двигуна

здійснюється за допомогою насосу Grundfos TP 80-240/2, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN80, номінальна подача 68 м³/год, номінальний напір 20,2 м вод. ст., монтажна довжина 360 мм, номінальна потужність 5,5 кВт [24].

Для забезпечення циркуляції теплоносія (розчин етиленгліколю) в системі відведення теплоти в навколишнє середовище (від теплообмінника до градирні) встановлено насос Grundfos MAGNA3 80-120, що має наступні характеристики: приєднання – фланцеве DN80, номінальна подача 37,4 м³/год, номінальний напір 9,79 м вод. ст., монтажна довжина 360 мм [24].

Внутрішні трубопроводи, що з'єднують елементи когенераційної системи передбачені із сталевих електрозварних труб ДСТУ 8943:2019 [25].

В даному проекті систему відведення теплоти в навколишнє середовище (градирня), систему постачання палива та накладання теплової ізоляції на трубопроводах не передбачено планом робіт.

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів та складання відомостей показано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість монтажних матеріалів і виробів

№ п.п	Найменування монтажного матеріалу	Один. вимір.	Кількість одиниць	Маса одної одиниці, кг	Маса загальна, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних монтажних матеріалах					
1	Газопоршневий двигун JENBACHER J320	шт	1	14400	14400
2	Теплообмінник вихлопних газів (кожухотрубний потужністю 1500 кВт) (у комплекті із двигуном)	шт	1		
3	Глушник вихлопних газів (у комплекті із двигуном)	шт	1		
4	Теплообмінник пластинчастий THERMAKS РТА(GX)-26 потужністю 1500 кВт	шт	1	558,4	558,4
5	Насос Grundfos TP 80-240/2	шт	1	90,4	90,4
6	Насос Grundfos MAGNA3 80-120	шт	1	29,7	29,7

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
7	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ø 108x3,5 мм	м	35,45	9,02	319,76
8	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ø133x4,5	м	26,35	14,26	375,75
9	Затвори «Батерфляй» PN 25 XUROX міжфланцеві, DN 300 [26]	шт	2	68	136
10	Затвори «Батерфляй» XUROX міжфланцеві, DN 125 [26]	шт	5	9,5	47,5
11	Затвори «Батерфляй» XUROX міжфланцеві, DN 100 [26]	шт	8	7	56
12	Кран триходовий фланцевий, ESBE 3F DN100	шт	2	21	42
13	Фільтр сітчастий Danfoss FVF, DN100, PN16	шт	1	25	25
14	Зворотний клапан шаровий Genebre 2453 12 DN100 PN16	шт	2	21,1	42,2
15	Теплолічильник Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100	шт	1	15,9	15,9
16	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ø325x8	м	4,85	62,54	303,32
17	Трубопровід із сталевих труб ДСТУ 8943:2019, Ø377x8	м	2,8	72,8	203,84
18	Відвід Ду 350, 90°	шт	2	57	114
19	Відвід Ду 300, 90°	шт	2	40	80
20	Трійник рівнопрохідний Ду 300	шт	2	54	108
21	Перехід Ø377/325	шт	2	23	46
22	Перехід концентричний 125/100	шт	3	1,7	5,1
23	Перехід концентричний 100/80	шт	4	1,0	4
24	Манометр технічний	шт	6	0,27	1,62
25	Термометр біметалевий трубчастий	шт	2	0,13	0,26
26	Опори під обладнання та трубопроводи з профільного металу	кг	243		243
					17247,75

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Потреба у допоміжних монтажних матеріалах					
Для монтажу газопоршневого двигуна JENBACHER J320 [27]					
27	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	13,9	0,07	973
28	Паливо дизельне з малосірчистих нафт	т	13,9	0,14	1976
29	Електроди, марка Э50А, діаметр 4 мм	т	13,9	0,001	13,9
30	Прокат металевий, товщина 10-12 мм, із сталі марки Ст3сп	т	13,9	0,03	417
31	Рейки залізні, тип Р43, із сталі марки НБ-61	м	13,9·0,7	44,65	434,44
32	Вода технічна	т	13,9	0,08	1112
33	Шпали просочені для залізниць широкої колії, обрізні та необрізні хвойні [крім модрини], тип І	шт	13,9·0,9	85	1105
34	Скоби будівельні	кг	13,9	1	13,9
Для монтажу опор під обладнання та трубопроводи [28]					
35	Болти з шестигранної голівкою оцинковані, діаметр різьби 12 мм	т	0,243	0,00044	0,107
36	будівельні цвяхи з плоскою голівкою 1,6x50 мм	т	0,243	0,00001	0,002
37	Канати пенькові просочені	т	0,243	0,0001	0,024
38	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	т	0,243	0,00003	0,007
39	Швелер N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглицевої звичайної якості, марка Ст0	т	0,243	0,00194	0,471
40	Електроди марка Э42, діаметр 2 мм	т	0,243	0,0004	0,097
41	Електроди марка Э46, діаметр 4 мм	т	0,243	0,004	0,972
42	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,243	0,002	0,486
43	Бруски обрізні з хвойних порід, 4-6,5 м, шириною 75-150 мм, товщиною 40-75 мм, 1 гатунок	м ³	0,243	0,00103	0,11
44	Грунтовка ГФ-021 червоно-коричнюва	т	0,243	0,00031	0,075
45	Розчинник, марка Р-4	т	0,243	0,00006	0,015
46	Канат тип ТК, подвійного звивання, оцинкований, маркувальна група 1770 Н/мм ² , із дроту марки В, діаметр 5,5 мм	10 м	0,243x 0,0187	1,165	0,005

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Для монтажу теплообмінника вихлопних газів потужністю 1500 кВт [27]					
47	Електроди марка Э50А, діаметр 4 мм	т	0,35	0,00485	1,697
48	Металеві прокладки	т	0,35	0,003	1,05
Для монтажу глушника вихлопних газів [27]					
49	Електроди марка Э50А, діаметр 4 мм	т	0,15	0,01	1,5
Для монтажу теплообмінника пластинчастого THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт [29]					
50	Азбестовий картон (КАОН-1) основного призначення, товщина 2 мм	т	1	0,005	5
51	Фарба земляна густотерта олійна, чсурик залізний	т	1	0,00008	0,08
52	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00798	7,98
53	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,44	0,44
54	Болти діаметр 16 мм з гайками та шайбами	т	1	0,00254	2,54
55	Болти діаметр 20 мм – 22 мм з гайками та шайбами	т	1	0,0058	5,8
56	Болти діаметр 24 мм з гайками та шайбами	т	1	0,0092	9,2
57	Вода	м ³	1	2,74	2740
58	Пароніт	т	1	0,00048	0,48
59	Плоскі приварні фланці із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см2), діаметр 100 мм	шт	4	3,96	15,84
Для монтажу трубопроводів [30]					
60	Електроди, діаметр 4 мм, Марка Є55	т	0,364 0,491 0,381 0,324	0,01 0,012 0,005 0,005	13,057
61	Кола армовані абразивні зачисні, діаметром 180х6мм		0,2794*0,364 0,3556*0,491 0,4826*0,381 0,508*0,324	0,345	0,345
62	Пароніт	т	0,364 0,491 0,381 0,324	0,002 0,002 0,003 0,003	3,825

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Для встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих [30]					
63	Болти з шестигранної голівкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,2 0,5 0,8	0,27 0,11 0,071	165,8
64	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,2 0,5 0,8	6,8 2,3 1,7	3,87
65	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 100 мм	шт	18	3,96	71,28
66	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 125 мм	шт	10	5,4	54
67	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 300 мм	шт	4	12,9	51,6
для встановлення фільтра сітчастого Danfoss FVF, DN100 [29]					
68	Електроди марка Э42, діаметр 4 мм	т	1	0,00028	0,28
69	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 100 мм	шт	2	3,96	7,92
для встановлення насосів Grundfos TP 80-240/2 та MAGNA3 80-120 [29]					
70	Електроди марка Э42, діаметр 4 мм	т	2	0,00039	0,78
71	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	2	0,07	0,14
72	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих різьбових стрижнів	т	2	0,0022	4,4
73	Болти діаметр 16 мм з гайками та шайбами	т	2	0,00127	2,54
74	Розчин марка М50, готовий кладковий важкий цементний	м ³	2	0,014	50,4
75	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 80 мм	шт	4	3,19	12,76
для встановлення теплолічильника Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 [29]					
76	Електроди марка Э42, діаметр 4 мм	т	1	0,00054	0,54

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
77	Прокладки гумові (пластина технічна пресо-вана)	кг	1	0,15	0,15
78	Болти діаметр 16 мм з гайками та шайбами	т	1	0,0015	1,5
79	Розчин марка М50 готовий кладковий важ-кий цементний	м ³	1	0,0001	1,8
80	Кріплення для трубопроводів (кронштейни)	кг	1	7,1	7,1
для встановлення кранів триходових фланцевих ESBE 3F та зворотних клапанів Genebre 2453 12 Dy 100 [30]					
81	Болти з шестигранної голівкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	0,5	0,071	35,5
82	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,5	1,7	0,85
83	Плоскі приварні фланці із сталі тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), ВСт3сп2, ВСт3сп3, діаметр 100 мм	шт	10	3,96	39,6
Для гідравлічного випробування трубопроводів [29]					
84	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	0,355 0,264	0,00005	0,031
85	Оліфа натуральна	кг	0,355 0,264	0,02	0,0124
86	Вода	м ³	0,355 0,264	3,8 16,3	5742
87	Очіс льняний	т	0,355 0,264	0,00002	0,0124
для монтажу термометрів [29]					
88	Масло індустріальне И-20А	т	2	0,00011	0,22
89	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
90	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
91	Фарба земляна густотерта олійна, сурик	т	2	0,00001	0,02
для монтажу манометрів [29]					
92	Пароніт	т	6	0,00004	0,24
93	Оліфа натуральна	кг	6	0,01	0,06
94	Очіс льняний	т	6	0,00001	0,06
95	Фарба земляна густотерта олійна, сурик за-лізний	т	6	0,00001	0,06
					5518,63

Загальна маса основного обладнання та допоміжних матеріалів
 $M_0 = 17247,75$ кг та $M_d = 5518,63$ кг відповідно.

Загальна маса матеріалів для доставки становить

$$\sum M_3 = 17247,75 + 5518,63 + 659,65 = 23426,03 \text{ кг.}$$

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад та об'єми робіт [27 – 30]:

1. Доставка обладнання когенераційної системи та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця проведення монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання – т. Загальна маса обладнання когенераційної системи, трубопроводів та арматури складає 23426 кг. Приймаємо об'єм $V=23,426$.
2. Розмітка місць, в яких проводиться прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів усіх типорозмірів з фасонними елементами і місцями для арматури складає $L=78,6$ м. Приймаємо $V = 0,786$.
3. Монтаж газопоршневого двигуна JENBACHER J320. Одиниці вимірювання – т. Маса газопоршневого двигуна складає 13900 кг. Приймаємо $V=13,9$.
4. Монтаж опор під обладнання та трубопроводи. Одиниці вимірювання – т. Маса опорних конструкцій складає 243 кг. Приймаємо $V=0,243$.
5. Монтаж теплообмінника вихлопних газів потужністю 1500 кВт. Одиниці вимірювання – т. Маса вказаного теплообмінника складає 350 кг. Приймаємо $V=0,35$.
6. Монтаж глушника вихлопних газів. Одиниці вимірювання – т. Маса вказаного теплообмінника складає 150 кг. Приймаємо $V=0,15$.
7. Монтаж теплообмінника пластинчастого THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт. Одиниці вимірювання – шт. В тепловій схемі котельні встановлюється 1 пластинчастий теплообмінник. Приймаємо $V=1$.
8. Прокладання трубопроводів Ду 350. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру та фасонних елементів складає 363,84 кг. Приймаємо $V=0,364$.
9. Прокладання трубопроводів Ду 300. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру та фасонних елементів складає 491,32 кг.

