

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра теплоенергетики

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

«Енергоефективність когенераційної системи на базі котельні Чернівецького  
олійножирового комбінату»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-21м  
спеціальності 144 - теплоенергетика

Паламарчук М.О. 


Керівник  Степанов Д.В.

« 14 » 12 2022 р.

Опонент  Бондар А.В.

« 19 » 12 2022 р.

Допущено до захисту  
В.о. завідувача кафедри ТЕ

  
Дмитро СТЕПАНОВ

« 08 » 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 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



## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

#### ПАЛАМАРЧУКУ МИКОЛІ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Енергоефективність когенераційної системи на базі котельні Чернівецького олійножирового комбінату»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.09.2022 р. № 203.

2. Строк подання студентом роботи 6 грудня 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст текстової частини: аналітичний огляд літературної та патентної інформації; розрахунок теплової схеми котельні; розробка математичної моделі для дослідження ефективності когенераційної системи на базі котельні; розробка функціональної схеми автоматизації когенераційної системи; технологія монтажу системи відведення та очищення димових газів; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): результати математичного моделювання показників роботи ПТУ; схема теплової принципова; план на відмітці 0,000; розрізи А-А; аксонометрична схема; функціональна схема автоматизації парового котла KE-10-14; (регулювання); функціональна схема автоматизації парового котла KE-10-14; (контроль і сигналізація); календарний план монтажних робіт; техніко-економічні показники.



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		

7. Дата видачі завдання 15.09.2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Формування та аналіз вхідних даних до магістерської дипломної роботи	14.09.2022 – 24.09.2022	
2	Аналітичний огляд літературної інформації	25.09.2022 – 04.10.2022	
3	Розрахунок теплової схеми та дослідження ефективності когенераційної системи на базі котельні	05.10.2022 – 15.10.2022	
4	Організаційно-технологічний розділ	16.10.2022 – 26.10.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	27.10.2022 – 06.11.2022	
6	Техніко-економічні показники	07.11.2022 – 18.11.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	19.11.2022 – 06.12.2022	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Паламарчук М.О.  
(прізвище та ініціали)

Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

## Анотація

УДК 621.165

Паламарчук М.О. Енергоефективність когенераційної системи на базі котельні Чернівецького олійножирового комбінату. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144– теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2022. 116 с.

Бібліогр.: 47 назв; рис.: 12; табл. 21.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються питання підвищення енергоефективності когенераційної системи на базі котельні Чернівецького олійножирового комбінату. Виконано аналітичний огляд вітчизняної та зарубіжної літератури. Доведено, що встановлення когенераційної установки на підприємстві є економічно вигідним та інвестиційно привабливим рішенням. Розроблено математичну модель та проведено числові дослідження показників роботи ПТУ. Досліджено вплив зміни ККД турбіни та параметрів гострої пари. Проведено аналіз енергоефективності використання паротурбінної установки для забезпечення потреб олійножирового комбінат. Розроблено функціональну схему автоматизації системи. Виконано розробку технології монтажу системи відведення та очищення димових газів.

Розроблено заходи з охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Складено локальний кошторис та розраховано основні показники ефективності інвестицій в інноваційному проекті.

Графічна частина складається з 9 плакатів.

Ключові слова: енергоефективність, когенераційна установка, пелети з лушпиня соняшнику.

## Annotation

Palamarchuk M.O. Energy efficiency of the cogeneration system based on the boiler house of the Chernivtsi oil and fat plant. Master's qualification work on the specialty 144 – thermal power engineering, educational program – thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 116 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 47 titles; fig. : 12; table 21.

In this master's qualification work, the issue of increasing the energy efficiency of the cogeneration system based on the boiler room of the Chernivtsi oil and fat plant is considered. An analytical review of domestic and foreign literature was performed. It has been proven that the installation of a cogeneration plant at the enterprise is an economically profitable and investment-attractive solution. A mathematical model was developed and numerical studies of the indicators of vocational training were carried out. The effect of changing the turbine efficiency and parameters of the sharp steam was investigated. An analysis of the energy efficiency of using a steam turbine plant to meet the needs of an oil and fat plant was carried out. A functional scheme of system automation has been developed. The development of the installation technology of the flue gas removal and cleaning system has been completed.

Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed. A local estimate was drawn up and the main indicators of the effectiveness of investments in the innovative project were calculated.

The graphic part consists of 9 posters.

Key words: energy efficiency, cogeneration plant, sunflower husk pellets.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ....	10
1.1 Аналіз методів енергозбереження на промислових підприємствах .....	10
1.2 Впровадження когенераційних технологій у світі .....	12
1.3 Висновки до розділу 1 .....	15
2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	17
2.1 Аналіз теплової схеми об'єкта.....	17
2.2 Вибір основного та допоміжного устаткування котельні.....	21
2.3 Висновки до розділу 2 .....	24
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ КОТЕЛЬНОЇ.....	25
3.1 Розробка математичної моделі показників роботи ПТУ .....	25
3.2 Дослідження впливу ККД паротурбінної установки .....	29
3.3 Дослідження впливу параметрів гострої пари .....	34
3.4 Висновки до розділу 3 .....	39
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	40
4.1 Розробка функціональної схеми автоматизації когенераційної системи....	40
4.1.1 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі .....	41
4.1.2 Обґрунтування вибору величин, які регулюються та каналів регулюючого впливу.....	43
4.1.3 Системи автоматичного регулювання .....	45
4.1.4 Засоби автоматизації та величини, які піддаються контролю та сигналізації .....	49
4.1.5 Розрахунок регулюючого органу .....	52
4.2 Розробка технології монтажу системи відведення та очищення димових газів .....	56
4.2.1 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу .....	56
4.2.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей .....	57

4.2.3	Визначення складу і об'єму робіт .....	61
4.2.4	Особливості монтажу .....	62
4.2.5	Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій .....	64
4.2.6	Витрати на паливні та енергетичні ресурси .....	67
4.2.7	Визначення складу бригад і трудомісткості виконання монтажних робіт .....	69
Н	4.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання .....	72
У	4.3.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	74
Р	4.3.3 Оцінка наслідків вибуху пилоповітряної суміші у випадку аварії на котлі .....	80
Ж	4 Висновки до розділу 4 .....	84
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	86
Б	1 Локальний кошторис на будівельні норми.....	86
Ж	2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту .....	89
Ж	3 Висновки до розділу 5 .....	91
	ВИСНОВКИ.....	92
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	95
	ДОДАТОК А .....	100
	ДОДАТОК Б .....	101
	ДОДАТОК В .....	107
	ДОДАТОК Г .....	109
	Т	
	о	
	с	
	1	
	2	
	2	
	6	
	3	
	4	
	7	
	4	

## ВСТУП

**Актуальність.** Україна має розширену ланку галузей промисловості, таких як металургійна, будівельна, енергетична та інші. В загальному більшість із них охоплюють різні низько-, середньо- і високо температурні технологічні процеси, після яких теплова енергія скидається в навколишнє середовище, де безповоротно втрачається. У галузях паливно-енергетичного комплексу найбільш енерговитратними є технологічні процеси, пов'язані з виробництвом, транспортуванням та використанням теплової енергії. Питанням підвищення ефективності роботи підприємств приділяють увагу багато вчених. Однак, незважаючи на наявні напрацювання, низка питань, пов'язаних з використання первинної енергії та зменшенням викидів в атмосферу залишаються відкритими і потребують більш поглибленого опрацювання та дослідження. Для збільшення ефективності та надійності тепlopостачання необхідне впровадження комплексу енергоресурсозберігаючих технологій та обладнання, що дозволить більш раціонально витратити паливно-енергетичні ресурси. На сьогоднішній день вітчизняні ТЕЦ знаходяться у важкому становищі. У зв'язку з цим потрібно провести модернізацію теплоенергоустановок та перейти на новий розвиток виробництва теплової та електричної енергії. Перспективним напрямом підвищення ефективності організацій тепlopостачання є застосування когенераційних установок з поршневыми та паротурбінними двигунами. Створення широкого потужного ряду автономних енергоджерел з комбінованим виробництвом електричної та теплової енергії допоможуть забезпечити певний енергетичний резерв централізованій системі. Тому розробка когенераційних установок з паровими турбінами є доволі актуальною на сьогоднішній день.

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі та визначення енергоефективних режимів роботи когенераційної установки в тепловій схемі котельні олійножирового комбінату.

У зв'язку з цим поставлені **задачі**:

– Проаналізувати потенціал ефективності використання когенерації.



- Провести розрахунок теплової схеми котельні.
- Дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні із застосуванням ПТУ на показники енергетичної ефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні Чернівецького олійножирового комбінату.
- Розробити систему автоматичного регулювання котла КЕ-10-14.
- Розробити технологію монтажу системи очищення відхідних газів .
- Розробити заходи з охорони праці.
- Розрахувати економічні показники котельні з когенераційною установкою.

**Об'єктом дослідження** – комбіноване вироблення теплової та електричної енергії на базі котельні промислового підприємства,

**Предмет дослідження** – ефективність енерговикористання в тепловій схемі котельні із застосуванням комбінованого вироблення теплової та електричної енергії

**Методи дослідження** - математичне моделювання для дослідження показників енергетичної та економічної ефективності котельні з ПТУ.

#### **Практична новизна одержаних результатів.**

Набули подальшого розвитку методи прогнозування умов енерго- та економічно-ефективної інтеграції теплових схем з когенераційними установками в промислову теплоенергетику України. Доведено ефективність впровадження когенераційних технологій.

**Апробація результатів дисертації.** Результати магістерської роботи представлені та обговорені на LI Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2022); на міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві" (Вінниця, 2022).

**Публікації.** Всього по темі опубліковано 2 роботи, у збірнику тез науково-технічних конференцій та міжнародної наукової конференції [1,2].

**Структура і обсяг магістерської роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків та 3 додатків.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1 Аналіз методів енергозбереження на промислових підприємствах

Розвинуті країни світу характеризуються високим рівнем енерго-споживання за низької енергоемності ВВП. Незалежність держави в деякій мірі визначається її енергетичною самодостатністю. В основному енергетична незалежність визначається в правильно сформульованій довгостроковій стратегії та тактиці. Зниження запасів викопних палив та зростання їх вартості є основною причиною розвитку альтернативних джерел енергії.

Енергетика займає важливе значення у житті людства. Рівень її розвитку відображає рівень розвитку продуктивних сил суспільства, можливості науково-технічного прогресу та рівень життя населення.

На жаль, більшість енергії, яку споживає людина, перетворюється на марне тепло через низьку ефективність використання наявних енергетичних ресурсів. На розвиток суб'єктів господарювання в нашій країні негативний вплив надає висока відсоток енергетичних витрат у витратах виробництва, який на промислових підприємствах становить у 8-12% і має тенденцію до зростання у зв'язку з великим зносом основного обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів [3].

Однією з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах та підвищення ефективності виробництва загалом є раціональне використання енергетичних ресурсів. На сьогоднішній день сучасні концепції розвитку енергоефективності та енергозбереження на підприємствах представлені різними підходами та напрямками. Енергозбереження є один із напрямів скорочення витрат, а енергоефективність покращує не тільки економічну, а й екологічну складову.

Використання нових технологій, сприяють скорочення енергоемності виробництва. Тому в енергозбереженні виділяють такі групи заходів, що забезпечують ефективне енерговикористання та раціональне використання ПЕР :

технічні, організаційні, інформаційні та правові. Розглянемо більш детально організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться такі [4] :

- внутрішній фінансовий аудит та розрахунок частки енерговитрат в структурі собівартості;
- повне енергетичне обстеження підприємства;
- створення енергетичного паспорту об'єкту та його окремих об'єктів;
- розробка заходів енергозбереження та підвищення енергоефективності;
- розробка положення для отримання матеріального ефекту від проведення заходів підвищення енергоефективності та зниження витрат на придбання енергоресурсів;
- планування та організація комерційного обліку споживання енергії та енергоресурсів;
- проведення навчання персоналу правилам енергозбереження та раціонального використання енергоресурсів;
- моніторинг виконання заходів енергозбереження та підвищення енергоефективності та інші.