Приймаємо $V=0,491$.

10. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих, DN 300. Одиниці вимірювання – 10 шт. В когенераційній системі встановлюється 2 затвори вказаного типорозміру. Приймаємо $V=0,2$

11. Прокладання трубопроводів Ду 125. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру та фасонних елементів складає 380,85 кг. Приймаємо $V=0,381$.

12. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 125. Одиниці вимірювання – 10 шт. В когенераційній системі встановлюється 5 затворів вказаного типорозміру. Приймаємо $V=0,5$.

13. Встановлення фільтра сітчастого Danfoss FVF, DN100. Одиниці вимірювання – шт. У схемі когенераційної системи встановлюється 1 сітчастий фільтр. Приймаємо $V=1$.

14. Прокладання трубопроводів діаметром Ду 100. Одиниці вимірювання – т. Маса трубопроводів вказаного типорозміру та фасонних елементів складає 323,76 кг. Приймаємо $V=0,324$.

15. Встановлення насосів Grundfos TP 80-240/2 та Grundfos MAGNA3 80-120. Одиниці вимірювання – шт. У схемі когенераційної системи встановлюється 2 насоси масою до 100 кг кожен. Приймаємо $V=2$.

16. Встановлення теплोलічильника Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100. Одиниці вимірювання – шт. У схемі когенераційної системи встановлюється 1 теплोलічильник. Приймаємо $V=1$.

17. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 100. Одиниці вимірювання – 10 шт. В когенераційній системі встановлюється 8 затворів вказаного типорозміру. Приймаємо $V=0,8$.

18. Встановлення кранів триходових фланцевих ESBE 3F та зворотних клапанів Genebre 2453 12 Ду 100. Одиниці вимірювання – 10 шт. В когенераційній системі встановлюється 2 триходових і 2 зворотних крани вказаного типорозміру. Приймаємо $V=0,4$.

19. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниці вимірювання – шт. У схемі когенераційної системи встановлюється 2 термометри та 6

манометрів. Приймаємо $V=8$.

20. Гідравлічне випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів усіх типорозмірів з фасонними елементами і місцями для арматури складає $L=78,6$ м. Приймаємо $V = 0,786$.

21. Робоча перевірка діяльності системи в цілому. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів усіх типорозмірів з фасонними елементами і місцями для арматури складає $L=78,6$ м. Приймаємо $V = 0,786$.

22. Кінцева перевірка всієї системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів усіх типорозмірів з фасонними елементами і місцями для арматури складає $L=78,6$ м. Приймаємо $V = 0,786$.

23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання – т. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 659,65 кг. Приймаємо об'єм $V=0,66$.

4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Теплогенерувальне та допоміжне обладнання та трубопроводи на котельню привозяться централізовано автомобілем вантажним MERCEDES-BENZ Actros 3340 LS 6x4. Доставка деталей та обладнання до місця проведення монтажу проводиться за 2 рази. Технічні характеристики автомобіля наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики вантажного автомобіля MERCEDES-BENZ Actros 3340 LS 6x4 [31]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	18000
Колісна база	мм	3600
Кількість вісей	-	3
Повна маса автопотягу	кг	44000
Витрата палива	л/100 км	30

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний інвертор Redbo PRO ARC-250, основні характеристики, якого наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основна характеристика зварювального інвертора Redbo PRO ARC-250 [32]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Напруга живлення	В	380±10%
Максимальний зварювальний струм	А	250
Максимальний діаметр електрода	мм	5
Споживана потужність	кВт	5,6
Коефіцієнт потужності	-	0,93
Напруга холостого ходу	%	62
Маса	кг	11,2

Для зачищення деталей використовуємо кутову шліфувальну машину Stern ag-180a. Технічні характеристики наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика кутової шліф. Машини Stern ag-180a [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Частота обертання	об/хв	6000
Діаметр кола	мм	180
Потужність	Вт	2000
Маса	кг	3,7

Для виконання монтажу газопоршневого двигуна використовуємо автокран ХСМГ ХСТ25L4_S (25 тон), що має такі характеристики [34]:

- габаритні розміри: 11876x2550x3450 мм;
- навантаження на передню вісь 9000 кг;
- навантаження на задню вісь 8000 кг;
- максимальна швидкість 80 км/год;
- мінімальний діаметр поворота 23 м;
- витрата палива 30 л/100 км, 7,4 л/маш.-год;
- максимальна загальна вантажопідйомність 25000 кг;
- довжина основної стріли 10,4 – 34 м;
- швидкість підйому головною лебідкою за максимального навантаження 75 м/хв..

Для монтажу трубопроводів та опорних конструкцій під обладнання використовуємо монтажну лебідку JM-3 380V з наступними характеристиками [35]:

- тягове зусилля 3 т;
- ємність канатного барабану 200 м;
- діаметр канату 15 мм;
- розрахункова швидкість канату 0,28 м/с;
- потужність 11 кВт;
- напруга 380 В;
- габаритні розміри 1310x1010x640мм;
- маса 620 кг.

Для виконання всього обсягу монтажних робіт використовуємо стандартний набір інструментів.

Випробовування трубопроводів та системи в цілому проводимо за допомогою електричного пресувальника Rems E-PUCH 2, характеристики якого наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики пресувальника електричного Rems E-PUCH 2 [36]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність	л/хв	6,5
Робочий тиск	МПа	6
Потужність	кВт	1,3
Маса	кг	13

Загальна маса допоміжного обладнання складає 659,65 кг.

4.4 Витрата паливно-енергетичних ресурсів

Витрата пального для доставки комплекту матеріалів та виробів:

- відстань коротка 40 (км);
- кількість ходок транспорту $n=2$;

– витрата пального на одиницю шляху $Q=30$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставляння всього обладнання

$$Q_T = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (4.1)$$

$$Q_T = 30/100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 40 = 48 \text{ л.}$$

Тривалість роботи автокрана ХСМГ ХСТ25L4_S (25 тон)

$$\tau = 13,9 \cdot 2,1 = 29,19 \text{ (год).}$$

Необхідна кількість палива для виконання вантажних робіт

$$Q_B = 7,4 \cdot 29,19 = 216 \text{ (л).}$$

Загальна кількість пального

$$Q_\Sigma = Q_B + Q_T, \quad (4.2)$$

$$Q_\Sigma = 216 + 48 = 264 \text{ (л).}$$

Витрати електроенергії на роботи електроприладів

$$E_i = P_i \cdot \tau_i \quad (4.3)$$

де P_i – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ_i – термін роботи електроприладу, год;

Тривалість роботи зварного інвертора Redbo PRO ARC-250

$$\begin{aligned} \tau_{\text{звар}} = & 13,9 \cdot 1,47 + 0,243 \cdot 7,84 + 0,35 \cdot 8,59 + 0,15 \cdot 14,32 + \\ & + 1 \cdot 5,22 + 0,364 \cdot 14,4 + 0,491 \cdot 12,8 + 0,381 \cdot 22,5 + 0,324 \cdot 23,3 = 67,37 \text{ (год).} \end{aligned}$$

Витрати електроенергії на роботу Redbo PRO ARC-250

$$E_{\text{звар}} = 5,6 \cdot 67,37 = 377,27 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи електричної лебідки JM-3 380V

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ел}} = & 0,243 \cdot 2,88 + 0,35 \cdot 11,74 + 0,15 \cdot 29,29 + 1 \cdot 0,41 + 0,364 \cdot 4,8 + \\ & + 0,491 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4,2 + 0,381 \cdot 5,6 + 0,324 \cdot 8 = 18,89 \text{ (год)}. \end{aligned}$$

Витрати електроенергії на роботу електричної лебідки JM-3 380V

$$E_{\text{ел}} = 11 \cdot 18,89 = 207,78 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи кутової шліф машину Stern ag-180a

$$\tau_{\text{шм}} = 0,364 \cdot 1,1 + 0,491 \cdot 1,4 + 0,381 \cdot 1,9 + 0,324 \cdot 2 = 2,46 \text{ (год)}.$$

Витрати електричної енергії на роботу кутової шліфувальної машини Stern ag-180a

$$E_{\text{шм}} = 2,0 \cdot 2,46 = 4,92 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи пресувальника електричного Rems E-PUCH 2

$$\tau_{\text{он}} = 1 \cdot 0,4 + 0,786 \cdot 3,45 = 3,11 \text{ (год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи пресувальника електричного Rems E-PUCH 2

$$E_{\text{он}} = 1,3 \cdot 3,11 = 4,04 \text{ (кВт · год)}.$$

Загальні витрати електроенергії для роботи всього електроінструменту

$$E_{\Sigma} = E_{\text{звар}} + E_{\text{шм}} + E_{\text{ел}} + E_{\text{он}}. \quad (4.4)$$

$$E_{\Sigma} = 377,27 + 4,92 + 207,78 + 4,04 = 594,01 \text{ (кВт·год)}.$$

4.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт [16]

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B} \text{ [люд./дні]}, \quad (4.5)$$

де V – об'єм всіх виконаних робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма робочого часу на виконання одиниці виміру, люд/год;

B – кількість годин в робочій зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою [37]

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (4.6)$$

де Q – трудомісткість виконання монтажних робіт, люд/дні

n – кількість працюючих, люд

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка обладнання когенераційної системи та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування	т	23,426	3,1	9,08	3,03	3	водій та вантажник
2	Розмітка місць для прокладання трубопроводів	100 м	0,786	1,6	0,157	0,079	2	Монтажник 6 р - 1, 3 р. - 1
3	Монтаж газопоршневого двигуна JENBACHER J320.	т	13,9	67,2	116,76	14,595	8	Монтажник 6р -1 5р-1 4р -1 3р - 1
4	Монтаж опор під обладнання та трубопроводи	т	0,243	72,64	2,088	0,696	3	Монтажники 6р-1 4р-1 3р-1
5	Монтаж теплообмінника вихлопних газів потужністю 1500 кВт	т	0,35	264,4	11,568	1,928	6	Монтажники: 5р, 4р та 3 р
6	Монтаж глушника вихлопних газів	т	0,15	70	1,313	0,438	3	Монтажники 6р-1 4р-1 3р-1
7	Монтаж теплообмінника пластинчастого THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт	шт	1	49,30	6,163	2,054	3	Монтажники 5р-1 3р-2
8	Прокладання трубопроводів Ду 350	т	0,364	87,2	3,968	0,992	4	Монтажники 5р-1 4р-1 3р-2