Вихідними даними для розробки планів організаційних заходів є: основні напрямки енергетичної політики України; завдання щодо зниження норм витрати палива, теплової та електричної енергії на запланований період затверджені Держкомітетом з енергозбереження та енергетичного нагляду; результати аналізу використання палива, теплової та електричної енергії у виробництві за попередні роки; результати енергетичного аудиту та аналіз програми енергозбереження; енергетичні баланси підприємств [5].

Технічні заходи спрямовані на розробку та використання у виробництві нових способів та пристроїв, що відрізняються високою енергоефективністю.

До них належать [6] :

- встановлення вузлів обліку тепла на підприємстві (дозволяє зменшити витрати на тепло, окупність витрат становить від 2 до 6 місяців);

- встановлення електротеплогенераторів на базі ПГУ, ГПС, ГТУ (допомагає знизити витрати підприємства на придбання електроенергії та тепlopостачання в 2-4 рази
- теплоізоляція зовнішніх теплотрас мережі (термін окупності в середньому один опалювальний сезон);
- використання вторинних енергоресурсів (ВЕР);
- встановлення теплових насосів, забезпечує вироблення додаткового опалення взимку і дозволяє знизити витрати на кондиціонування влітку;
- установка сонячних колекторів для підігріву води і опалення;
- використання фотоперетворювачів і сонячних батарей для енергозабезпечення.

## 1.2 Впровадження когенераційних технологій у світі

Загальний аналіз показує, що в усьому світі існує тенденція переходу до спільного вироблення тепла та електроенергії, тому що даний спосіб обґрунтовано вважається найбільш економічним. У зв'язку з підвищенням цін на викопні палива, назріла необхідність збільшення використання нових енергозберігаючих технологій.

На основі широкомасштабного впровадження технологій комбінованого вироблення електричної (механічної) та теплової енергії в різних секторах національної економіки є можливим рішення наступним проблемам:

- забезпечення введення в експлуатацію сучасних електрогенеруючих потужностей високої ефективності;
- реабілітація діючих низькоекономічних ТЕЦ;
- підвищення надійності енергозабезпечення на рівні регіонів та окремих підприємств;
- підвищення енергоефективності промислових теплотехнологічних процесів;
- вироблення холоду у комбінованих установках (тригенерація) [7].

Найбільш результативним методом підвищення ефективності використання палива під час генерування енергії є впровадження когенераційних технологій. Комбінування виробництва електричної та теплової енергії є найбільш прийнятним та радикальним методом для економіки України. Запровадження когенераційних технологій дає можливість розвитку економіки України.

Досвід використання когенераційних енергетичних установок за кордоном показав їхню високу економічність та екологічну чистоту. На когенераційній енергоустановці з використанням одного енергоносія можна одночасно виробляти кілька видів продукції (електроенергію, тепло, пар, холод, механічну енергію та синтетичні продукти).

Слід зазначити особливу роль науково-технічного прогресу, досягнутого за останні десятиліття у галузі комплексних досліджень та розробки нових технологій, матеріалів та конструкцій, пов'язаних із удосконаленням газотурбінних та газопоршневих двигунів. У когенерації застосовуються три типи електрогенеруючого обладнання: парові турбоустановки (протитискові або конденсаційні турбіни, у тому числі з відборами пари), газотурбінні установки з паровою або водяною утилізацією теплоти вихідних газів та генераторні установки на базі двигунів внутрішнього згорання.

Зазвичай електрогенератори міні-ТЕЦ працюють паралельно з енергосистемою. Електроенергія, що виробляється на міні-ТЕЦ, як правило, споживається підприємством, при якому створена міні-ТЕЦ. Надлишки або вся електроенергія, що виробляється, можуть подаватися в мережу з її оплатою або застосуванням взаємозаліку у взаємовідносинах підприємства з енергосистемою.

Загалом світова практика свідчить про те, що застосування когенераційних установок дозволяє:

- використовувати широкий спектр альтернативних видів палива з високою теплотворчою здатністю, які можна одержати внаслідок переробки місцевої енергетичної сировини;
- економити близько 30% видів енергоресурсів при виробництві електричної та теплової енергії в порівнянні з традиційним їх виробництвом;



- Поліпшити екологічний стан навколишнього середовища за рахунок зниження теплового забруднення атмосфери та викидів NOx;
- отримати незалежність від постачання електричної енергії за рахунок поповнення особистих потреб котелень та продаж надлишкової енергії в електромережу;
- Суттєво знизити рівень експлуатаційних витрат, у тому числі, і на сервісне обслуговування [8-9]

Для оцінки економічного ефекту від застосування когенераційних установок в організаціях теплопостачання використовуються такі показники: обсяг вкладень; термін окупності інвестицій у проект; економія палива під час вироблення другорядного виду енергії. У процесі оцінки ефективності впровадження когенераційних установок за наведеними вище економічними показниками визначається низка їх переваг у порівнянні з наявним обладнанням та технологіями. Когенераційні технології мають низькі питомі капіталовкладення, малі терміни введення в експлуатацію та самоокупності, сприяють зниженню собівартості виробленого тепла та економії палива, підвищують якість послуг, що надаються.

Когенераційна установка з'явилася порівняно недавно і зумовлено це розвитком нових технологій в енергетиці, що характеризуються вищою термодинамічною та енергетичною ефективністю.

Когенераційні пристрої складаються з чотирьох основних компонентів:

1. Первинний двигун.
2. Електричний генератор.
3. Система перенаправлення тепла.
4. Система управління.

Парові турбіни є основними двигунами, які найчастіше використовуються для когенерації. У паровій турбіні вхідна пара під високим тиском розширюється до рівня нижчого тиску, перетворюючи теплову енергію пари високого тиску в кінетичну енергію через сопла, а потім у механічну енергію через обертові лопаті. Розглянемо турбіни протитиску: у цьому типі пара надходить у камеру турбіни під

високим тиском і розширюється до низького або середнього тиску. ККД протитискної парової турбінної когенераційної системи є найвищий. У випадках, коли використовується 100-відсотковий протитиск вихідної пари, єдиною неефективністю є втрати в приводі передач і електрогенераторі, а також неефективність утворення пари. Таким чином, з ефективним котлом загальний термічний ККД системи може досягати 90 відсотків.

Також застосовують конденсаційні турбіни з відбором: у цьому типі пара, що надходить під високим/середнім тиском, відбирається під проміжним тиском у турбіні для використання в процесі. в той час як пара, що залишилася, продовжує розширюватися і конденсуватися в поверхневому конденсаторі, і робота виконується, поки не досягне тиску конденсації (вакууму).

Парові турбіни користуються попитом, тому що мають таку низку пере-ваг: працюють на різноманітному паливі: газоподібному, рідкому, твердому; володіють високою потужністю; можливо здійснити вільний підбір теплоносія та широкий діапазон ємностей. Але також мають свої недоліки: мають високу інерційність парових установок (тривалий час пуску і зупинки); висока вартість парових турбін; дорогавартісний ремонт парових турбін [10].

### 1.3 Висновки до розділу 1

Визначено, що використання когенераційних установок є перспективним шляхом до енергоефективності та енергозбереження підприємства. Встановлення когенераційної установки на підприємстві є економічно вигідним та інвестиційно привабливим. Запровадження енергоефективних технологій в Україні на базі існуючих підприємств дозволить зменшити залежність держави від імпорту енергоносіїв (це відбувається за рахунок зменшення споживання газу та переходу на альтернативні види палива), підвищить рівень енергетичної безпеки держави та ефективність використання палива в технологічних процесах; покращить надійність та безпеку енерго- та теплопостачання на регіональному рівні.

За результатами аналізу наявної інформації поставлені такі задачі дослідження:

- Проаналізувати потенціал ефективності використання когенерації.
- Провести розрахунок теплової схеми котельні.
- Дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні олійножирового комбінату із застосуванням ПТУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні олійножирового комбінату.
- Розробити систему автоматичного регулювання котла КЕ-10-14.
- Розробити технологію монтажу системи очищення відхідних газів .
- Розробити заходи з охорони праці.
- Розрахувати економічні показники котельні з когенераційною установкою.

## 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Аналіз теплової схеми об'єкта

На котельні Чернівецького олієжирового комбінату встановлено 3 парогенератори, які постачають пару промисловим споживачам

Пара витрачається на покриття потреб теплової схеми, а саме на деаератор, та на задоволення потреб промислових споживачів. Споживання пари промисловими споживачами зазначено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Використання пари підрозділами ПрАТ «Чернівецький олійножировий комбінат»

Найменування підрозділу	Використання пари	
	т/год	кг/с
Олієекстракційний цех (ОЕЦ-)	4,5	1,25
Цех очистки олії	1,5	0,417
Сантехпотреби	0,5	0,139
Локально очисні споруди	0,5	0,139
Власні потреби	1	0,278
ВСЬОГО, т/год.	8	2,22

Принципова тепла схема котельні ПАТ «Чернівецький олійножировий комбінат» складається із:

- парового котла ДЕ-10-24;
- парового котла КЕ-10-24;
- парового котла ДКВР-20-23;
- колектора гострої пари;
- деаератора ДСА;
- групи живильних насосів;
- хімводоочистки.

Вхідні дані:

- тиск та температура пари на виході з котлів:  $P_0 = 1,2$  МПа,  $t_0 = 248$  °С;
- тиск та температура пари на споживача  $P_{сп1} = 1,2$  МПа,  $t_{сп1} = 248$  °С.
- витрата пари на споживача  $D_{сп1} = 8$  т/год;
- частка повернення конденсату від споживача 60%
- температура зворотного конденсату  $t_{к1} = 80$  °С;
- температура живильної води:  $t_{жв} = 104$  °С;
- температура додаткової води:  $t_{дв} = 5$  °С;
- частка власних потреб пари  $q = 3\%$ ;
- частка безперервної продувки  $\alpha_{ПР} = 2\%$ ;
- ККД котла  $\eta = 88\%$ ;
- теплота згорання палива  $Q_{н^p} = 15,4$  МДж/кг.

Згідно таблиць властивостей води і водяної пари [11] визначаємо ентальпії потоків пари, конденсату і води:

$$h_0 = h_{сп1} = 2931 \text{ кДж/кг}; \quad h_{д} = 2738 \text{ кДж/кг}; \quad h'_{к1} = 335 \text{ кДж/кг}; \\ h'_{жв} = 435,8 \text{ кДж/кг}; \quad h'_{дв} = 21 \text{ кДж/кг}; \quad h'_{кв} = 1079 \text{ кДж/кг}.$$

Теплова потужність споживача

$$Q_{сп1} = D_{сп1} (h_{сп1} - h'_{к1}) + (1 - \alpha_1) (h'_{к1} - h'_{дв}), \quad (2.1)$$

$$Q_{сп} = 2,22 \cdot (2931 - 335) + (1 - 0,6) (335 - 21) = 5637 \text{ (кВт)}.$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_o = D_{сп} + D_{д}, \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

$$D_o = 2,22 + D_{д},$$



Витрата живильної води

$$G_{\text{жв}} = D_o (1 + \alpha_{\text{вп}} + p), \quad (2.3)$$

$$G_{\text{жв}} = (1 + 0,02 + 0,03) \cdot D_o,$$

$$G_{\text{жв}} = 2,331 + 1,05D_{\text{д}}.$$

Витрати потоків конденсатів, що надходять в деаератор

$$G_{\text{кл}} = \beta_1 \cdot D_{\text{сп1}}, \quad (2.4)$$

$$G_{\text{кл}} = 0,6 \cdot 2,22 = 1,332 \text{ (кг/с)}.$$

Матеріальний баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} = D_{\text{д}} + G_{\text{кл}} + G_{\text{дв}}, \quad (2.5)$$

$$2,331 + 1,05D_{\text{д}} = D_{\text{д}} + 1,333 + G_{\text{дв}},$$

$$G_{\text{дв}} = 0,05D_{\text{д}} + 0,998.$$

Тепловий баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} h'_{\text{жв}} = D_{\text{д}} h'_{\text{д}} + G_{\text{кл}} h'_{\text{кл1}} + G_{\text{дв}} h'_{\text{дв}}, \quad (2.6)$$

$$(2,331 + 1,05D_{\text{д}}) \cdot 435,8 = 2738 \cdot D_{\text{д}} + 1,332 \cdot 419 + (0,998 + 0,05D_{\text{д}}) \cdot 21$$

$$436,8 = 2279,4D_{\text{д}}$$

$$D_d = 0,192 \text{ (кг/с)}$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_o = 2,22 + 0,192 = 2,41 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата живильної води

$$G_{жв} = 2,331 + 1,05 \cdot 0,192 = 2,53 \text{ (кг/с)}.$$

Витрата додаткової води

$$G_{дв} = 0,05 \cdot 0,192 + 0,998 = 1,01 \text{ (кг/с)}.$$

Теплова потужність котельні

$$Q_k = D_o(1 + \alpha_{вп})(h_o - h'_{жв}) + D_o p(h_{кв} - h'_{жв}), \quad (2.7)$$

$$Q_k = 2,41 \cdot (1 + 0,03)(2931 - 435,8) + 2,41 \cdot 0,02 \cdot (1079 - 435,8) = 6225 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного та робочого палива, відповідно

$$B_y = \frac{Q_k}{Q_{пу}^p \cdot \eta_k}, \quad (2.8)$$

$$B_y = \frac{6225}{29300 \cdot 0,88} = 0,24 \text{ (кг/с)}.$$

$$B_p = \frac{Q_k}{Q_{H^p} \cdot \eta}, \quad (2.9)$$

$$B_p = \frac{6225}{15400 \cdot 0,88} = 0,46 \text{ (кг/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{бр}} = \frac{Q_{\text{сп1}} + Q_{\text{тф}}}{B_y \cdot Q_{\text{ну}}^p}, \quad (2.10)$$

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{бр}} = \frac{5637}{0,21 \cdot 29300} = 0,87.$$

## 2.2 Вибір основного та допоміжного устаткування котельні

За результатами розрахунків теплової схеми на котельні встановлено котел ДКВР-20-30-250 з паровидатністю  $D=10$  т/год і тиском пари  $P=3,9$  МПа.

Для потреб котельні необхідна подача вентиляторів  $Q_B = 8,29$  тис.м<sup>3</sup>/год, тому обираємо вентилятор ВДН-10 з подачею  $Q_B = 20000$  м<sup>3</sup>/год, напором  $H_B=2430$  Па і ККД  $\eta_B = 0,7$ . Методика розрахунку за [12].

Потужність електропривода вентилятора

$$N_B = 0,277 \cdot Q_B \cdot H_B / (\eta_B \cdot \eta_{\text{ем}}), \quad (2.11)$$

$\eta_{\text{ем}}$  – електромеханічний ККД,  $\eta_B = 0,96$

$$N_B = 0,277 \cdot 8,29 \cdot 2,43 / (0,7 \cdot 0,96) = 8,3 \text{ (кВт)}.$$

Необхідне значення подачі димососів  $Q_d = 24,8$  тис.м<sup>3</sup>/год, тому обираємо димосос Д-13,5 з подачею  $Q_d = 50$  тис.м<sup>3</sup>/год, напором  $H_d = 2,32$  кПа і ККД  $\eta_d = 0,7$ .

Потужність електропривода вентилятора

$$N_d = 0,277 \cdot Q_d \cdot H_d / (\eta_d \cdot \eta_{ем}), \quad (2.12)$$

$$N_d = 0,277 \cdot 24,8 \cdot 2,32 / (0,7 \cdot 0,96) = 23,7 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна електрична потужність тягодуттєвих установок

$$N_{тд} = N_v + N_d, \quad (2.13)$$

$$N_{тд} = 8,3 + 23,7 = 32 \text{ (кВт)}.$$

Необхідна об'ємна витрата живильної води  $V_{ж} = 7,4$  м<sup>3</sup>/год.

Обираємо два насоси ЦНГ-50-320 з подачею  $Q_{ж} = 50$  м<sup>3</sup>/год, напором  $H_{ж} = 3,2$  МПа та ККД  $\eta_{ж} = 0,7$ . Один насос робочий, інший – резервний.

Потужність електропривода живильного насосу

$$N_{ж} = G_{ж} \cdot H_{ж} \cdot 10^{-3} / (\eta_{ж} \cdot \eta_{ем}), \quad (2.14)$$

$$N_{ж} = 1,785 \cdot 3900 \cdot 10^{-3} / (0,65 \cdot 0,96) = 11,15 \text{ (кВт)}.$$

Необхідна об'ємна витрата сирі води  $V_{св} = 6,34$  м<sup>3</sup>/год

Обираємо живильний насос ПДВ-10/50А з подачею  $Q_{ж} = 10$  м<sup>3</sup>/год, напором  $H_{ж} = 0,39$  МПа та ККД  $\eta_{ж} = 0,635$ .

Потужність електропривода насосу сирі води

$$N_{нсв} = 1,2 \cdot G_x \cdot H_{жн} \cdot 10^{-3} / (\eta_n \cdot \eta_{ем}), \quad (2.15)$$

$$N_{\text{НСВ}} = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 390 \cdot 10^{-3} / (0,635 \cdot 0,96) = 1,23 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна потужність електроприводів насосів

$$N_{\text{Н}} = N_{\text{ЖН}} + N_{\text{НСВ}}, \quad (2.16)$$

$$N_{\text{Н}} = 11,15 + 1,23 = 12,38 \text{ (кВт)}.$$

Загальна потужність власних потреб котельні

$$N_{\text{ВН}} = N_{\text{Н}} + N_{\text{ТД}}, \quad (2.17)$$

$$N_{\text{ВН}} = 12,38 + 32 = 44,38 \text{ (кВт)}.$$

З урахуванням витрат електроенергії на освітлення та інші потреби потужності власних потреб можуть складати

$$N_{\text{ВП}} = 1,03 \cdot 44,38 = 45,7 \text{ (кВт)}.$$

Річна витрата електроенергії на власні потреби котельні

$$S_{\text{ВП}} = N_{\text{ВП}} \cdot 8760 \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

$$S_{\text{ВП}} = 45,7 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 400,3 \text{ (МВт·год)}.$$

Річна витрата коштів на електроенергію

$$S_{\text{сє}} = E_{\text{ВП}} \cdot \Pi_{\text{є}} \cdot 10^{-6}, \quad (2.19)$$

$$S_{\text{сє}} = 400,3 \cdot 2770 \cdot 10^{-6} = 1,1 \text{ (млн.грн.)}.$$



### 2.3 Висновки до розділу 2

Проведено розрахунок теплової схеми котельні Чернівецького олієжирового комбінату, на якій встановлено 3 парогенератори, які постачають пару промисловим споживачам. Визначили теплову потужність споживача  $Q_c=5637$  кВт, теплову потужність котельні  $Q_k=6225$  кВт, витрату умовного палива  $V_y=0,24$  кг/с, витрату робочого палива  $V_p=0,46$  кг/с та ККД котельні  $\eta =87$  %. Вибрано основне та допоміжне устаткування котельні. Розраховано потужність власних потреб котельні  $N_{вп} = 45,7$  кВт та річну витрату коштів на електроенергію  $S_{еe}=1,1$  млн.грн. Згідно цих даних, виникає необхідність виробляти електроенергію для власних потреб шляхом установки когенераційної системи.

### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ КОТЕЛЬНОЇ

#### 3.1 Розробка математичної моделі показників роботи ПТУ

Математичним моделюванням називають метод дослідження процесів або явищ шляхом створення їхніх математичних моделей і дослідження цих моделей.

В основу методу покладено ідентичність форми рівнянь і однозначність співвідношень між змінними в рівняннях оригіналу і моделі. Математичні моделі зазвичай досліджуються із допомогою аналогових обчислювальних машин, цифрових обчислювальних машин, комп'ютерів [13].

Дана математична модель розроблена для розрахунку теплової схеми ТЕЦ, яка працює на лушпинні соняшнику. Математична модель включає в себе 19 лінійні і нелінійні рівняння. Модель є детермінованою, статичною. Якщо розглядати відносно розмірності простору модель є одновимірною, структурно-функціональною, відносно зміни параметрів – дискретною.

Модель теплової схеми є дискретивною, тому що усі основні параметри схеми розраховуються при різних вихідних даних (витрати пари і води в потоках, зміна електричної потужності від навантаження, необхідні потужності теплообмінників. Модель містить в собі базові рівняння термодинаміки (рівняння нерозривності потоку, балансові рівняння). Розрахунок невідомих потоків маси і теплоти обчислено за допомогою середовища Microsoft Excel.

Модель розв'язується алгоритмічним методом. Дана модель працює в діапазоні температур пари від +195 до +585 °С. Робочим паливом є лушпиння соняшнику з теплотою згорання  $Q_{н^p} = 15,4$  МДж/кг.

Початковими даними для розрахунку є :

- температура пари °С;
- ентальпія пари на виході з котла, кДж/кг;
- ентальпія пари на споживача, кДж/кг;
- ентальпія живильної води, кДж/кг
- теплота згорання палива, МДж/кг

- теплоємність пари, кДж/кг·К,
- коефіцієнт корисної дії турбіни;
- теплова потужність котельні; кВт
- витрата пари, кг/с.

Кінцевими результатами є :

- термічний ККД циклу ПТУ
- питома витрата умовного палива, кг·ум.палива/кВт·год;
- загальна витрата умовного палива, кг/с;
- питома витрата пари на турбіну, кг/кВт·год
- коефіцієнт завантаження турбіни;
- коефіцієнт виробництва теплової енергії;
- частка виробленої електричної енергії.

Математичний опис моделі наведено нижче

Теплота, яку віддає пара на споживачах

$$q_{n1} = h_1 - C_p \cdot t_{H1}$$

Теоретичний теплоперепад в турбіні

$$H_o = h_o - h_k$$

Дійсний теплоперепад в турбіні

$$H = H_o \cdot h_t$$

Термічний ККД циклу ПТУ

$$\eta_t = \lambda_{TO} / (h_o - h_{ж.в})$$

Питома витрата умовного палива

$$b_y = 0,123 / \eta_t$$

Загальна витрата умовного палива

$$B_y = b_y \cdot N / 3,6$$

Витрата робочого палива на котельню

$$B_p = \frac{Q_k}{Q_{ny}^p \cdot \eta_k}$$

Питома витрата пари на турбіну

$$d = D_o / N_e$$

Питома витрата умовного палива

$$b = \frac{B_y \cdot 10^3}{N_e + \Sigma Q_{tc}}$$

Коефіцієнт використання теплоти палива

$$K_{вп} = \frac{N_e + \Sigma Q_{tc}}{Q_H}$$

Наявна теплота палива

$$Q_H = B_p \cdot Q_p^H$$

Коефіцієнт використання теплоти палива

$$K_{вп} = \frac{34,13}{b_y}$$

Коефіцієнт завантаження турбіни

$$F = \frac{N_i}{N_H}$$

Коефіцієнт виробництва теплової енергії

$$K_{TE} = \frac{TE}{TE + EE}$$

Частка виробленої електричної енергії

$$K_{EE} = \frac{EE}{TE + EE}$$

### 3.2 Дослідження впливу ККД паротурбінної установки

В якості ПТУ використаємо обладнання фірми Siemens, а саме турбіну SST-050. Це осьова одноступенева парова турбіна з протитиском [14].

Числовий експеримент на основі розробленої математичної моделі виконаємо для варіантів ККД протитискової турбоустановки представлених у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Варіанти виконання схеми

№ варіанту	Тип турбіни	Тиск пари на вході, бар	Температура пари, °С	Внутрішній ККД турбіни
1	2	3	4	5
1	SST-050	24	330	0,7
2	SST-050	24	330	0,75
3	SST-050	24	330	0,8
4	SST-050	24	330	0,85
5	SST-050	24	330	0,9

У таблиці 3.2 наведені результати моделювання впливу внутрішнього ККД турбіни на показники ефективності її встановлення на котельні ПрАТ «Чернівецький олійножировий комбінат».