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Прокладання всіх трубопроводів Ду 300	т	0,491	100,8	6,187	1,547	4	Монтажники 5р-1 4р-1 3р-2
10	Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих, DN 300	10 шт	0,2	176	4,4	1,467	3	Монтажники 5р-1 3р-2
11	Прокладання трубопроводів Ду 125	т	0,381	183,2	8,725	2,91	3	Монтажники 4р-2, 3р.-1
12	Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 125	10 шт	0,5	96	6	3	2	Монтажники 4р-1, 3р.-1
13	Встановлення фільтра сітчастого Danfoss FVF, DN100	шт	1	3,07	0,384	0,192	2	Монтажники 4р-1,3р-1
14	Прокладання трубопроводів Ду 100	т	0,324	227,3	9,2	3,07	3	Монтажники 4р-2, 3р.-1
15	Встановлення насосів Grundfos TP 80-240/2 та Grundfos MAGNA3 80-120	шт	2	24,52	6,13	3,065	2	Монтажники 5р-1 3р-1
16	Встановлення теплотіличника Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100	шт	1	3,74	0,468	0,234	2	Монтажники 5р-1 3р-1
17	Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 100	10 шт	0,8	64	6,4	3,2	2	Монтажники 4р-1,3р-1
18	Встановлення країв триходових фланцевих ESBE 3F та зворотних клапанів Genebre 2453 12 Ду 100	10 шт	0,4	64	3,2	1,6	2	Монтажники 4р-1,3р-1

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	Встановлення контрольно-вимірювальних приладів	шт	8	0,59	0,59	0,295	2	Монтажники 4р-1,3р-1
19	Гідравлічне випробування трубопроводів	100м	0,786	11,18	1,098	0,366	3	Монтажники 5р,4р,3р
20	Робоча перевірка системи в цілому	100м	0,786	2,5	0,245	0,082	3	Монтажники 6р,5р,4р
21	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100м	0,786	1,8	0,177	0,088	2	Монтажники 6р,5р-1
22	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,66	4,4	0,363	0,181	2	Водій та вантажник

Склад робочих бригад та середній розряд їх робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно [27 – 30].

1. Доставка обладнання когенераційної системи та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування. Водій і 2 вантажника.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Два монтажника 6 і 3 розрядів.
3. Монтаж газопоршневого двигуна JENBACHER J320. Монтажники: 3 розряду – 2 людини, 4 розряду – 2 людини, 5 розряду – 2 людини, 6 розряду – 2 людини.
4. Монтаж опор під обладнання та трубопроводи. Три монтажника: 6, 4, 3 розряду.
5. Монтаж теплообмінника вихлопних газів потужністю 1500 кВт. Шість монтажників: по два 5, 4 та 3 розрядів
6. Монтаж глушника вихлопних газів. Три монтажника: 6, 4, 3 розряду.
7. Монтаж теплообмінника пластинчастого THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт. Монтажники: 3 розряду – 2 людини, 5 розряду – 1 людина.

8. Прокладання трубопроводів Ду 350. Монтажники: 3 розряду – 2 людина, 4 розряду – 1 людина, 5 розряду – 1 людина.
9. Прокладання трубопроводів Ду 300. Монтажники: 3 розряду – 2 людина, 4 розряду – 1 людина, 5 розряду – 1 людина.
10. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих, DN 300. Три монтажники: 5 розряду – 1 людина, 3 розряду – 2 людини.
11. Прокладання трубопроводів Ду 125 Монтажники: 3 розряду – 1 працівник і 4 розряду – 2 людини.
12. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 125. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
13. Встановлення фільтра сітчастого Danfoss FVF, DN100. Три монтажника: 5, 4, 3 розряду.
14. Прокладання трубопроводів Ду 100. Монтажники: 3 розряду – 1 працівник і 4 розряду – 2 людини.
15. Встановлення насосів Grundfos TP 80-240/2 та Grundfos MAGNA3 80-120. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
16. Встановлення теплотічильника Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
17. Встановлення затворів «Батерфляй» міжфланцевих Ду 100. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
18. Встановлення кранів триходових фланцевих ESBE 3F та зворотних клапанів Genebre 2453 12 Ду 100. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
19. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
20. Гідравлічне випробовування трубопроводів системи. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
21. Робоча перевірка системи в цілому. Три монтажника: 6, 5, 4 розряду.
22. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Два монтажника 6, 5 розряду.
23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій і вантажник.

4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської роботи розроблені заходи з охорони праці та цивільного захисту під час монтажу когенераційної установки в котельні «Південна-3» міста Чернівці.

Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

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

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будівель і споруд (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [38, 39]:

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно 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-

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

4.6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

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

Під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам ДБН «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [40] та заходам безпеки, що зазначені в проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), зокрема: під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння; додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях; додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення і знежирення трубопроводів.

Заготівлю та припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштуваннях, 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 траншей як опори для труб.

У приміщеннях знежирення трубопроводів забороняється користуватися відкритим вогнем і допускати іскроутворення. Місце, де проводиться знежирення, необхідно відгородити та позначити знаками безпеки. Електроустановки у зазначених приміщеннях повинні бути у пожежо- вибухобезпечному виконанні. Приміщення, в яких проводиться знежирення, повинно бути обладнано припливно- витяжною вентиляцією. В разі виконання робіт на відкритому повітрі працівники повинні перебувати з навітряної сторони. Працівники, зайняті на знежиренні трубопроводів, повинні бути забезпечені відповідними протигазами, спецодягом, рукавицями і гумовими рукавичками згідно з нормами безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1, ДСТУ ГОСТ 12.4.041.

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 роботи з ручним електроінструментом класу I працівники повинні використовувати ЗІЗ (діелектричні рукавички, діелектричні калоші,

діелектричні гумові килимки) відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98. У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах з обмеженою можливістю переміщування і виходу з них дозволяється виконувати роботи з електроінструментом класів I та II за умови, що тільки один електроінструмент живиться від автономної генераторної установки, роздільного трансформатора або перетворювача частоти з роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. При цьому джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) повинно знаходитись поза металевою посудиною, а його вторинне коло повинно залишатись незаземленим.

Не дозволяється натягувати, перекручувати та перегинати кабель, що живить електроінструмент, ставити на нього вантаж, а також допускати перетинання цього кабелю з тросами, кабелями та рукавами для газозварювання. Установлювати робочу частину електроінструменту в патрон та вилучати її з патрона, а також регулювати електроінструмент дозволяється тільки після повного зупинення та вимкнення його штепсельної вилки з електричної мережі. Під час роботи електроінструменту стружку необхідно видаляти спеціальними гачками або щітками після повного зупинення електроінструменту. Не дозволяється видаляти стружку або тирсу руками.

Не дозволяється виконувати роботи з електроінструментом з приставних драбин. Під час виконання робіт з електродрилем предмети, що підлягають свердлінню, необхідно надійно закріплювати. Не дозволяється торкатись руками до різального інструменту, що обертається. Не дозволяється обробляти електроінструментом мокрі та обмерзлі деталі. Не дозволяється виконувати роботи з електроінструментом, в якому відсутній захист від дії крапель або бризок (при виконанні робіт за умов дії крапель та бризок, а також на відкритих майданчиках під час снігопаду або дощу).

У разі раптового зупинення електроінструменту (зникнення напруги в мережі, заклинювання рухомих частин тощо) його необхідно від'єднати від електричної мережі вимикачем. У разі перенесення електроінструменту з одного робочого місця на інше, а також під час перерви в роботі та після її закінчення електроінструмент необхідно від'єднати від електричної мережі за допомогою штепсельної вилки.

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.

4.6.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [41, 42]:

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

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики

напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [43] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [44]:

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

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

3. Для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проек-

том передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 [43]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

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

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [44]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пил якнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилу обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.6.2.3 Виробниче освітлення

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

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [45] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – 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		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлового потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускоре-

гулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

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

4.6.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [46].

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в табл. 4.10.

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 4.10 – Рівень звукового тиску

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля дже-

рел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.6.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [47]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 4.11.

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

Таблиця 4.11 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

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

4.6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [38]. 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 (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, ккал/(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, кг – до 30 кг; 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 (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни 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 ді-

яльності - 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).

4.6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

4.6.3.1 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху газоповітряного суміші

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

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

$$D_s = 5,33m^{0,327} = 5,33 \cdot 1,96^{0,327} = 6,64 \text{ (м)}.$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s/2 = 6,64/2 = 3,32 \text{ (м)}.$$

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

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 1,96^{0,303} = 1,13 \text{ (с)}.$$

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

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{6,64^2 + 3,32^2} = 7,42 \text{ (м)}$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ розраховуємо за формулою

$$\begin{aligned}\psi &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2) \right] = \\ &= \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{(7,42^2 + 3,32^2)} - \frac{6,64}{2} \right) \right] = 0,97.\end{aligned}$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$\begin{aligned}F_q &= \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot \left[(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2 \right]^{1,5}} = \\ &= \frac{3,32 / 6,64 + 0,5}{4 \cdot \left[(3,32 / 6,64 + 0,5)^2 + (7,42 / 6,64)^2 \right]^{1,5}} = 0,075,\end{aligned}$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,075 \cdot 0,97 = 32,73 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2}\text{)},$$

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

Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії надмірний тиск ударної хвилі буде достатнім для руйнування вікон, дверей та легких будівельних конструкцій. Для запобігання виникнення подібних ситуацій та мінімізації можливих наслідків необхідно:

- забезпечити дотримання норм та інструкцій експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм та інструкцій пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витоку газу з трубопроводів;
- в межах зони поширення полум'я не розміщувати горючі матеріали;
- спроектувати конструкцію будівлі так щоб надмірний тиск ударної хвилі компенсувався за рахунок руйнування даху та віконних прорізів.

4.7 Висновки до розділу 4

В даному розділі МКР розроблено технологію монтажу газопоршневої когенераційної системи на базі опалювальної котельні «Південна – 3» у м. Чернівці. Розроблено монтажну схему газопоршневого двигуна, циркуляційних насосів, теплообмінного обладнання трубопроводів, арматури.

Розраховані комплектувальні відомості основних та допоміжних матеріалів і виробів. Визначено необхідний набір виробів та матеріалів для монтажу системи $M_o = 17247,75$ кг, потребу в допоміжних матеріалах, а саме $M_d = 5518,63$ кг. Підібрані основні машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Для зварювання стиків трубопроводу підібрано зварювальний інвертор Redbo PRO ARC-250, для зачищення деталей підібрано кутову шліфувальну машину Stern ag-180a. Для доставки деталей та обладнання до місця монтажу підібрано вантажний автомобіль MERCEDES-BENZ Actros 3340 LS 6x4, а для виконання монтажу газопоршневого двигуна – автокран XCMG XCT25L4_S (25 тон). Для підйомно-транспортних робіт підібрано монтажну лебідку JM-3 380V. Гідравлічні випробування пропонується виконувати за допомогою електричного пресувальника Rems E-PUCH 2.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу когенераційної системи в котельні, графік руху працівників, машин та механізмів. Розраховано ТЕПоказники графіку руху робітників, а саме, загальна трудомісткість виконання робіт складає 204,664 люд.-діб, а тривалість монтажу обладнання складає 33,58 доби.

В підрозділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» рпроаналізовані небезпечні виробничі фактори та основні технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розраховано інтенсивність випромінення від вибуху газоповітряної суміші та розроблено заходи запобігання наслідкам вибуху.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання робляємо локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об’єктний коштрис за допомогою програмного комплексу АВК (табл.5.1-5.3) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

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

Загальновиробничі 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.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 05-001-001

на	монтажні роботи (найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)									
ОСНОВА: креслення(специфікації)№						Кошторисна вартість		1537.573 тис. грн.		
						Кошторисна трудомісткість		3.39293 тис. люд.-год		
						Кошторисна заробітна плата		272.054 тис. грн.		
						Середній розряд робіт		4.3 розряд		

Складений в поточних цінах станом на 29 березня 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
						заробітної плати			в тому числі заробітної плати		
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	KM6-346-1	Монтаж Газопоршневого двигуна JENBACHER J320 з теплообмінником вихлопних газів (кожухотрубний потужністю 1500 кВт і глушником	т	14.4	19086.18	5842.83	274841	136367	84137	121.8000	1753.92
					9469.95	1813.94			26121	22.7409	327.47
2	KM8-318-1	Монтаж глушника вихлопних газів	шт	1.0	623.21	364.02	623	259	364	3.8900	3.89
					259.19	68.65			69	0.8439	0.84
3	KM6-9-3	Монтаж теплообмінника, пластинчастий THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт	т	0.5584	97014.22	22057.19	54173	35305	12317	779.8000	435.44
					63226.18	3543.12			1978	42.6559	23.82
4	KM7-218-1	Монтаж Насос Grundfos MAGNA3 80-120	шт	1.0	4324.18	159.40	4324	2707	159	37.8000	37.80
					2706.86	15.46			15	0.1942	0.19
5	KM7-218-2	Монтаж Насос Grundfos TP 80-240/2	шт	1.0	4522.38	230.59	4522	2807	231	39.2000	39.20
					2807.11	32.11			32	0.3916	0.39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	КБ16-9-5	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 133 мм	100 м трубопроводу	0.2635	17583.81	3996.77	4633	3218	1053	170.5600	44.94
7	КБ16-9-4	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 108 мм	100 м трубопроводу	0.3545	12213.80 12880.83	901.03 3092.36	4566	3136	237 1096	12.0859 118.9000	3.18 42.15
8	КБ16-15-4	Установлення Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 125	шт	5.0	8847.35 1486.71	672.06 199.16	7434	3430	238 996	9.0482 9.9200	3.21 49.60
9	1903-4023	Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 125	шт	5.0	685.97 68663.69	47.38	343318		237	0.6287	3.14
10	КБ16-15-3	Установлення Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 100	шт	8.0	849.60	124.45	6797	2413	996	4.2600	34.08
11	1903-4022	Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 100	шт	8.0	301.57 41048.36	28.79	328387		230	0.3809	3.05
12	КБ16-15-8	Установлення Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 300	шт	2.0	3338.33	539.91	6677	2711	1080	18.7000	37.40
13	1903-4024	Затвори "Батерфляй" XUROX мі-жфланцеві, DN 300	шт	2.0	1355.56 86801.26	131.94	173603		264	1.7494	3.50
14	C1630-4	Кран триходовий фланцевий, ESBE 3F DN100	шт	2.0	2085.50		4171				
15	КБ16-15-3	Установлення Крана триходового фланцевого, ESBE 3F DN100	шт	2.0	849.60	124.45	1699	603	249	4.2600	8.52
16	1504-13061	Фільтр сітчастий Danfoss FVF, DN100, PN16	шт	1.0	301.57 11198.48	28.79	11198		58	0.3809	0.76
17	КБ18-21-7	Установлення фільтрів , сітчастий Danfoss FVF, DN100, PN16	10 фільтрів	0.1	50778.65	1761.07	5078	189	176	26.7300	2.67
18	C1630-547	Зворотний клапан шаровий Genebre 2453 12 DN100 PN16	шт	2.0	1892.22 10256.08	439.41	20512		44	5.8719	0.59
19	КБ16-15-3	Установлення Зворотнього клапану. шаровий Genebre 2453 12 DN100 PN16	шт	2.0	849.60	124.45	1699	603	249	4.2600	8.52
20	КБ18-22-1	Установлення Теплолічильника Apaton Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100	комплект	1.0	301.57 117.63	28.79	118	95	58	0.3809	0.76
21	КБ16-9-9	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 325 мм	100 м трубопроводу	0.0485	95.24 406038.96	-	19693	1332	-	1.2800	1.28
					27462.11	2716.26			-	-	-
									564	378.8400	18.37
									132	36.4755	1.77

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	КБ16-9-10	Прокладання трубопроводів опалення зі сталевих безшовних труб діаметром 377 мм	100 м трубопроводу	0.028	494247.54	14354.92	13839	875	402	431.3200	12.08
23	С1630-1441	Відводи під кутом 90 градусів, зовнішній діаметр 325 мм, товщина стінки 8 мм, довжина 450 мм	комплект	2.0	31266.39	3336.74	9369		93	44.7928	1.25
24	С1630-1443	Відводи під кутом 90 градусів, зовнішній діаметр 377 мм, товщина стінки 9 мм, довжина 525 мм	комплект	2.0	4684.51		12140				
25	КБ16-15-9	Установлення відводів, діаметром до 377 мм	шт	2.0	6070.22		7994	3306	1451	22.8000	45.60
26	КБ16-15-8	Установлення відводів, діаметром до 325 мм	шт	2.0	3996.75	725.44	6677	2711	356 1080	2 3596 18.7000	4 72 37.40
27	КБ16-15-9	Установлення Трійника рівнопрохідний Ду 300	шт	2.0	1652.77 3338.33	178.22 539.91	7994	3306	264 1451	1.7494 22.8000	3.50 45.60
28	С1630-1445	Трійник рівнопрохідний Ду 300	комплект	2.0	3996.75	725.44	16988		356	2.3596	4.72
29	КБ16-15-9	Установлення Трійників, рівнопрохідний Ду 300	шт	2.0	1652.77	178.22	7994	3306	1451	22.8000	45.60
30	С1630-1443	Трійник рівнопрохідний Ду 300	комплект	2.0	6070.22		12140		356	2.3596	4.72
31	КБ16-15-3	Установлення Перехідника, концентричний 125/100	шт	3.0	849.60	124.45	2549	905	373	4.2600	12.78
32	С1630-1435	Перехід концентричний 125/100	шт	3.0	301.57	28.79	2980		86	0.3809	1.14
33	С1630-1434	Перехід концентричний 100/80	шт	4.0	993.38		3371				
34	КБ16-15-3	Установлення Перехідника, концентричний 100/80	шт	4.0	842.72		3398	1206	498	4.2600	17.04
35	КБ18-22-3	Установлення манометрів	комплект	6.0	849.60	124.45	2525	228	115	0.3809	1.52
36	КБ18-22-4	Установлення термометрів	комплект	2.0	301.57	28.79	2050	73	-	-	-
					37.95	-			-	-	-
					1025.10	-			-	0.5100	1.02
					36.52	-			-	-	-
		Разом прямих витрат по кошторису					1390074	211091	110373		2737.96
									31339		394.24
		Разом прямі витрати				грн.	1390074				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	212104				
		вартість ЕММ				грн.	110373				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		31339			
		заробітна плата робітників				грн.		211091			
		Вартість устаткування				грн.	856506				
		вартість нарахувань на устаткування				грн.	33635				
		Всього вартість устаткування				грн.	890141				
		всього заробітна плата				грн.		242430			
		Загальновиробничі витрати				грн.	113864				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					260.73
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		29624			
		Всього по кошторису				грн.	1537573				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					3392.93
		Кошторисна заробітна плата				грн.		272054			

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 05-001-002

придбання устаткування

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість 2 600,178 тис. грн.

ОСНОВА: креслення(специфікації) №
Складений в поточних цінах станом на 29 березня 2024 р.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці,грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	1501-1011	Газопоршневий двигун JENBACHER J320	шт	1.0	2091670.32	2091670
2	2303-20009	Теплообмінник вихлопних газів	шт	1.0	84785.06	84785
3	2303-20014	Теплообмінник пластинчастий THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт	шт	1.0	129532.73	129533
4	1504-19129	Насос Grundfos TP 80-240/2	шт	1.0	98080.78	98081
5	1504-19125	Насос Grundfos MAGNA3 80-120	шт	1.0	56618.91	56619
6	1517-1477	Теплолічильник Apator Powogaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100	шт	1.0	41239.07	41239
Разом						2501927
Транспортні та заготівельно-складські витрати						98251
Всього по кошторису						2600178

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

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

Таблиця 5.3 - Об'єктний кошторис № 05-001

на будівництво

котельні «Південна – 3» місто Чернівці
(найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість 4137.751 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 3.39293 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 272.054 тис. грн.
Вимірник одиничної вартості

Складений в поточних цінах станом на 29 березня 2024 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудо- місткість, тис. люд.год	Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	Показники одиничної вартості
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	05-001-001	монтажні роботи	647.432	890.141	1537.573	3.39293	272.054	
2	05-001-002	придбання устаткування		2600.178	2600.178	-		
		Всього по кошторису	647.432	3490.319	4137.751	3.39293	272.054	

Головний інженер проекту
(Головний архітектор проекту)

5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі

Загальні витрати проекту представлені в таблиці 5.4, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості влаштування обладнання (значення приймається із об'єктного кошторису таблиці 5.3).

Таблиця 5.4 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	41,38
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	8,28
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	62,07
Проектування	2,5	4	103,44
Експертиза інноваційного рішення	1	1	41,38
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	82,76
Виготовлення нового виробу	100	6	4137,751
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	124,13
Витрати на підготовку кадрів	5	2	206,89
Всього		21	4808,07

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-339,30	-4599,77	2744,31	2442,18	2142,50	1977,29	1848,05
2	Сальдо реальних грошей	-339,30	-4130,75	2744,31	2399,95	2100,27	1939,18	1814,06
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-339,30	-4470,05	-1725,74	674,20	2774,48	4713,66	6527,72
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-393,58	-4599,77	2365,78	1814,93	1372,61	1092,04	879,88
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-393,58	-4993,35	-2627,57	-812,64	559,97	1652,01	2531,89

З таблиці 5. 5 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на 2-3 році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чисті грошові надходження визначаються за формулою

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

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.

$$NV = 6215,26 \text{ тис. грн.}$$

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.

$$NPV = 2531,89 \text{ тис. грн.}$$

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.

Висновок. 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 інвестицій

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

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

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

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 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	- 339,296	- 4599,77	2744,31	2442,18	2142,50	1977,29	1848,05
Кумулятивна	- 339,296	- 4939,07	-2194,76	247,41	2389,92	4367,21	6215,26

Як видно з таблиці 5.6 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:

$$T = 1 + 2194,76 / 2442,18 = 1,9 \text{ (років)}.$$

5.3 Висновки до розділу 5

Складено кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об'єктний кошторис. В кошторисах по-раховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 4137,751$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 272,054 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 3,392$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 2812,282 тис. грн.

Розраховували основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 6215,26 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість – 2531,89 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 1,9 роки.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності та надійності роботи опалювальної котельні «Південна – 3» в м. Чернівці шляхом встановлення газопоршневої когенераційної установки.