Таблиця 3.2 – Результати моделювання впливу внутрішнього ККД

Показник	Од. вимір.	Номер варіанту				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Тиск на вході	МПа	24	24	24	24	24
ККД турбіни		0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
Ентальпія пари перед турбіною	кДж/кг	3083	3083	3083	3083	3083
Витрата пари	т/год	8	8	8	8	8
Теоретична ентальпія за турбіною	кДж/кг	2915	2915	2915	2915	2915
Теоретичний теплоперепад	кДж/кг	168	168	168	168	168
Робочий теплоперепад	кДж/кг	117,6	126	134,4	142,4	151,2
Ентальпія пари після турбіни	кДж/кг	2965	2957	2948	2940	2931
Теплова потужність споживачів	кВт	5114	5097	5081	5065	5048
Теплова потужність парогенераторів	кВт	5882	5882	5882	5882	5882
Електрична потужність турбіни	кВт	228,6	245	261,3	277,6	294
Витрата робочого палива	кг/с	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Витрата робочого палива без турбіни	кг/с	0,414	0,413	0,412	0,41	0,4

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Вироблена теплова потужність	кВт	10952	21903	28063	11235	10997
Коефіцієнт використання теплоти палива	-	0,799	0,799	0,799	0,799	0,799
Термічний ККД турбіни	-	0,044	0,047	0,05	0,053	0,057
Частка виробленої електричної енергії	-	0,042	0,045	0,048	0,051	0,055
Питома витрата пари на турбіну	$\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	34,9	32,6	30,6	28,8	27,1
Коефіцієнт виробництва теплової енергії	-	0,957	0,954	0,951	0,984	0,944
Вартість перевитраченого палива на турбіну	$\frac{\text{тис. грн}}{\text{рік}}$	304	326	347	369	390
Економія на електроенергії	$\frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}}$	12,0	12,9	13,7	14,6	15,45

Згідно даних розрахунків будемо графічну залежність показників роботи установки в залежності від ККД турбіни, в діапазоні 0,7 - 0,9 варіанту з таблиці 3.1. Результати моделювання основних показників представлені на рисунках 3.1 – 3.4.



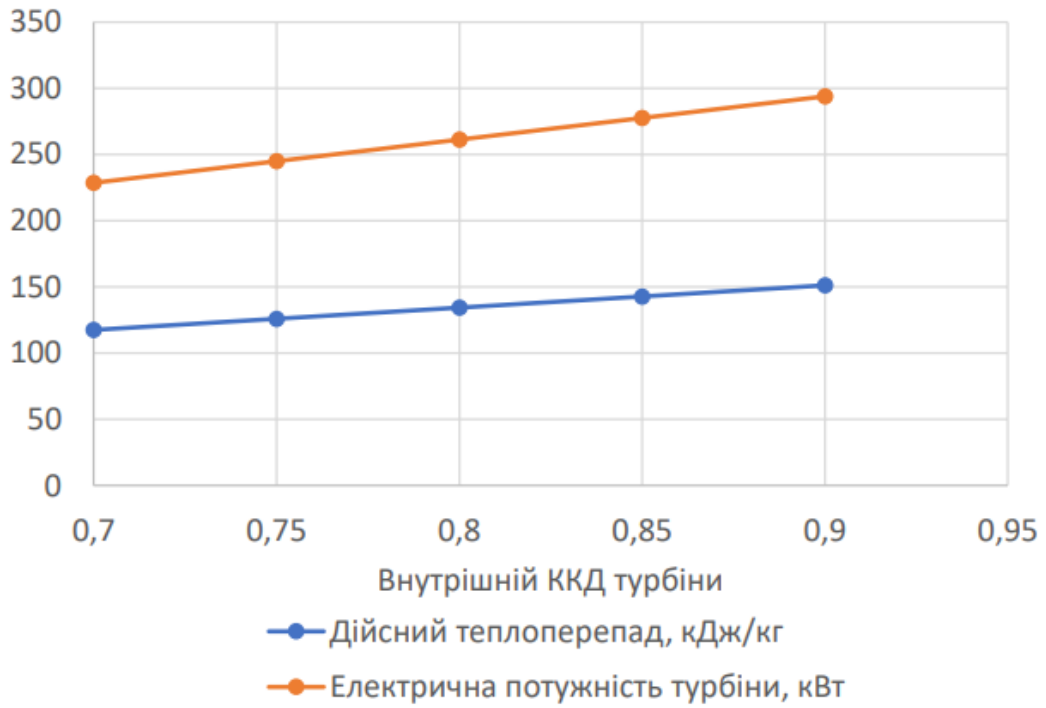


Рисунок 3.1 – Результати дослідження впливу внутрішнього ККД турбіни на дійсний тепलोперепад та електричну потужність протитискової турбіни

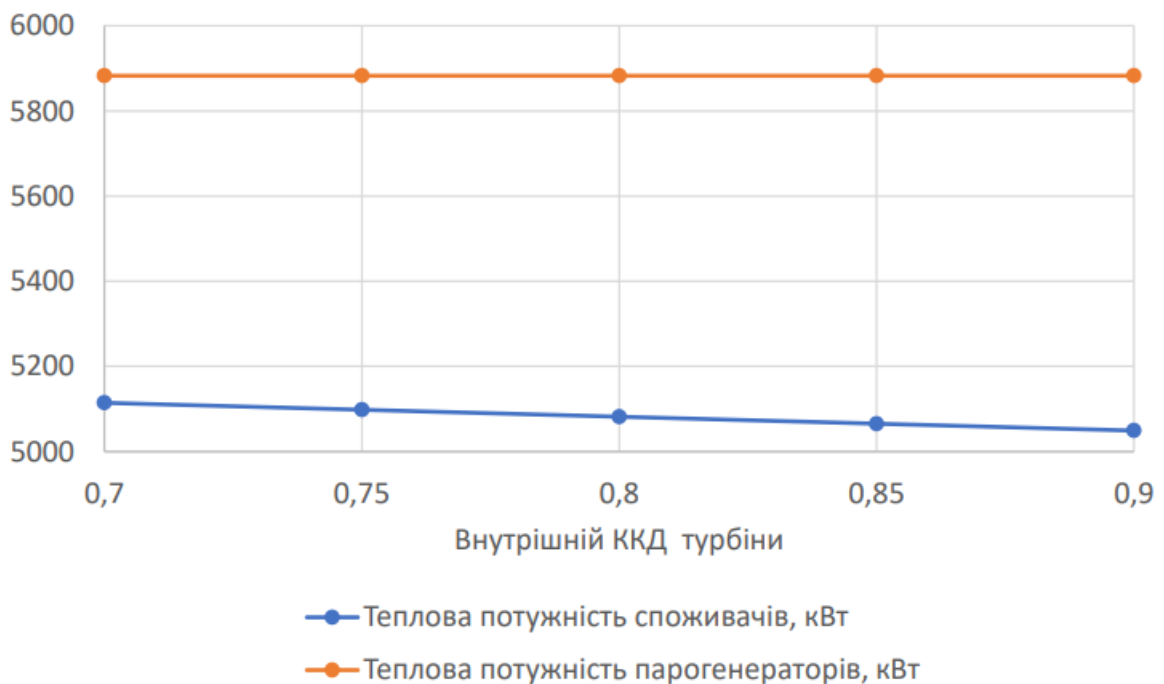


Рисунок 3.2 – Результати дослідження впливу внутрішнього ККД турбіни на теплові потужності споживачів та парогенераторів

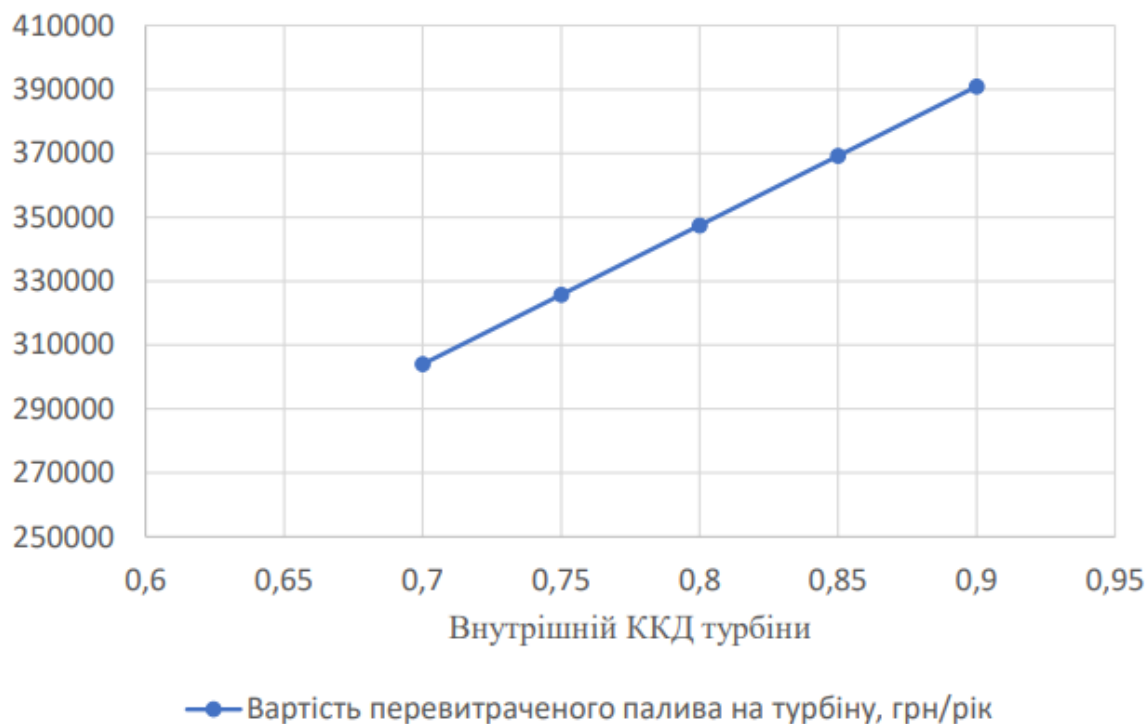


Рисунок 3.3 – Результати дослідження впливу внутрішнього ККД турбіни на вартість перевитраченого палива

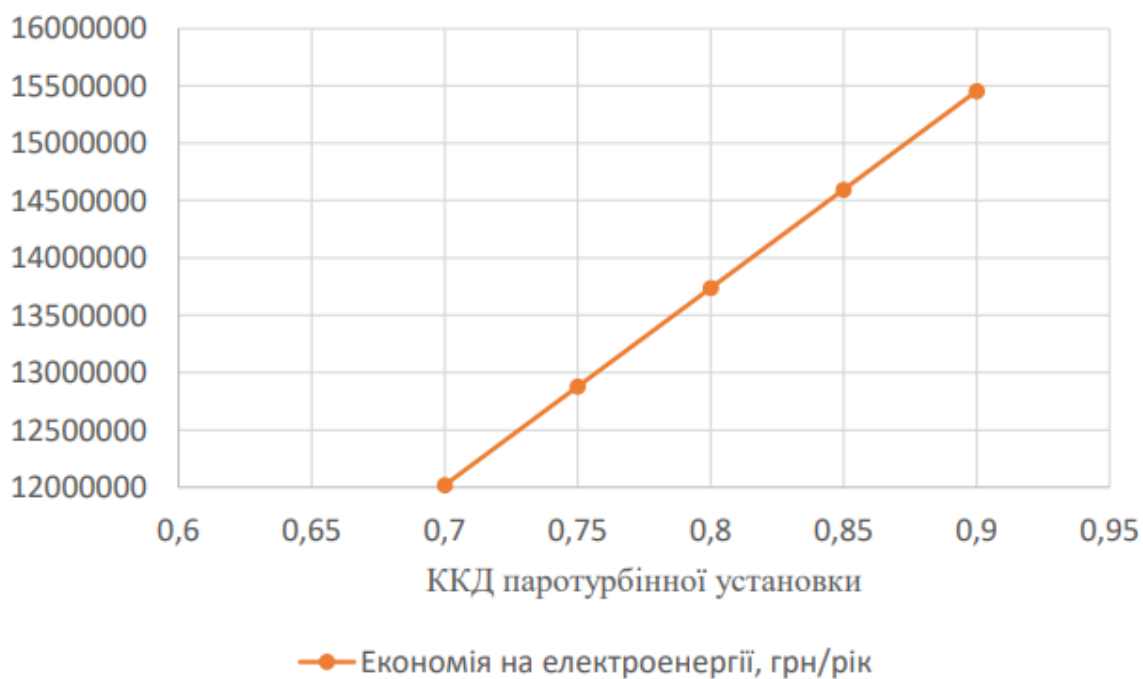


Рисунок 3.4– Результати дослідження впливу внутрішнього ККД турбіни на економію витрат на електроенергію

Аналіз рисунка 3.1 показує що зміна ККД паротурбінної установки має незначний вплив на дійсний теплоперепад та електричну потужність турбіни. Максимальна потужність турбіни досягає 300 кВт.