Проаналізовано основні показники існуючої теплової схеми опалювальної котельні, виявлено, що витрата палива в розрахунковому режимі $7045 \text{ м}^3/\text{год}$, а в середньо-опалювальному $3467 \text{ м}^3/\text{год}$, перевірка встановленого основного та допоміжного обладнання дозволила зробити висновок, що даного обладнання достатньо для роботи котельні. Оцінка техніко-економічних показників виявила, що собівартість теплоти від даної котельні складає 1834 грн/Гкал .

Проаналізовані методи енергетичної, екологічної та економічної ефективності опалювальних котелень, а також методи підвищення надійності роботи джерела централізованого теплопостачання. Виявлено, що впровадження когенераційної газопоршневої установки на базі котельні дозволить покращити показники котельні в двох напрямках: підвищить надійність роботи джерела теплопостачання; підвищить енергетичну, екологічну та економічну ефективність вироблення теплоти на централізованій котельні.

Розроблено математичну модель та проведено числові експерименти щодо ефективності встановлення когенераційної газопоршневої установки для забезпечення власних електричних потреб котельні на базі двигунів Jenbacher. За результатами досліджень виявлено, що для повного забезпечення власних потреб котельні в електричній енергії з невеликим запасом достатньо встановити когенераційну установку Jenbacher J320 з встановленою електричною потужністю 1067 кВт .

Досліджено, що при середньозваженій ціні природного газу, що використовується для отримання теплоти 9 грн/м^3 і ціні комерційного природного газу для вироблення електроенергії в розмірі 24 грн/м^3 використання когене-

раційної газопоршневої установки Jenbacher є економічно доцільним, хоча має великі терміни окупності інвестицій.

Розроблено монтажну схему газопоршневого двигуна, циркуляційних насосів, теплообмінного обладнання трубопроводів, арматури. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи $M_o = 17247,75$ кг, потребу в допоміжних матеріалах $M_d = 5518,63$ кг. Підібрані машин, механізми та пристосування для виконання комплексу монтажних робіт.

Розроблені календарний графік монтажу когенераційної системи в котельні, графік руху працівників, машин та механізмів. При цьому загальна трудомісткість виконання робіт складає 204,664 люд.-діб, а тривалість монтажу обладнання складає 33,58 доби.

В підрозділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано небезпечні виробничі фактори та основні технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розраховано інтенсивність випромінювання від вибуху газоповітряної суміші та розроблено заходи запобігання наслідкам вибуху.

В МКР складений локальний кошторис на будівельні роботи із створення газопоршневої когенераційної системи. Виявлено, що кошторисна вартість складає 4137,751 тис. грн., з яких вартість матеріалів, конструкцій, обладнання 2812,282 тис. грн, а кошторисна трудомісткість робіт склала 3,392 тис. люд.-год.

Попередні розрахунки техніко-економічних показників показали, що чисті грошові надходження 6215,26 тис. грн., чиста поточна вартість 2531,89 тис. грн., термін окупності за кумулятивним методом складає 1,9 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Степанов Д. В. , Ніколенко І.О., Оникієнко С.М. Показники ефективності встановлення когенераційної установки на базі опалювальної котельні / Доповідь на Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17728/14724> (дата звернення: 30.05.2024)
2. Сайт МКП «Чернівцітеплокомуненерго». URL: <https://teplo.cv.ua/> (дата звернення 30.05.2024).
3. Основи проектування промислових та опалювальних котелень. Курсове проектування / Под. ред. Боженко М. Ф. Київ: Вища школа, 1992. 280с.
4. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
5. Шилов Е.Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник / Шилов Е. Й., Гойко А.Ф., Ізмайлова Е. В. Київ: КНУБА, 2001. 127 с.
6. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження проекту із реконструкції котельні ОКВПТГ «Полтаватеплоенерго» в м. Полтава по вул. Кагамлика, 35, із влаштуванням твердопаливних біокотлів. URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KZTV.pdf (дата звернення 30.05.2024).
7. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
8. Енергоаудит та показники енергоефективності на прикладі систем паливовикористовуючого обладнання URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD7Z.pdf (дата звернення 30.05.2024).
9. Енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення 30.05.2024).

10. Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Білик С. О. Енергомодернізація промислової котельні //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 2021, № 2, с. 108–112.
11. Вертикально-інтегровані структури управління ефективністю функціонування систем комунальної теплоенергетики / монографія. Київ: Інститут технічної теплофізики НАН України, 2017. 258 с.
12. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / [Єрмілов С.Ф., Геєць В.М., Яценко Ю.П. та ін.]. Київ: НАЕР, 2009. – 93 с.
13. Purchasing a New Energy-Efficient Central Heating System URL: <https://www.energy.gov/energysaver/articles/purchasing-new-energy-efficient-central-heating-system> (дата звернення 30.05.2024).
14. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика та ін. ; за заг. ред. А. С. Мандрики. Суми : Сумський державний університет, 2021. 330 с.
15. Енергетичний аудит : навчальний посібник / О. І. Соловей, та ін. Черкаси : ЧДТУ, 2005. 299 с.
16. Баталова А.О. Дослідження українського ринку промислових котлів //Ефективна економіка, 2024, №8 URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3258> (дата звертання 30.05.2024).
17. Проектування та оптимізація систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА напряму 144 “Теплоенергетика” денної та заочної форми навчання / Укл.: А.О.Чейлитко Запоріжжя. Видавництво ЗДІА, 2016. 200 с.
18. Сердюк Б.М. Питання оцінки економічного збитку підприємства від низької якості теплопостачання // Ефективна економіка, №5, 2011, URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=616> (дата звернення 30.05.2024)

19. Когенераційні установки JENBACHER. Технічні характеристики. URL: <https://www.kts-eng.com/product/jenbacher-j-412-b09/> (дата звертання 30.05.2024).
20. Математичне моделювання теплових процесів в енергетиці та промисловості. Навчальний посібник. Частина 1. уклад.: Д.В. Риндюк Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 69 с.
21. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.
22. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання : навчальний посібник / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова. – Вінниця : ВНТУ, 2014. 81 с.
23. JENBACHER J320. URL : <https://www.jenbacher.com/en/gas-engines/type-3/j320> (дата звернення: 30.05.2024 р.)
24. Насоси GRUNDFOS. URL : <https://product-selection.grundfos.com/ua/products?tab=all> (дата звернення: 30.05.2024 р.)
25. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення: 30.05.2024 р.)
26. Затвори «Батерфляй» PN 25 [PN25] XUROX. . URL : http://brend-group.com/ua/item/zatvori_batterflyay_PN_25_XUROX-535 (дата звернення: 30.05.2024 р.)
27. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж теплосилового устаткування (Збірник 6) . URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/knu-reknu.-tepllove-ustatkuvannya.-zbirnyk-6.pdf> (дата звернення: 30.05.2024 р.)
28. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Металеві конструкції (Збірник 9). . URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-metalevi-konstrukciyi.-zbirnyk-9.pdf> (дата звернення: 30.05.2024 р.)

29. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diynosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-remontno-budivelni-roboty/zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-%E2%84%96-15/> (дата звернення: 30.05.2024 р.)
30. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diynosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-montazh-ustatkuvannya/> (дата звернення: 30.05.2024 р.)
31. MERCEDES-BENZ Actros 3340 LS 6x4. URL: <https://www.truck1-ua.com/bu-i-novye/tyagachi/mercedes-benz-actros-3340-6x4-a4812757.html> (дата звернення 30.05.2024 р.)
32. Зварювальний інвертор Redbo PRO ARC-250. URL : <https://svarka-ua.com/ua/svarochnyj-invertor-redbo-pro-arc-250> (дата звернення 30.05.2024 р.)
33. Кутова шліфмашина 2000Вт Stern ag-180a. URL: <https://tehnoskarb.ua/catalog/m4700444-shlf-mash-kut-2000wt-stern-ag-180a/filter/208=1289;425=2682> . (дата звернення 30.05.2024 р.)
34. Автокран XCMG XCT25L4_S (25 тонн). URL: https://alfateks.com.ua/ru/katalog-texniki/spectexnika/avtokran-xcmg-xct25l4_s/ (дата звернення 30.05.2024 р.)
35. Лебідка електрична JM 380V. URL: <https://cargoset.com.ua/ua/lebedka-elektricheskaya-jm-380v> (дата звернення 30.05.2024 р.)

36. Електричний опресувальник Rems E-PUCH 2. URL: <https://santermo.com.ua/ua/p1129102616-elektricheskij-opressovschik-rem.html> . (дата звернення: 30.05.2024 р.)
37. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.
38. 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.
39. 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->.
40. 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.
41. 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.
42. 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>.
43. 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>.
44. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний

- від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
45. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
46. 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>.
47. 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>.

Автомат А
(Обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Когенераційна установка в котельні «Південна – 3»

Місця Чернівці

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

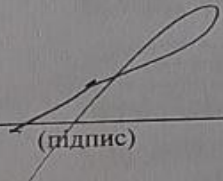
Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

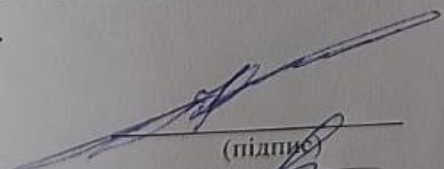
Оригінальність 89,3 Схожість 10,7

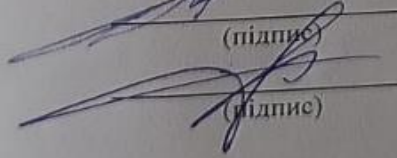
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. 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.

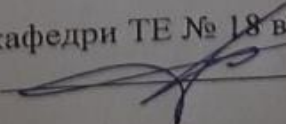
Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Знайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи  Ніколенко І.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Степанов Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та Економічний розділ.

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.
Зав. кафедри  Д.В. Степанов

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

УЗГОДЖЕНО



теплоенергетика

підписавши приєднання або

Івріш

підписавши і прізвище

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов

підпис

"19"

03

2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**«КОГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА В КОТЕЛЬНІ «ПІВДЕННА – 3»
В МІСТІ ЧЕРНІВЦІ»**

08-15.МКР.004.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

К.т.н., доц. кафедри ТЕ,

Д.В. Степанов

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-22мз

І. О. Ніколенко

Вінниця 2024

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується комунальної теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення надійності та енергоефективності централізованого теплопостачання будівель та зменшенню споживання викопних неоновлюваних енергоресурсів. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи існуючої котельні.

2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення надійності, енергоефективності та екологічності водогрійної котельні в м. Чернівці шляхом встановлення газопоршневої когенераційної установки для покриття власних потреб котельні.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є характеристики споживачів теплоти та обладнання котельні, режимні параметри роботи котельні для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання, а також технічні характеристики газопоршневих когенераційних установок Jenbacher щодо ефективності вироблення теплової та електричної енергії, наведених в теплоенергетичних джерелах:

1. Степанов Д. В., Резидент Н. В. Ефективність газопоршневих когенераційних установок в системах централізованого теплопостачання // Вісник ВПІ, вип. 2, 2023. с. 36–41,
2. Степанов Д. В. Показники ефективності встановлення когенераційної установки на базі опалювальної котельні [Електронний ресурс] / Д. В. Степанов, І. О. Ніколенко, С. М. Оникієнко // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. – Електрон.

- текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17728>.
3. Казарова І. О. Підвищення ефективності систем енергопостачання за рахунок впровадження когенерації. дис. канд. техн. наук., Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, Харків, 2018.
 4. Когенераційні установки JENBACHER. Технічні характеристики. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kts-eng.com/product/jenbacher-j-412-b09/>. Дата звернення 01.06.2024.
 5. Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії, підруч. Київ, Україна: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003, 232 с.

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 81 від 11.03.2024 р. Основою для розробки є детальний аналіз режимних та технологічних особливостей існуючої котельні, потужності її споживачів, споживання електричної енергії на власні потреби котельні, технічні характеристики газопоршневих когенераційних установок Jenbacher. Їх встановлення дозволить підвищити надійність енергозабезпечення котельні, зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище.

5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення котельні власною електричною енергією з відповідними параметрами (напруга, частота);
- утилізація виробленої газопоршневою когенераційною установкою теплової енергії з визначеними параметрами (температура, витрата та тиск води) для забезпечення споживачів опаленням та гарячим водопостачанням;

– мінімальні втрати теплоти на палива для забезпечення технологічного процесу (теплоізоляція обладнання трубопроводів, виключення витікання теплоносія тощо), що задовільняє вимогам по енергоефективності та екологічній чистоті процесів енергопостачання.

Проектні роботи включають розробку технології монтажу газопоршневої когенераційної системи, але не обмежуються даними видами робіт.

Необхідно підвищити надійність та зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів для забезпечення централізованого теплопостачання в м. Чернівці шляхом використання газопоршневої когенераційної установки.

6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання котельні, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусконаладжувальні роботи та підготовку кадрів обрати найбільш раціональний варіант.

Необхідно оцінити доцільність впровадження когенераційної газопоршневої установки для підвищення надійності та економічності централізованого теплопостачання від котельні «Південна – 3» в місті Чернівці.

7 Заходи з енергозбереження

При розробці проектних рішень в магістерській роботі розглянуто такі заходи з енергозбереження:

- виконано оцінку впливу вибору заходів для підвищення надійності та енергоефективності джерела централізованого теплопостачання;
- виконано дослідження для раціонального вибору когенераційної\ газопоршневої установки в котельні «Південна – 3»;

- виконано розробку технології монтажу когенераційної газопоршневої системи на базі опалювальної котельні, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;
- на всіх трубопроводах циркуляції води та димових газів передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

9 Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання енергопостачання впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

10. Стадії і етапи розробки

- аналіз існуючої теплової схеми котельні;
- огляд літературної та патентної інформації щодо підвищення енергоефективності та надійності джерел централізованого теплопостачання;
- математичне моделювання показників теплової схеми за умов встановлення когенераційної установки на базі двигуна внутрішнього згорання;
- технологія монтажу когенераційної системи в котельні «Південна – 3»;
- розробка економічних показників встановлення когенераційної системи в опалювальній котельні;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ДОДАТОК В

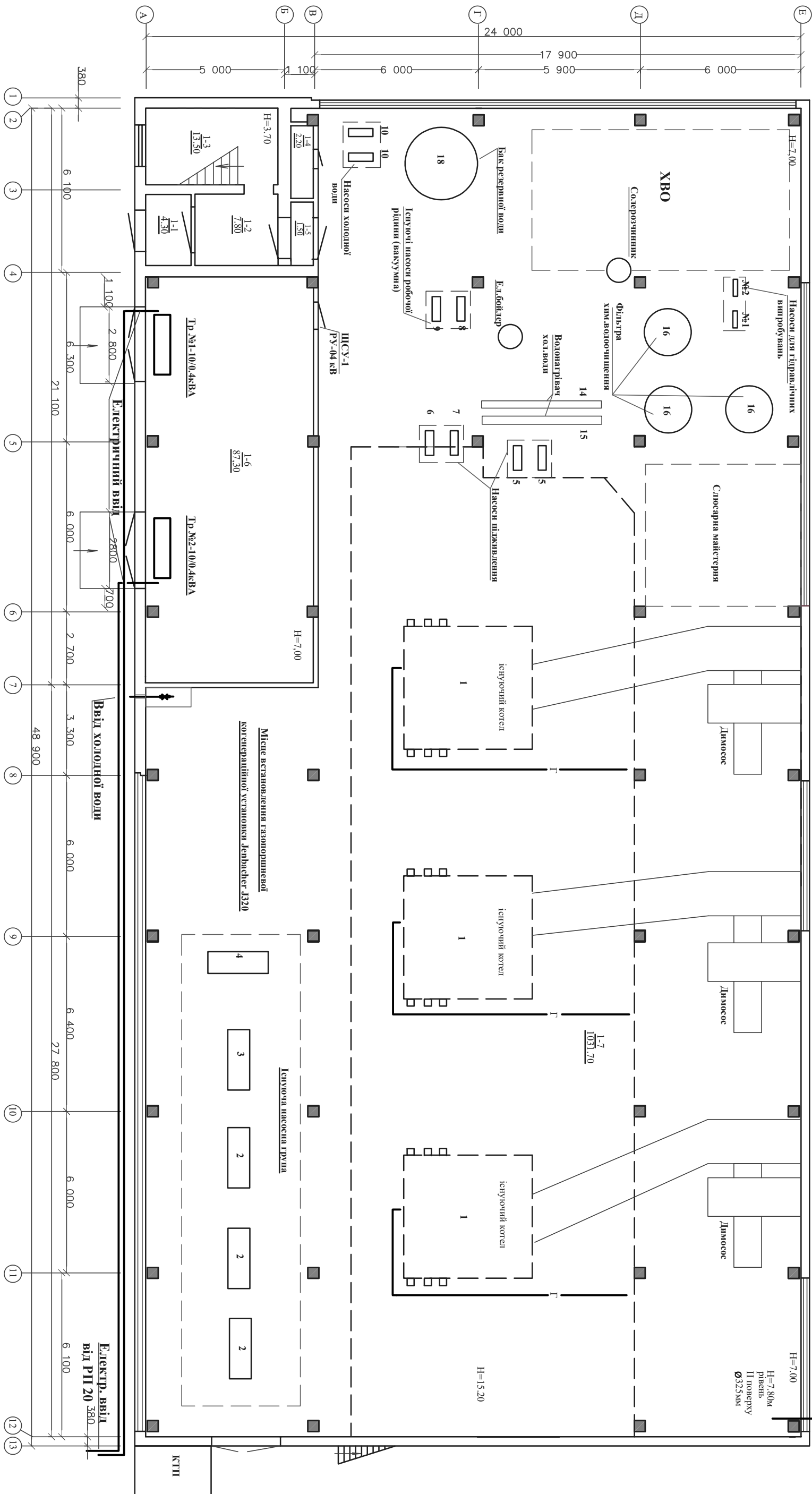
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**КОГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА В КОТЕЛЬНІ «ПІВДЕННА – 3»
В МІСТІ ЧЕРНІВЦІ**

Перв. примен.		ПОЗНА- ЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ			Кільк.	ПРИМІТКА			
		1	Котел водоогрійний ПТВМ-30м			3				
		2	Насос мережний Д 1250-100			3				
		3	Мережний насос Д 800-56			1				
		4	Мережний насос Д630-90			1				
		5	Насос підживлення К 80-50-200			2				
Справ. №		6	Насос підживлення К 100-80-160			1				
		7	Насос підживлення К 45/30			1				
		8	Насос робочої рідини К 45/30			1				
		9	Насос робочої рідини ЗК 35/30А			1				
		10	Насос сирої води К 80-50-200			2				
		11	Бак взривлення 16 м3			1				
		12	Деаератор ДСВ-50			1				
		13	Інжектор ЄВ-30			1				
		14	Водонагрівач I ступінь			1				
		15	Водонагрівач II ступінь			1				
Підп. та дата		16	Фільтр ХВО d=2100мм			3				
		17	Бак робочої рідини 4 м3			1				
		18	Бак підживлення 25м3			1				
		19	Бак запасу води 50м3 та 25 м3			2				
Інв. № дубл.										
На зам. інв. №										
Підп. та дата										
Інв. № дубл.		08-15.МКР.004.01.00.000								
		Зм.	Лист	№докум.	Підп.	Дата				
		Розробив	Ніколенко І.О.							
		Перевірів	Степанов Д.В.							
		Рецензент	Андрухов В.М.							
Інв. № дубл.		Схема котельні теплової принципова					Лист 2			
							ВНТУ, зр. ТЕ-22м3			
		Затвердив					Степанов Д.В.			

Пловех I житепа "А" М1:100

TA3 Bid

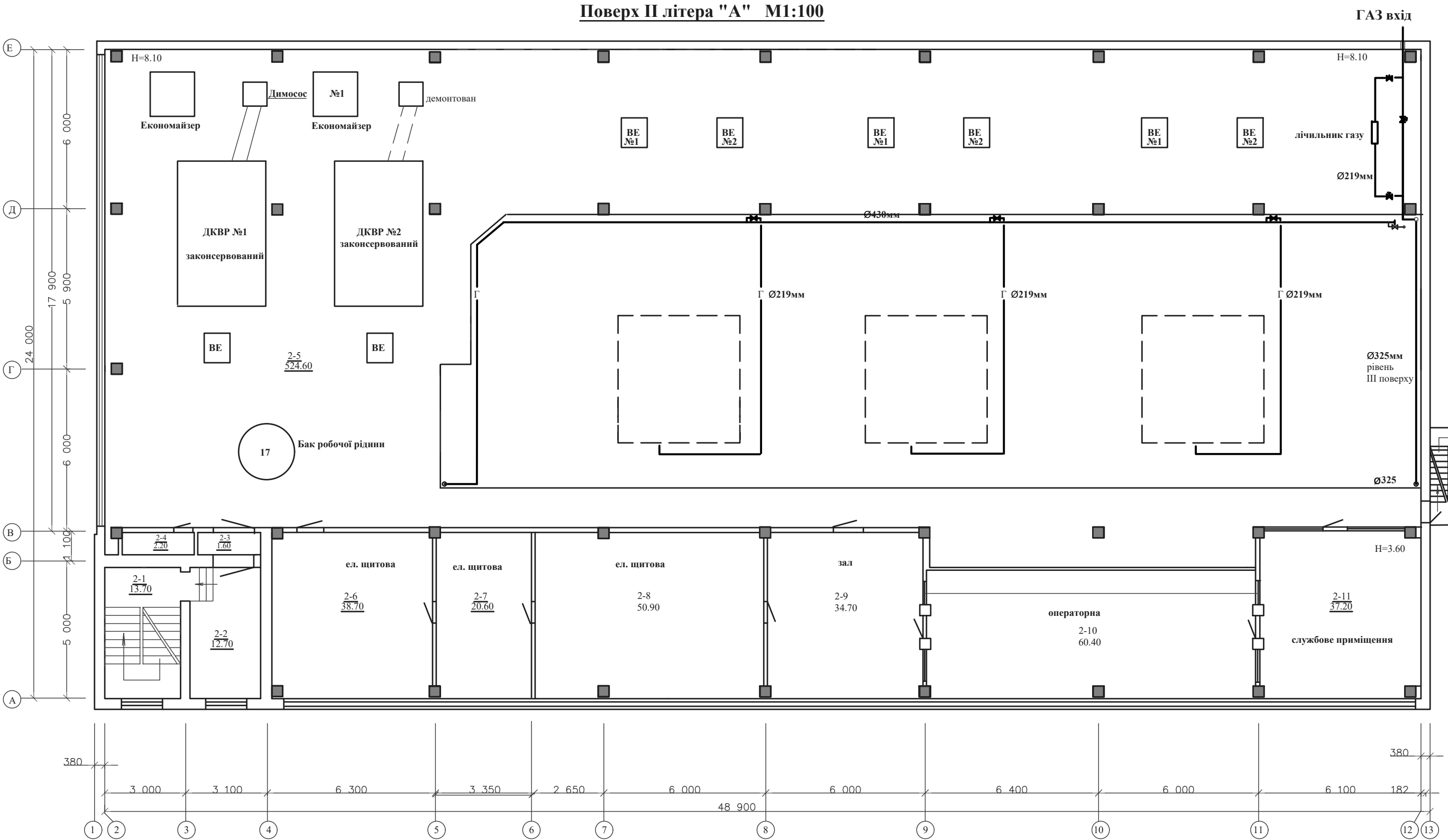


08-15.МКР.004.02.00.000 АР									
М. Чернівці									
Зм	Кіл. ун.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Когенераційна установка в котельні «Південна – 3» в місті Чернівці			
Розробий	Николанка ІО								
Перевірив	Степанов Д.В.								
Рецензент	Андрійчук В.М.								
Нікопироль	Степанов Д.В.					План котельні з розміщенням обладнання (1 поверх)			
Затвердив	Степанов Д.В.								
						Смадія	Арк.уш	Арк.ушів	ВНТУ, гр. ТЕ-22м3