Аналіз рисунка 3.2 показує, що зміна ККД ПТУ майже не впливає на теплову потужність парогенераторів, яка складає біля 5,9 МВт. Але теплова потужність споживачів дещо зменшується при збільшенні ККД ПТУ через зростання ентальпії пари, що йде до споживачів.

Аналіз графіка 3.3 та 3.4 показує, що зі збільшенням ККД ПТУ вартість перевитраченого палива на турбіну зростає до 390 тис.грн, в той же час збільшується економія на електроенергії до 15,5 млн.грн за рік.

### 3.3 Дослідження впливу параметрів гострої пари

Числовий експеримент на основі розробленої математичної моделі виконаємо для різних параметрів гострої пари, представлених у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Варіанти виконання схеми

№ варіанту	Тип турбіни	Тиск пари на вході, бар	Температура пари, °С	Внутрішній ККД турбіни
1	2	3	4	5
1	SST-050	24	290	0,8
2	SST-050	24	310	0,8
3	SST-050	24	330	0,8
4	SST-050	24	350	0,8
5	SST-050	24	370	0,8

У таблиці 3.4 наведені результати моделювання впливу ентальпії гострої пари на показники ефективності її встановлення на котельні ПрАТ «Чернівецький олійножировий комбінат».

Таблиця 3.4 – Результати моделювання впливу внутрішнього ККД

Показник	Од. вимір.	Номер варіанту				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Тиск на вході	МПа	24	24	24	24	24
ККД турбіни		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Ентальпія пари перед турбіною	кДж/кг	2988	3036	3083	3129	3174
Витрата пари	т/год	8	8	8	8	8
Теоретична ентальпія за турбіною	кДж/кг	2840	2870	2915	2960	3000
Теоретичний теплоперепад	кДж/кг	148	166	168	169	174
Робочий теплоперепад	кДж/кг	118,4	132,8	134,4	135,2	139,2
Ентальпія пари після турбіни	кДж/кг	2869	2903	2948	2993	3034
Теплова потужність споживачів	кВт	4928	4993	5081	5169	5249
Теплова потужність парогенераторів	кВт	5672	5778	5883	5985	6085
Електрична потужність турбіни	кВт	230	258	261	263	271
Витрата робочого палива	кг/с	0,42	0,43	0,43	0,44	0,45
Витрата робочого палива без турбіни	кг/с	0,40	0,40	0,41	0,42	0,43

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Витрата умовного палива	кг/с	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24
Вироблена теплова потужність	кВт	10952	21903	28063	11235	10997
Термічний ККД турбіни	-	0,046	0,051	0,051	0,050	0,051
Частка виробленої електричної енергії	-	0,045	0,049	0,049	0,048	0,049
Питома витрата пари на турбіну	$\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	34,75	30,98	30,61	30,43	29,56
Коефіцієнт виробництва теплової енергії	-	0,955	0,951	0,951	0,952	0,951
Вартість перевитраченого палива на турбіну	$\frac{\text{тис. грн}}{\text{рік}}$	306	343	347	349	359
Економія на електроенергії	$\frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}}$	12,1	13,5	13,7	13,8	14,2

Згідно даних розрахунків будемо графічні залежності показників роботи установки в залежності параметрів гострої пари, в діапазоні 2988 – 3174 кДж/кг з таблиці 3.4. Результати моделювання основних показників представлені на рисунках 3.5 – 3.8

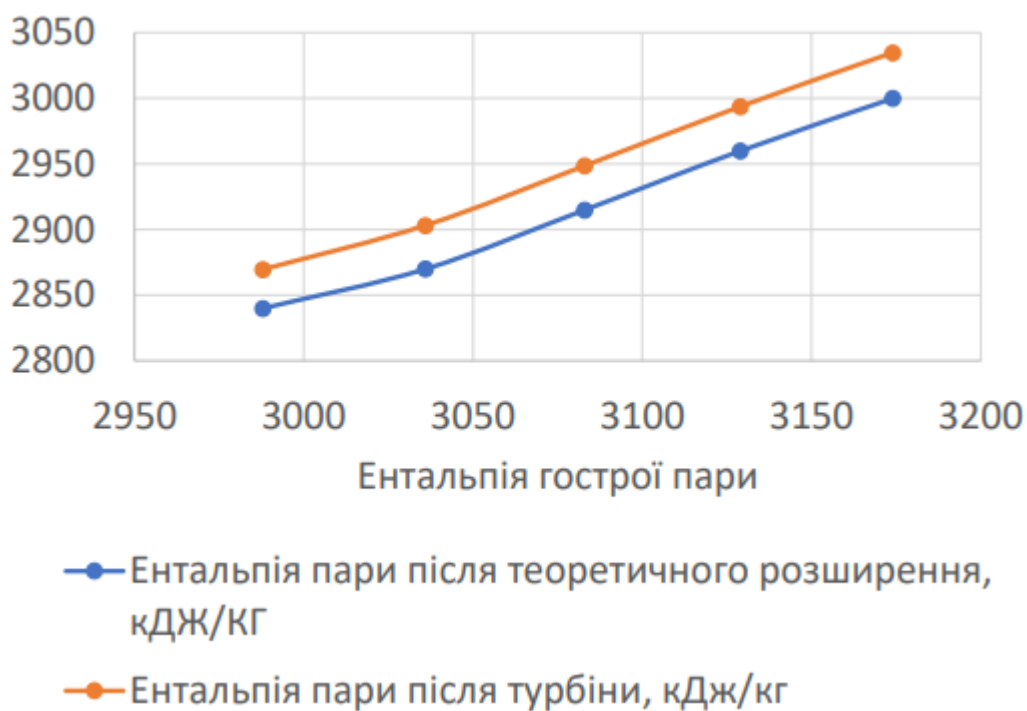


Рисунок 3.5 – Результати дослідження впливу ентальпії гострої пари на ентальпію пари після теоретичного розширення та ентальпію пари після турбіни

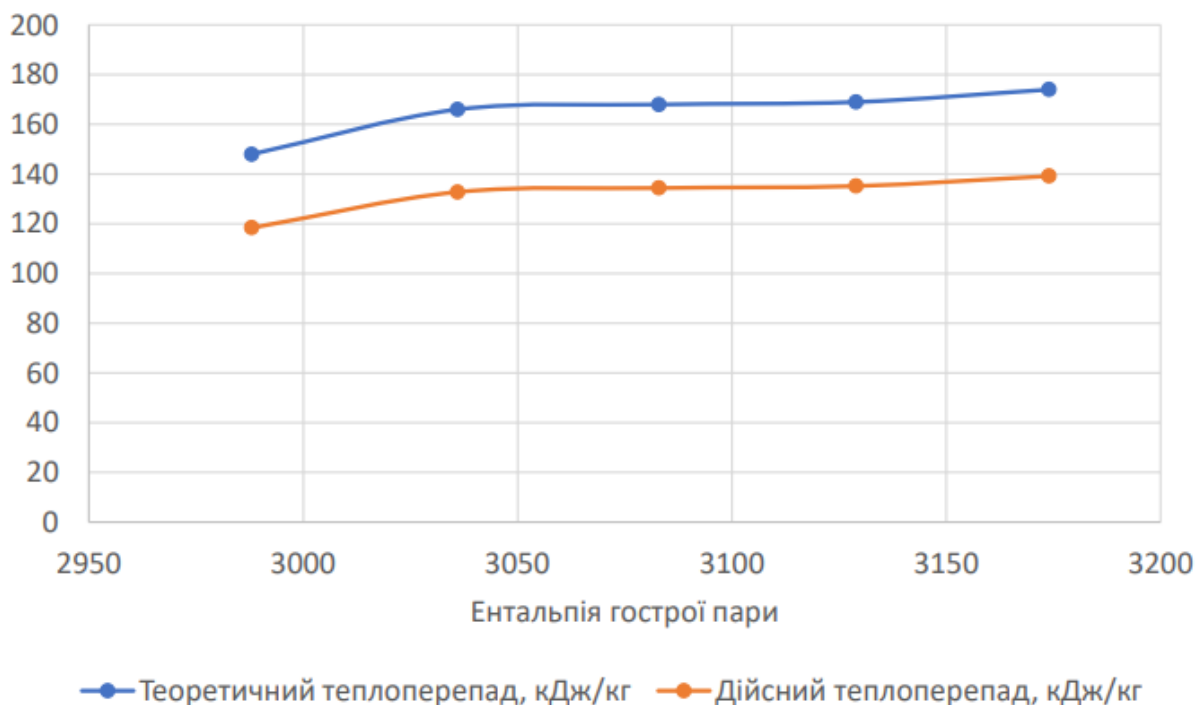


Рисунок 3.6 – Результати дослідження впливу ентальпії гострої пари на теоретичний та дійсний теплоперепад

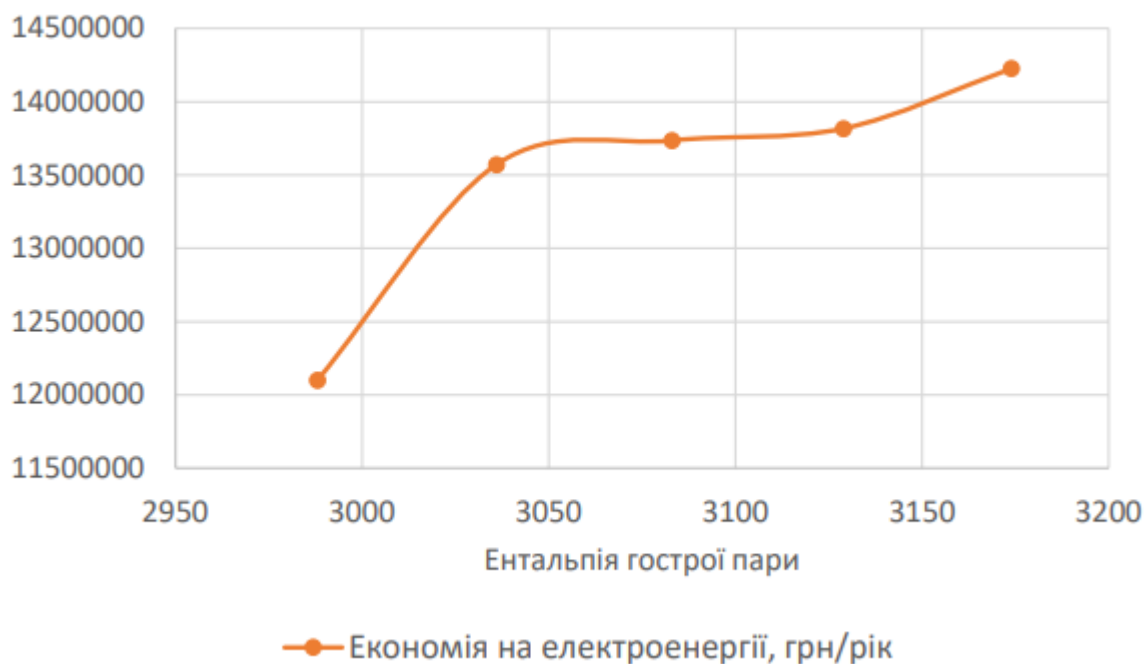


Рисунок 3.7 – Результати дослідження впливу ентальпії гострої пари на економію витрат на електроенергію

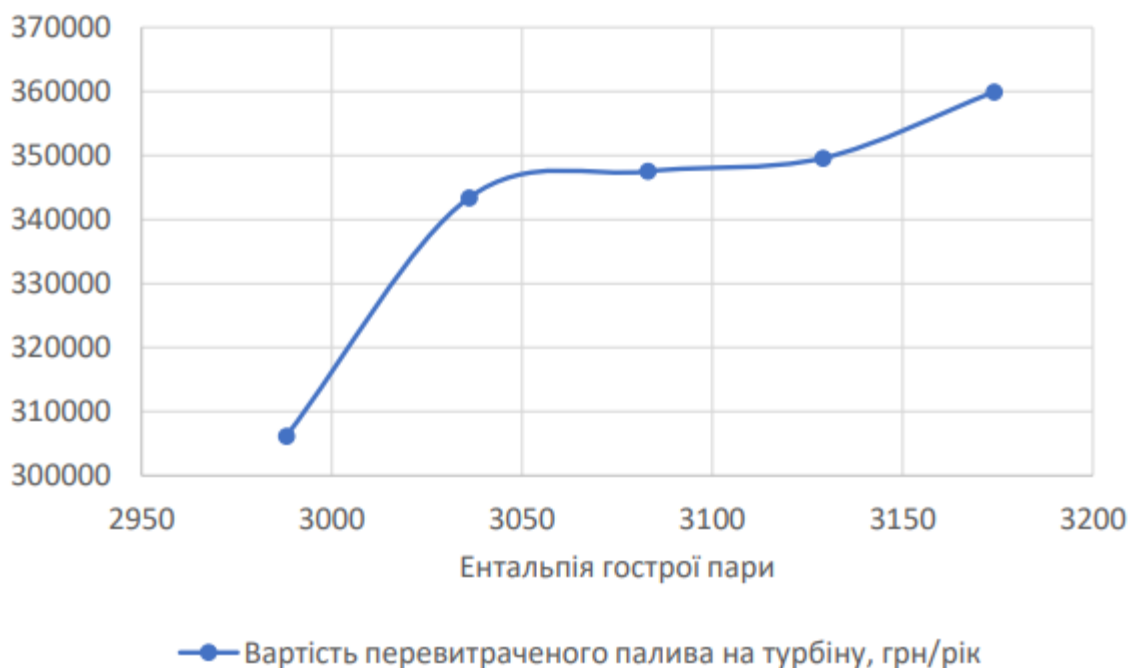


Рисунок 3.8 – Результати дослідження впливу ентальпії гострої пари на вартість перевитраченого палива на турбіну

Аналіз рисунка 3.5 показує що підвищення ентальпії гострої пари підвищує показники ентальпії пари після теоретичного розширення та після турбіни.

Аналіз рисунка 3.6 показує, що при збільшенні ентальпії гострої пари – теоретичний та робочий теплоперепади збільшуються.

Аналіз графіка 3.7 та 3.8 показує, що зі збільшенням ентальпії гострої пари вартість перевитраченого палива на турбіну зростає до 360 тис. грн в той час, як економія на електроенергії за 1 рік збільшується до 14,3 млн. грн.

#### 3.4 Висновки до розділу 3

Отже, розроблено математичну модель показників роботи ПТУ. Проведено розрахунки для варіантів зміни ККД турбіни та зміни параметрів гострої пари. В результаті розрахунків побудовано графіки залежності теоретичного та робочого теплоперепаду від ККД турбіни. Також, проведено аналіз впливу зміни параметрів гострої пари. Збільшення ККД турбіни та параметрів гострої пари підвищують вартість перевитраченого палива на турбіну до 390 тис. грн/рік та призводять в свою чергу до економії близько 15,5 млн. грн / рік



## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Розробка функціональної схеми автоматизації когенераційної системи

В даній роботі автоматизується багатопаливний паровий котел типу КЕ-10-14., який працює на твердому паливі – лушпиння соняшникове та лушпиння соняшникове гранульована. Даний котел є двобарабанным (складається з верхнього та нижнього барабанів), вертикально-водотрубним з природною циркуляцією, з лівим та правим бічним екраном, з конвективним пучком та передтопкою швидкісного горіння (фронтний екран передтопка та затискаючі ґрати). Призначений для вироблення насиченої пари, що використовується на технологічні потреби промислових підприємств, у системах опалення, вентиляції та гарячого водопостачання під час спалювання відходів. Виготовлений на базі шарових котлів серії «КЕ»

Котел КЕ-10-14 МТ розрахований на такі параметри: номінальна паропроductивність  $D=10$  т/год.; абсолютний тиск пари  $P=14$  кгс/см<sup>2</sup>; температура насиченої пари –  $t_{\text{п}}=194$  °С; МТ – вид палива багатопаливний.

У всіх котлах КЕ-10-14 МТ внутрішній діаметр верхнього та нижнього барабанів становить  $d=1000$  мм. Відстань між центрами барабанів складає  $h=2750$  мм.

Для внутрішнього технічного огляду котлоагрегату використовуються лазери, розміщені на задніх днищах верхніх та нижніх барабанів, а також на передньому днищі верхнього барабана.

Для котла КЕ-10-14 МТ застосовується одноступенева схема випаровування. Для допалювання виносів в конвективному пучку на котел КЕ-10-14 МТ встановлюється система повернення винесення та гострого дуття. Струмені гострого дуття в камерах топки утворюють газові вихори у вертикальній площині, які сприяють сепарації і багаторазової циркуляції винесення. Це призводить до зменшення хімічного недопалу [15].

Відпуск пари споживачам здійснюється з головної магістралі через РОУ. Споживачі повертають конденсат з температурою  $t_{\text{к}}=80$  °С. Частка повернення

конденсату від споживачів пари становить 60%. Далі конденсат поступає в систему фільтрів та водовідстійників, де очищається від жирових домішок та охолоджується. Очищений конденсат подається на деаератор разом з хімічною водою з температурою 5 °С. Пара із тиском 2,4 МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>) і температурою 330°С із котлів поступає на колектор гострої пари, звідки розподіляється до РОУ- 24/12, де охолоджується до температури 245-285°С і редукується до тиску - 1,2 МПа. Далі пара йде на споживача.

#### 4.1.1 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі

В процесі застосовуються такі вхідні продукти, як повітря, вода, пелети, природній газ, а також готовий продукт насичена водяна пара.

Повітря — природна суміш газів, яка не має ні запаху, ні смаку.

Повітря складається: на 78,8% з азоту, на 20,95 з кисню, інертні гази займають 0,94, вуглекислий газ 0,03%.

Вода – це рідина, яка не має ні кольору, ні запаху.. Технічна вода, яку використовують на котельні повинна проходити хімічну очистку і не повинна містити солі. Враховуючи низьку молярну масу молекул, що входять до її складу, вода має надзвичайно високі значення в'язкості, поверхневого натягу, теплоти випаровування та ентропії випаровування. Вона повинна бути середньої жорсткості, близько 70 мг / л, тоді вона не буде мати занадто згубний вплив на системи труб в котельні.

Одним з найбільш популярних типів альтернативного твердого палива є пелети. В даному випадку використовуються пелети з лушпиння соняшника. Так як підприємство спеціалізується на переробці сільськогосподарських культур із отриманням олійно-жирової продукції. Після основного виробництва залишається певна кількість відходів, а саме лушпиння соняшнику, яку підприємство спалює у власній котельні із отриманням пари.

Гранули лушпиння соняшнику є сировиною для виробництва твердого біо-палива виступає лушпиння соняшника – відходи олійно-жирових комбінатів. Для

виробництва рослинної соняшникової олії здійснюють пресування насіння – в результаті чого залишається багато відходів. З даних відходів за допомогою пресування під високим тиском, без використання хімічних домішок виробляють пелети.

Пелети є особливими гранулами – розмір їх коливається в межах від 6 до 10 міліметрів. Вони характеризуються прийнятною ціною, високою щільністю – близько 600 кілограмів на метр кубічний, простотою складування та транспортування, мають низькі показники вологості – трохи більше 12% та високий коефіцієнт теплотворності. Через низьку біохімічну активність пелети можуть довго зберігатися без особливих умов [16].

Пелети формують енергетичну незалежність України. Якщо повноцінно запровадити використання цього виду палива, країна зможе суттєво знизити споживання газу, що закуповується за кордоном. Пелети з лушпиння та відходів соняшнику займають друге місце на ринку гранульованого біопалива.

У порівнянні з деревними пелетами вони мають більшу зольність (до 7%). Процес спалювання пелет з лушпиння можна назвати практично безвідходним: золу можна використовувати як добрива. Наявна теплота згорання пелет з лушпиння соняшнику  $Q_p^H = 18$  МДж/кг.

Готовим продуктом є насичена водяна пара. Пара витрачається на покриття потреб теплової схеми, а саме на деаератор та на задоволення потреб промислових споживачів. Основна частка пари витрачається на олієекстракційний цех (ОЕЦ) та на цех очистки олії. Решта йде на сантехпотреби, локально очисні споруди та на власні потреби.

Природний газ - це природня суміш газоподібних вуглеводнів, що складається зазвичай з метану на додаток до різних менших кількостей інших вищих алканів. Зазвичай також присутні низка газів, таких як вуглекислий газ, азот, сірководень і гелій. Природний газ за своєю природою не має кольору та запаху, тому задля безпеки до природного газу зазвичай додають одоранти, щоб можна було легко виявити витіки. Природний газ є викопним паливом і невідновлюваним ресурсом, який утворюється, коли шари органічної речовини

розкладаються в анаеробних умовах і піддаються інтенсивному нагріванню та тиску під землею протягом мільйонів років.

Природний газ має широкий спектр використання. Його можна використовувати як для опалення, приготування їжі так і для виробництва електроенергії. Він також використовується як хімічна сировина у виробництві пластмас та інших комерційно важливих органічних хімікатів та часто використовується як паливо для транспортних засобів [17].

#### 4.1.2 Обґрунтування вибору величин, які регулюються та каналів регулюючого впливу

Управління робочим процесом котельних агрегатів для нормальної та безперебійної їх експлуатація, повинні забезпечуватися необхідними контрольно-вимірювальними приладами, апаратурою та засобами автоматики.

Необхідність у допоміжних пристроях та їх елементах безпосередньо залежить від призначення котельної установки, виду палива та способу його спалювання. Основними параметрами котлів є паропродуктивність; тиск та температура живильної води; ККД.

Автоматика, що використовується, повинна відповідати характеру роботи технологічного обладнання. За допомогою автоматики в котельні відбувається: врегулювання в певних межах наперед заданих значень величин, що характеризують технологічний процес; керування роботою установки; захист обладнання котельні від пошкоджень через відхилення технологічних процесів; блокування, що забезпечує автоматичне увімкнення або вимкнення обладнання з певною послідовністю, обумовленою технологічним процесом.

Розглянемо основні вимірювані величини та точки виміру в опалювальних котельних установках:

а) по тракту паливоподачі – у котельнях, що працюють на рідкому та газоподібному паливі, встановлюють об'ємні або швидкісні витратоміри;

б) газовим трактом – зазвичай вимірюють розрідження в топці, за котлом,

перед димососом. Вимірюють температуру та проводять аналіз газів за котлом. У котельнях малої потужності, як правило, використовують прилади, що показують, у великих котельнях – самопишучі;

в) трактом живлення котла водою – вимірюють витрату води на котельню в цілому, а також тиск її на окремих ділянках трубопроводів. Зазвичай використовують прилади, що показують;

г) паровим трактом – вимірюють тиск у паровому котлі і перед споживачами пари в самій котельні – пароводонагрівачами. Вимірюють і записують витрату пари, що подається споживачам;

д) з водопідготовки – реєструють витрату води, що йде на хімічне очищення та після неї, вимірюють її температуру (ртутними термометрами) та тиск у різних точках тракту;

е) по пароводопідігрівальній установці – в основному вимірюють витрату води та пари, температуру води до і після установки, а також тиск у трактах води та пари. Реєструють лише витрату води та температуру після встановлення;

ж) по мережевих і підживлювальних насосах – зазвичай заміряють витрату води, що подається в мережу та на підживлення, тиск у різних точках водяного тракту та температуру води, що надходить із тепломережі. Реєструють лише кількість підживлювальної води [18].