			Погоджено			
Інв. № оруз	Підпис і дата	На зам. інв №				

Погоджено

Поверх II літера "А" М1:100



Погоджено

На зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг

						08-15.МКР.004.03.00.000 АР			
						м. Чернівці			
Зм	Кіл. уч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Когенераційна установка в котельні «Південна – 3» в місті Чернівці	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Ніколенко І.О.								
Перевірив	Степанов Д.В.								
Рецензент	Андрухов В.М.					План котельні з розміщенням обладнання (2 поверх)	ВНТУ, гр. ТЕ-22мз		
Н.контроль	Степанов Д.В.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ЗА УМОВ ВСТАНОВЛЕННЯ ГАЗОПОРШНЕВОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

$$G_{TM} = \frac{Q_{\text{приєднане}}}{C_p(t'_\Pi - t'_{3B})} \quad G_{\text{пер}} = G_{TM} \frac{t''_{\text{кот}} - t_\Pi}{t''_{\text{кот}} - t_{3B}} \quad G_{\text{пж}} = G_{TM} \cdot \alpha \quad G_{\text{св}} = G_{\text{пж}} \cdot 1,2$$

$$Q_{\Pi I} = G_{\text{св}} \cdot c_B \cdot (t_{\text{хво}} - t_{\text{св}}) \quad Q_{\Pi II} = G_{\text{пж}} \cdot c_B \cdot (t_D - t_{\text{хво}}) \quad G_{\text{гр}} = \frac{Q_{\Pi I} + Q_{\Pi II}}{c_B \cdot (t''_K - t_{3B})}$$

$$G_D = G_{\text{пж}} \frac{t_D - t_{\text{пж}}}{t''_{\text{кот}} - t_D} \quad G_{\text{перед рец}} = G_{TM} + G_D + G_{\text{гр}} \quad G_{\text{рец}} = G_{\text{перед рец}} \frac{t'_{\text{кот}} - t_{\text{перед рец}}}{t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}}$$

$$t_{\text{перед рец}} = \frac{(G_{TM} - G_{\text{пж}}) \cdot t_{3B} + (G_{\text{пж}} + G_D) \cdot t_{\text{пж}} + G_{\text{гр}} \cdot t_{3B}}{G_{\text{перед рец}}} \quad G_{\text{мн}} = G_{\text{перед рец}} + G_{\text{рец}}$$

$$G_K = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}} \quad Q_{\text{кот}} = G_K \cdot c_B \cdot (t''_K - t'_K) \quad B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_H^p \cdot \eta_{\text{кот}}} \quad B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{кот}}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{приєднане}}}{B_y \cdot Q_H^p} \quad \frac{Q'_0}{Q_0} = \frac{t_{\text{в.р}} - t_3}{t_{\text{в.р}} - t_{3.0}} \quad \Delta t_o = \frac{t'' + t'}{2} - t_{\text{в.р}} \quad \Theta_o = \Delta \tau_o = 20 \cdot (^{\circ}\text{C}).$$

$$\tau_1 = t_{\text{в.р}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{оп}}^{0,8} + (\Delta \tau_o - 0,5 \cdot \Theta_o) \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right) \quad \Delta \tau_o = t'' - t'$$

$$\tau_2 = t_{\text{в.р}} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right)_{\text{оп}}^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta_o \cdot \left(\frac{Q'_0}{Q_0} \right) \quad N_{\text{ВП}} = N_{\text{мн}} + N_{\text{пж}} + N_{\text{св}} + N_{\text{вент}} + N_{\text{дим}}$$

$$B_{\text{річ}} = (B_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + B_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + B_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600$$

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600$$

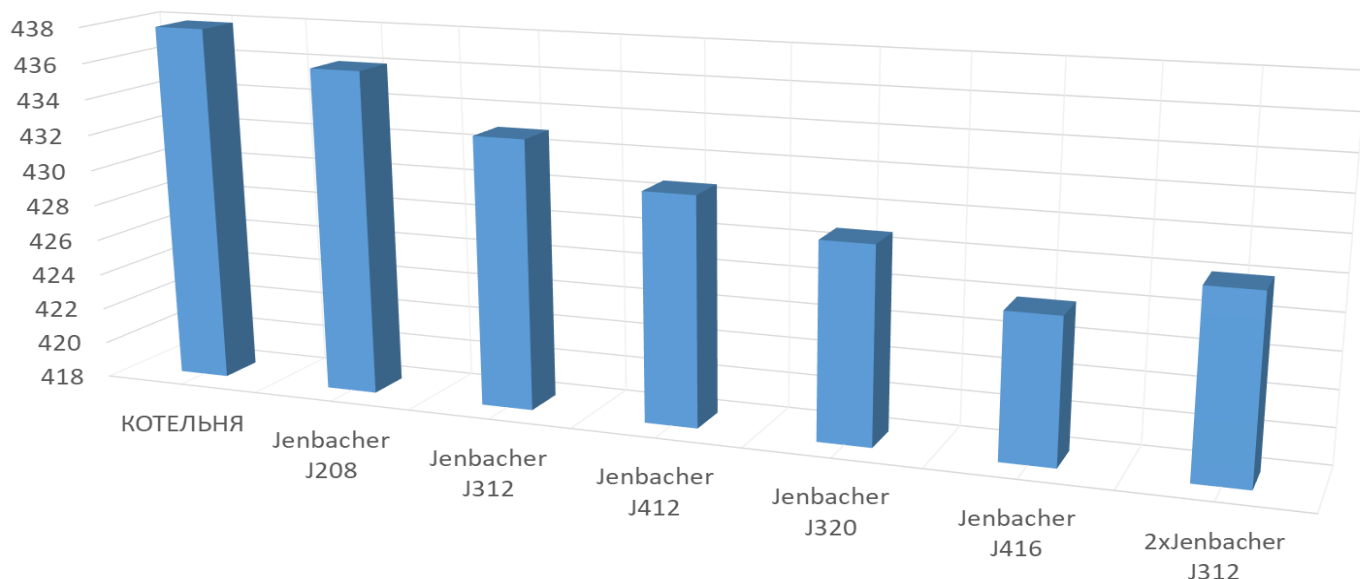
$$S_{\text{еє}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \Pi$$

$$S = S_{\text{пал}} + S_{\text{еє}} + S_B + S_{3\Pi} + S_A + S_p + S_I \quad C_B = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{K_{\text{дод}}}{S_{\text{до}} - S_{\text{після}}} \quad B_{y\text{еє}} = \frac{N_{\text{ВП}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_{\text{ес}} \cdot \eta_{\text{ем}}} \quad B_{y\text{кгу}} = \frac{N_{\text{кгу}}}{\eta_{\text{е кгу}}} \quad B_{y\text{розд}} = B_{y\text{еє}} + B_{y\text{те}}$$

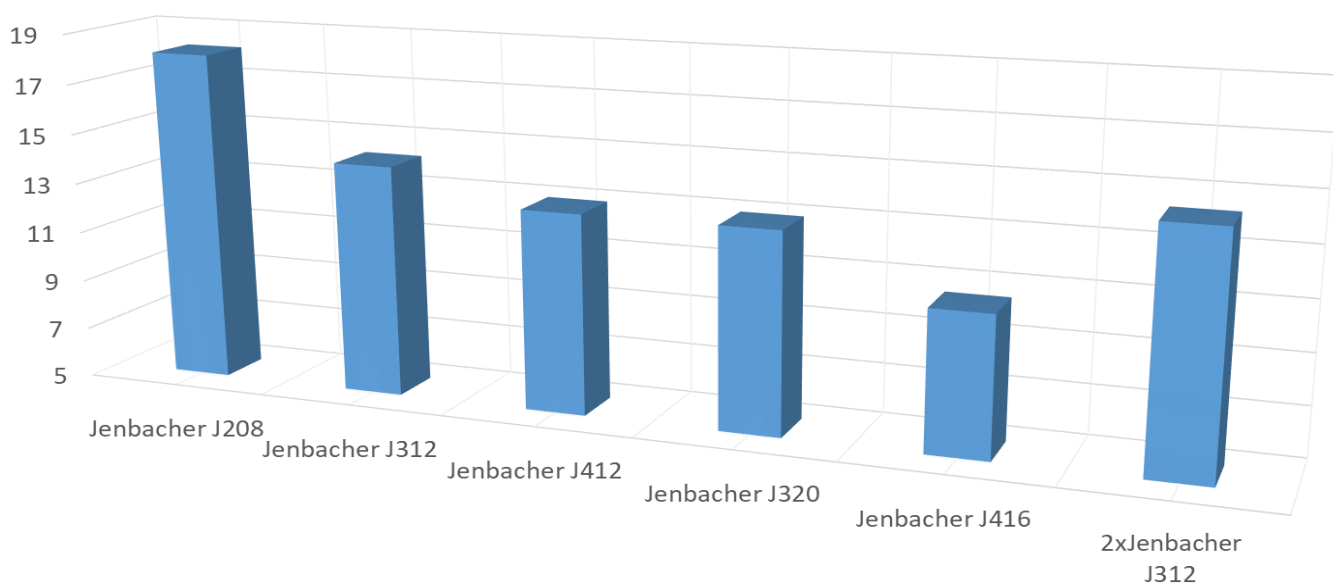
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОТЕЛЬНОЇ ЗА УМОВ ВСТАНОВЛЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Собівартість виробництва теплоти, грн/ГДж



Результати визначення собівартості теплової енергії від котельні,
на якій встановлена когенераційна установка для забезпечення
власних потреб в електричній енергії