Згідно згаданого вище, автоматизація роботи парового котла повинна відбуватися за такими параметрами: рівнем води в барабані котла; розрідження в топці котла та співвідношення «паливо (пелети з лушпиння соняшнику)- повітря».

Регулятор рівня отримує сигнал по рівню в барабані котла і далі змінюючи положення регулюючого органу води, підтримує рівень заданого значення.

Регулятор розрідження отримує сигнал по розрідженню в топці котла і, змінюючи положення направляючого апарату димососу, підтримує розрідження заданого значення.

Регулятор співвідношення (повітря) отримує сигнал по кількості лушпиння, що подається в топку котла, підтримує тиск повітря в співвідношенні, що зазначено в режимній карті роботи котла. Кількість лушпиння змінюється за-

вдяки зміні швидкості шнекових транспортерів, що транспортують його. Оскільки рушієм шнекових транспортерів є асинхронні електродвигуни, тому для зміни їх швидкості використані перетворювачі частоти електричного струму. Частотний перетворювач має вмонтований пристрій, який і видає сигнал про швидкість двигунів до регулятора повітря, який, в свою чергу змінюючи положення направляючого апарату вентилятора підтримує потрібне співвідношення.

#### 4.1.3 Системи автоматичного регулювання

Розглянемо систему автоматичного регулювання живлення котла. На барабані котла встановлено одноелектродний кондуктометричний датчик рівня ДС.ПВТ (ОВЕН) (поз. 1-1), з якого передається сигнал збурення на щит керування. Датчик встановлений на барабані котла. Сигнал надходить на контролер рівня САУ-М7Е (поз. 1-3), який виробляє сигнал і передає його на вбудований магнітний пускач (1-4) і відповідно на електромагнітний клапан Rain Bird 075-LFV-9V з електричним приводним вентелем (поз. 1-5), відкривання і закривання, якого використовується для підтримки рівня води в барабані котла. Для сповіщення персоналу про аварійні ситуації, сигнал подається на щит сигналізації [19]. Система автоматичного регулювання котла зображено на рисунку 4.1

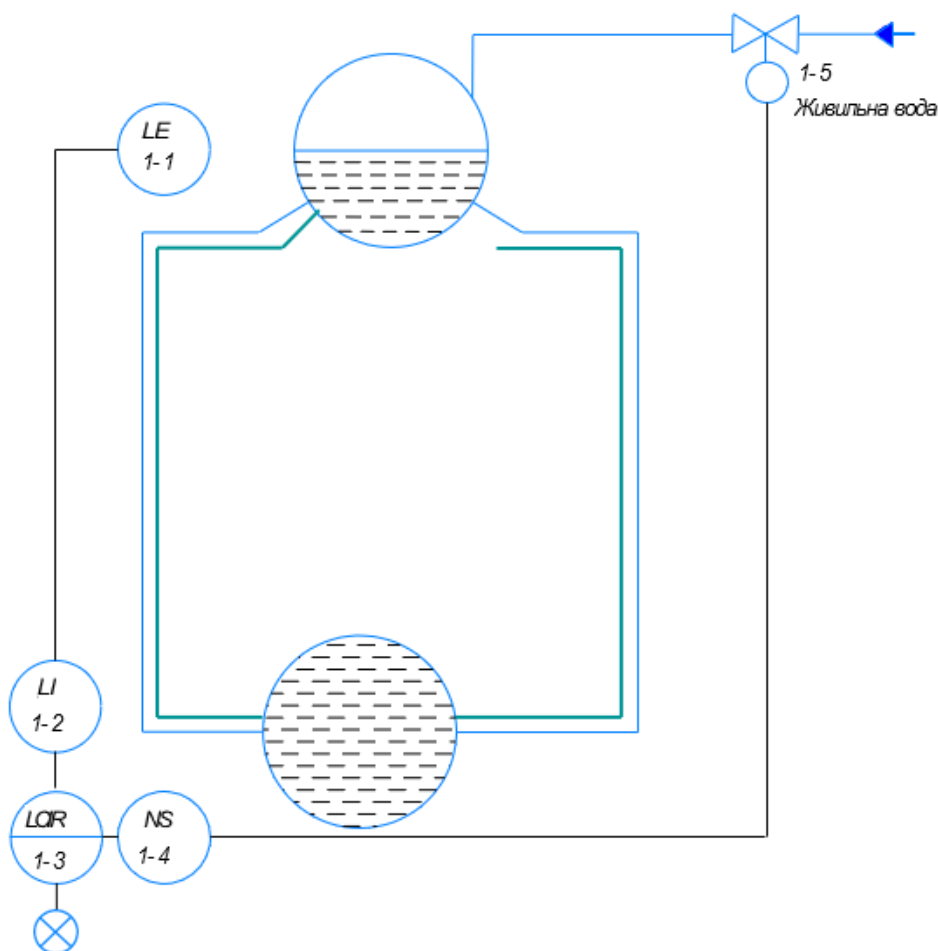


Рисунок 4.1 – САР живлення котла

Також важливо підтримувати тиск пари в барабані. Розглянемо принципові положення регулювання тиску на об'єкті ( Рисунок 4.2). Збурюючий сигнал виробляється за допомогою датчик тиску пари EJA510A (поз. 2-1). Даний датчик передає дані (збурюючий сигнал) на регулятор тиску па-ри Bailey Тип 2044 (поз. 2-3). Система обладнана групою з модульного контактора Nager ESC425 230В/25А 4НВ (поз. 5-4), який отримує сигнал від регулятора тиску пари та з іншої сторони надходить сигнал від датчика витрати палива. Даний датчик вбудований в контролер обертання шнеку DATAKOM DKG-253 (5-1). Регулятор подачі повітря VFC (поз. 6-3) отримує інформацію про поточну швидкість обертання шнеку і виробляє коригуючий сигнал для модульного контактора Nager ESC425 230В/25А 4НВ (поз. 6-6), на основі чого виконується коригування роботи дутевого вентилятора [20]. Таким чином працює схема регулювання.

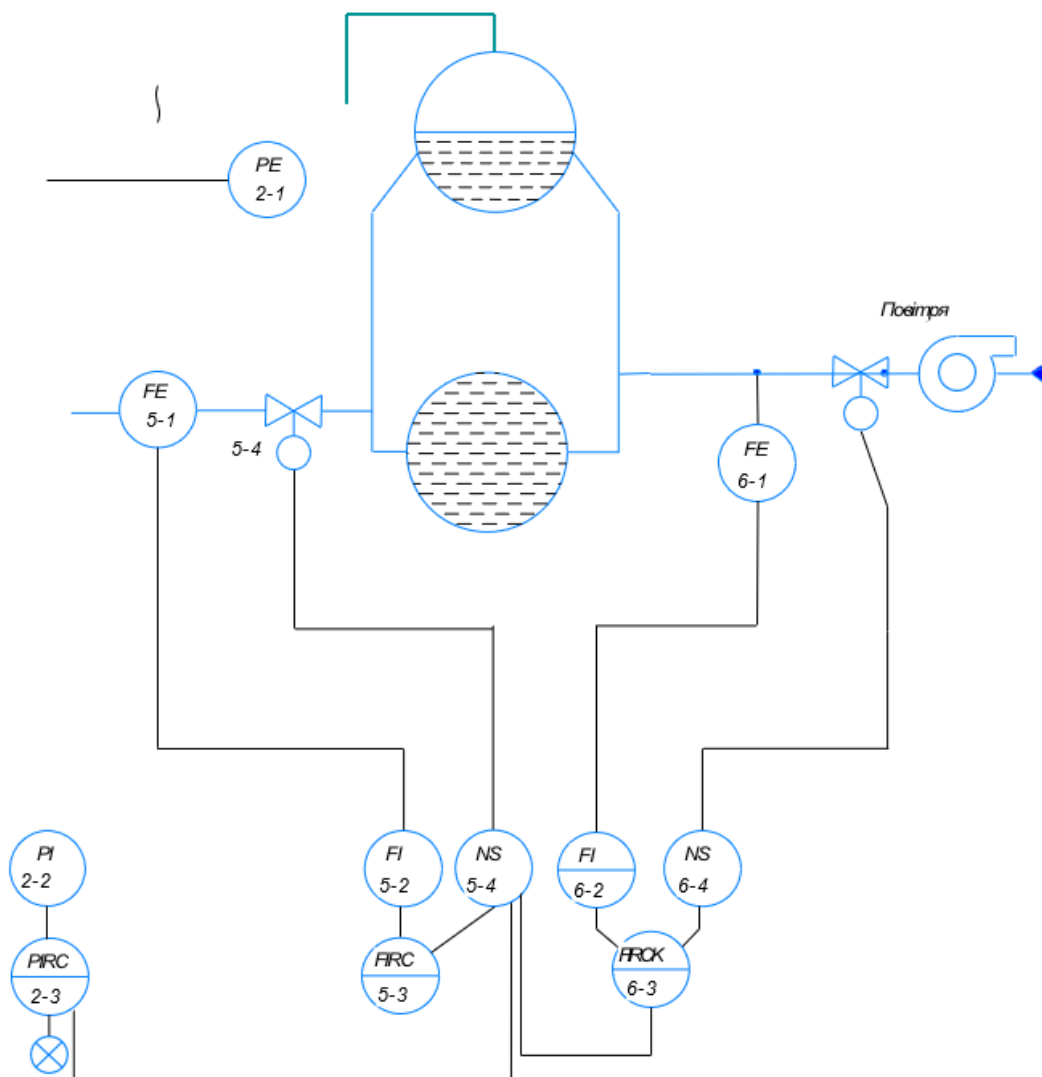


Рисунок 4.2 – САР тиску перегрітої пари

Також на об'єкті встановлено систему автоматичного регулювання економічності. Для даного об'єкту вибираємо регулятор економічності, який працює за принципом «навантаження-повітря». Отримавши сигнал про зміну тиску в барабані, регулятор виробляє керуючі сигнали для коригування витрати палива. Це відбувається шляхом коригування роботи модульного контактор (Hager ESC 425 230V/25A 4HB 5-4, який змінює швидкість обертання шнеку подачі палива), а також коригування витрати повітря, для забезпечення балансу паливо-повітря, використовуючи модульний контактор (Hager ESC425 230V/25A 4HB 6-6 призначеного для управління регулюючим органом – заслінка подачі повітря) [21] САР співвідношення витрат «паливо-повітря» зображено на рисунку 4.3.