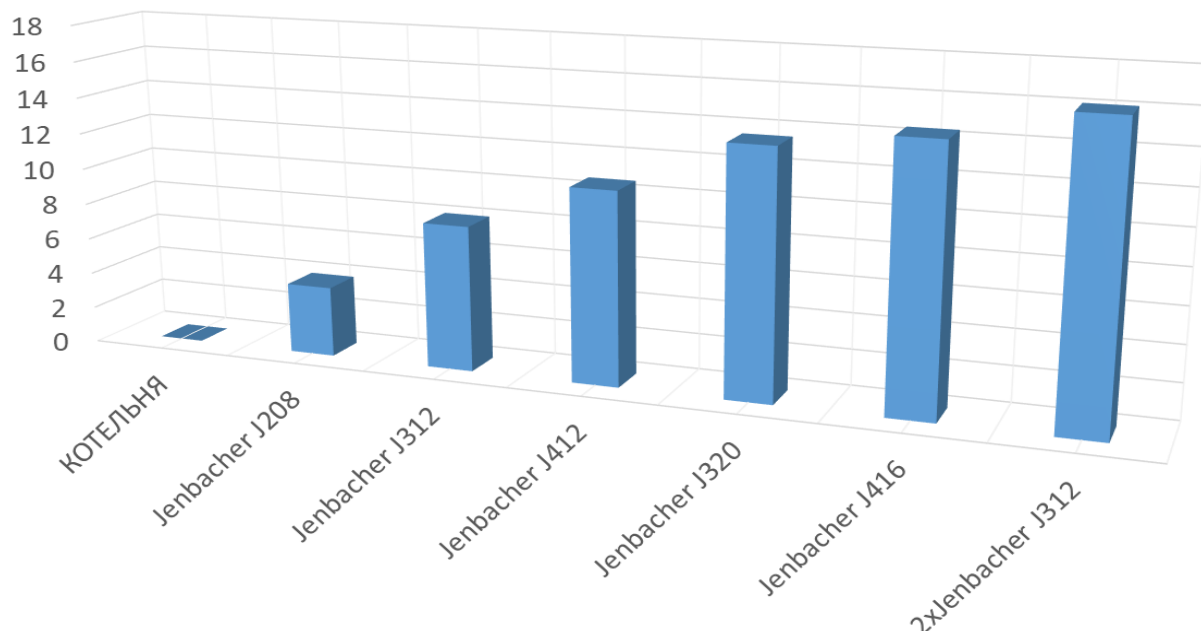
Термін окупності, років



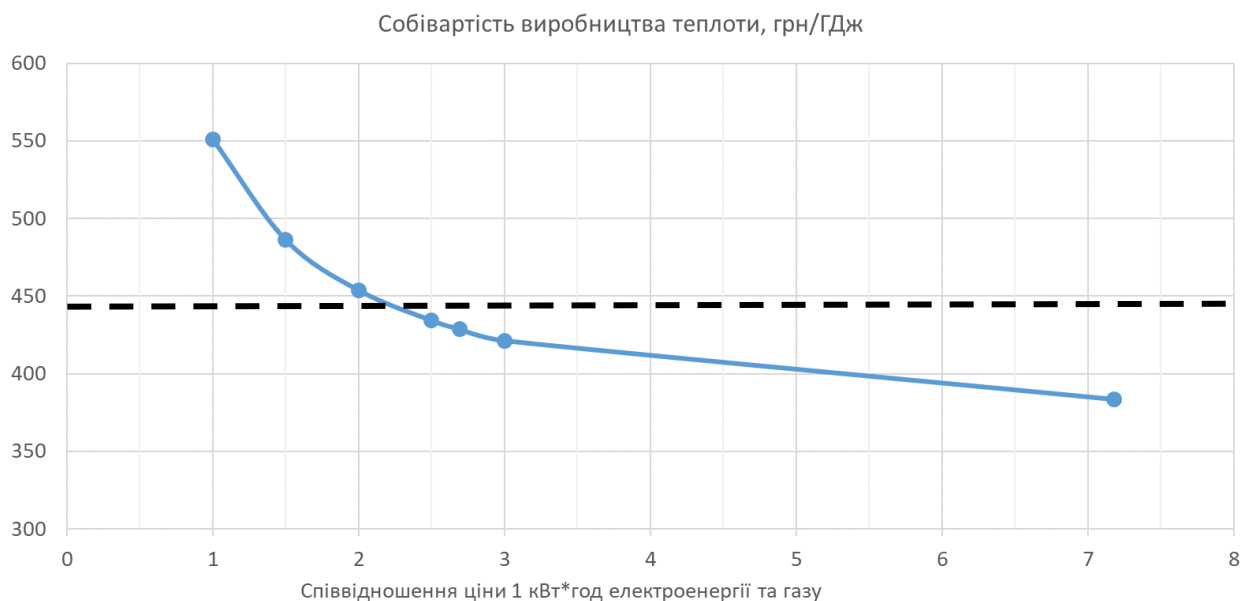
Результати визначення терміну окупності встановлення когенераційної установки
для забезпечення власних потреб котельні в електричній енергії

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОТЕЛЬНОЇ ЗА УМОВ ВСТАНОВЛЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Економія умовного палива в порівнянні з роздільним виробленням енергії, %



Зменшення витрат умовного палива при роботі когенераційної установки в порівнянні з роздільним енергопостачанням



Результати дослідження впливу співвідношення цін комерційної електроенергії та комерційного природного газу на собівартість вироблення теплоти на котельні з когенераційною установкою Jenbacher J320

[illegible]

Погоджено:

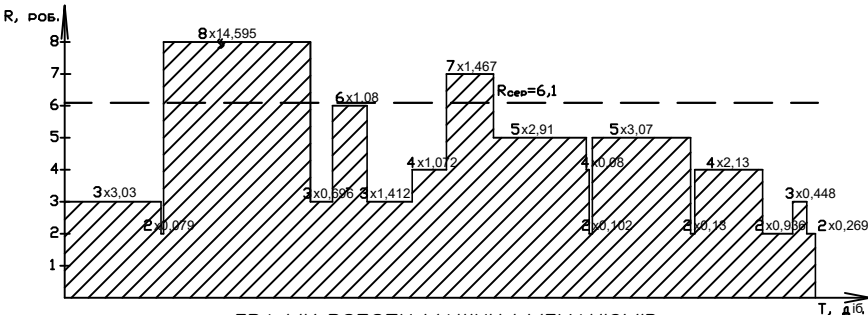
Замість Інв. Н

Підпис і дата

Інв. Н ориг.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ									2022 рік																															
Но м е р	Найменування робіт	Одиниця вимірюван- ня	Об'єми	Норма часу, люд-год	Трудомісткість	Склад бригади	Кількість працівників	Тривалість	листопад																грудень															
									1	2	3	4	21	22	23	24	25	28	29	30	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16								
									1	2	3	4	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34								
1	Доставка обладнання когенераційної системи та допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури до місця монтажу та їх складування	т	23,426	3,100	9,080	2 вантажники, водії	3	3,030	3x3,03																															
2	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	0,786	1,600	0,157	монтажник 6 і 3 розр.	2	0,079	2x0,079																															
3	Монтаж газопарового двигуна JENBACHER J320.	т	13,900	67,2	116,760	монтажник 3 , 4 , 5 і 6 розр.	8	14,595	8x14,595																															
4	Монтаж опор під обладнання та трубопроводу	т	0,243	72,6	2,088	монтажник 3 , 4 і 6 розр.	3	0,696	3x0,696																															
5	Монтаж теплообмінника вихлопних газів потужністю 1500 кВт	т	0,35	264,4	3,2	монтажник 3, 4 і 5 розр.	3	1,080	3x1,08																															
	Монтаж глушника вихлопних газів	т	0,150	70,000	1,313	монтажник 3, 4 і 6 розр.	3	0,438	3x0,438																															
	Монтаж теплообмінника пластинчастого THERMAKS PTA(GX)-26 потужністю 1500 кВт.	шт.	1,000	49,300	6,163	монтажник 3р – 2 люд, 5 р. – 1 люд	3	2,054	3x2,054																															
6	Прокладання трубопроводів Ду 350	т	0,364	87,200	3,968	монтажник 3р–2 люд, 4р–1 люд. і 5 р.–1 люд.	4	0,992	4x0,992																															
	Прокладання трубопроводів Ду 300	т	0,491	100,8	6,187	монтажник 3р–2 люд, 4р–1 люд. і 5 р.–1 люд.	4	1,547	4x1,547																															
7	Встановлення затворів «Бабочка» міжфланцевих, DN 300	10 шт.	0,200	176	4,400	монтажник 3р–2 люд, 5 р.–1 люд.	3	1,467	3x1,467																															
8	Прокладання трубопроводів Ду 125	т	0,381	183,200	8,725	монтажник 3р.– і 1 люд, 4 р.–2 люд.	3	2,910	3x2,91																															
10	Встановлення затворів «Бабочка» міжфланцевих Ду 125	10 шт.	0,500	96	6,000	монтажник 3 і 4 розр.	2	3,000	2x3																															
	Встановлення фільтра сітчастого Danfoss FVF, DN100	шт.	1,000	3,070	0,384	монтажник 3 і 4 розр.	2	0,192	2x0,192																															
11	Прокладання трубопроводів Ду 100	т	0,324	227,300	9,200	монтажник 3 і 4 розр.	3	3,070	3x3,07																															
12	Встановлення насосів Grundfos TP 80–240/2 та Grundfos MAGNA3 80–120	1 шт.	2	24,520	6,13	монтажник 3 і 5 розр.	2	3,065	2x3,065																															
	Встановлення теплообмінника Arator Rowagaz LQM-III-FAUN 60 Ду 100	шт	1,000	3,740	0,468	монтажник 3 і 5 розр.	2	0,234	2x0,234																															
13	Встановлення затворів «Бабочка» міжфланцевих Ду 100	10 шт.	0,800	64,000	6,400	монтажник 3 і 4 розр.	2	3,200	2x3,2																															
14	Встановлення кранів триходових фланцевих ESBЕ 3F та зворотних клапанів Genebre 2453 12 Ду 100	10 шт.	0,400	64,000	3,200	монтажник 3 і 4 розр.	2	1,6	2x1,6																															
16	Встановлення контрольно-вимірювальних приладів.	шт.	8,000	0,590	0,590	монтажник 3 і 4 розр.	2	0,295	2x0,295																															
17	Гідравлічне випробування трубопровода	100 м	0,786	11,180	1,098	монтажник 3, 4 і 5 розр.	3	0,366	3x0,366																															
	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	0,786	2,500	0,245	монтажник 4, 5 і 6 розр.	3	0,082	3x0,082																															
22	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,786	1,800	0,177	монтажник 5 і 6 розр.	2	0,088	2x0,088																															
23	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,660	4,400	0,363	вантажник, водії	2	0,181	2x0,181																															

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Вантажний автомобіль MERCEDES-BENZ Actros 3340 LS 6x4	8,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
---	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

						08-15.МКР.004.08.00.000 КП					
						м. Чернівці					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Технологія монтажу когенераційної системи в котельні «Південна – 3» місто Чернівці			Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав	Ніколенко І.О.										
Перевірив	Степанов Д.В.					Календарний план виконання монтажних робіт					
Опонент	Андрухов В.М.								ВНТУ, ТЕ-22мз		
Н. Контроль	Степанов Д.В.										
Затверд.	Степанов Д.В.										