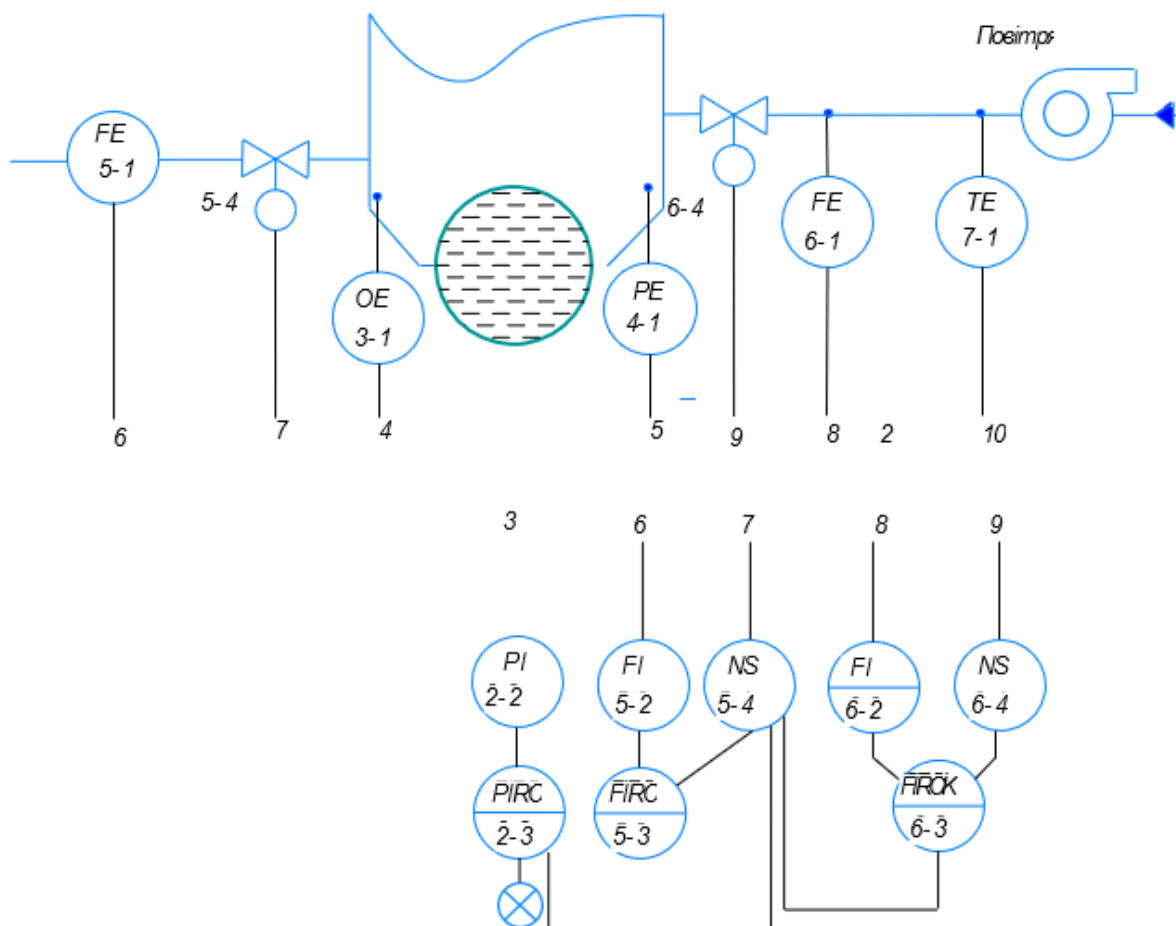


Рисунок 4.3 – САР співвідношення витрат «паливо-повітря»

Автоматичне регулювання розрідження є однією з надзвичайно важливих систем. Вона забезпечує безпечну роботу котла, якісне спалювання палива, захист навколишнього середовища. У нашому випадку у верхній частині топки встановлюється датчик розрідження (датчик тиску 6-2). Сигнал від цього датчика надходить на регулятор, який порівнює його із витратоміром (витратомір 6-1) – витрата дуттєвого повітря. Відповідно до цих сигналів, регулятором виробляється коригуючий вплив на заслінку (6-5) через частотний перетворювач (6-4). САР розрідження зображено на рисунку 4.4

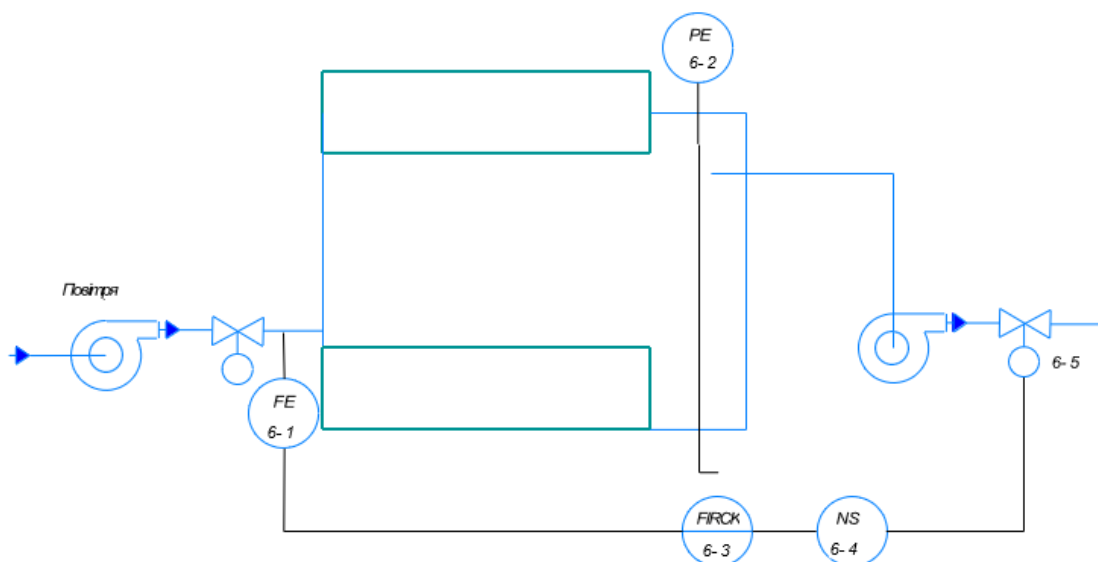


Рисунок 4.4 – САР розрідження в топці

4.1.4 Засоби автоматизації та величини, які піддаються контролю та сигналізації

Для повної роботи котла використовують датчики контролю різних середовищ, сигнали від яких надходять на регулятори, контролери і на пульт управління котлом.

Регулятор рівня води – це пристрій САУ-М7Е. Контроль рівня здійснюється за допомогою трьох датчиків, які встановлюються користувачем в резерві на заданих за умовами технологічного процесу відмітках: нижній, проміжній, верхній. Основними елементами приладу САУМ7Е є: 3 вхідні компаратори, призначені для обробки сигналів датчиків рівня; регулятор чутливості, що змінює рівень опорних сигналів компараторів (для кондуктометричних датчиків); комутатори, що визначають режими роботи приладу; блок логіки, що формує сигнали управління вихідним реле РОБОТА; вихідні електромагнітні реле ВЕРХ і РОБОТА, що керують виконавчими механізмами [22].

Датчики рівня САУМ7Е може працювати з такими типами датчиків:

1) кондуктометричними датчиками (що контролюють ступінь електропровідності середовища); 2) активними датчиками (ємнісні, індуктивні, оптичні) з вихідними ключами n-p-n типу, застосовуються для роботи з діелектричними

висипними матеріалу; 3) механічними контактними пристроями (застосовуються у пристроях поплавкового типу).

В якості датчика рівня обираємо ДС ПВТ. Даний датчик ДС ПВТ G1/2-3,0 (Овен) є кондуктометричний та одноелектродний. Має такі основні технічні параметри: максимальний робочий тиск  $P=2,5$  МПа; робоча температура до  $240$  °С; довжина стрижнів (електродів):  $L = 3,0$  м; конструктивні переваги: особливості конструкції перешкоджають накопиченню рідини на датчику, запобігаючи його хибному спрацьовуванню; робота з електропровідними рідинами: вода, молоко, харчові продукти (слабокислотні, лужні та ін.). Основною особливістю є те, що датчик ДС.ПВТ дозволяє працювати з перегрітою парою.

Компанія ОВЕН виробляє датчики рівня двох типів: кондуктометричного та поплавкового. Датчики рівня кондуктометричного типу ОВЕН ДУ, ДС призначені для сигналізації рівнів електропровідних рідин. Поплавкові датчики рівня ОВЕН ПДУ призначені для контролю рівня будь-яких рідин. Поплавкові датчики випускаються з двома видами вихідних сигналів: з дискретним сигналом ПДУ, з аналоговим  $4-20$  мА ПДУ-І. Датчики рівня ОВЕН застосовуються для вимірювання поточного та граничного (максимального або мінімального) рівня рідини та можуть працювати спільно з приладами лінійки САУ (САУ-У, САУ-М2, САУ-М6, БКК1, САУ-М7Е, САУ-МП).

Регулювання подачі живильної води виконується за допомогою електромагнітного клапану Rain Bird 075-LFV-9V. Клапан 075 LFV на  $9$  V монтується на трубу  $20$  мм без фланця. Розглянемо основні характеристики клапана: живиться від джерела змінного струму  $9$  вольт; пусковий струм номіналом  $300$  мА; струм утримання  $180$  мА; витрата води від  $0,6$  до  $30$  літрів в хвилину; робочий тиск в магістралі від  $1,5$  до  $10$  бар.

Для контролю частоти обертання двигуна використовують електронний блок управління регулятором DKG-253. Він є відносно недорогим. Контролювання частоти обертання двигуна відбувається зі швидким і точним реагуванням на зміни навантаження в системі. Оптимальна реакція, легко досягається за допомогою регулювання посилення та стабільності. Пристрій здатний видавати струм приводу

до 10 А. Однак вихідний ланцюг захищений від короткого замикання. Передбачено також захист від зворотного підключення батареї та перехідних напруг. Пристрій підходить для роботи як 12, так і 24 В.

В САР і сигналізації для розрідження перед димососом використовують магнітний вакууметр MP7ER. У цифровому вимірювальному приладі Televac MP7ER використовується легкозамінний датчик вакууму Televac® 7E з подвійним інвертованим магнетроном і холодним катодом. Він має великий перелік функцій. Цей пристрій опосередковано вимірює абсолютний тиск шляхом іонізації газу в присутності магнітного поля. На відміну від датчиків гарячих іонів, цей пристрій стійкий до проривів газу. Конструкція дозволяє легко розбирати датчик, що забезпечує швидке очищення датчика та тривале використання [23].

Також крім вище перерахованого обладнання у функціональній схемі автоматизації наявне інше стандартне обладнання, наприклад, термоперетворювачі опору, електронні датчики тиску, комутаційні засоби та інші.

Зазвичай контролю підлягають ті параметри, за значеннями яких проводиться оперативне управління технологічним процесом, а також його пуск і зупинка. До них входять усі режимні і вихідні параметри, а також вхідні параметри, при зміні яких в об'єкт будуть надходити збурення. Обов'язковому контролю підлягають параметри, значення яких регламентуються технологічною картою.

Контроль та реєстрація таких параметрів:

- рівня води в барабані котла;
- витрата пари;
- температури перегрітої пари
- тиску перегрітої пари

Контроль:

- тиску пари в барабані котла;
- тиску перегрітої пари;
- тиску живильної води;
- тиску повітря після вентилятора;
- тиску повітря в зонах вдування;

- тиску дим.газів після димососу;
- тиску дим.газів після блоку циклонів;
- тиску дим.газів рециркуляції;
- розрідження в топці котла;
- розрідження за котлом;
- розрідження за економайзером;
- температури дим.газів в зоні пароперегрівача;
- температури дим.газів за котлом;
- температури дим.газів за економайзером;
- температури живильної води;
- потоку лушпиння;

Захист (світлозвукова сигналізація з запам'ятовуванням першопричини та припинення подавання палива) по:

- високому рівню води в барабані котла;
- низькому рівню води в барабані котла;
- низькому тиску повітря;
- низькому розрідженню в топці;
- високому тиску пари в барабані котла;
- погасанню полум'я;
- відсутності лушпиння;
- зупинці димососу або вентилятора;

#### 4.1.5 Розрахунок регулюючого органу

Для транспортування рідин і газів у технологічних процесах застосовують, зазвичай, напірні трубопроводи. У них потік відбувається за рахунок тиску, створеного насосами (для рідин) або компресорами (для газів). Для правильного вибору насоса чи компресора підбір проводиться за двома параметрами: максимальною продуктивністю і необхідним тиском.

Зміна витрати рідини чи газу за рахунок дроселювання є основним керую-

чим впливом в системі автоматичного регулювання [24].

До основних статичних характеристик регулюючого органу входить залежність витрати через нього від ступеня відкриття:

$$q = f(h), \quad (4.1)$$

де  $q = Q / Q_{\max}$  – відносна витрата;

$h = H / H_{\max}$  – відносний хід затвора регулюючого органу.

Характеристика регулюючого органу, яка не залежить від його зовнішніх з'єднань – це «пропускна характеристика».

Для вибору регулюючого органу розрізняють наступні показники : діаметр його приєднувальних фланців  $d_f$ , максимально допустимий тиск  $P_y$ , температура  $t$  і властивості речовини. Індекс «у» вказує на умовне значення показників, що пояснюється неможливістю забезпечити їх точне дотримання для серійних регулюючих органів. Метод розрахунку регулюючого органу для повітря є підтвердженим практикою наближеним методом [25].

За допомогою даної методики можливий спрощений розрахунок клапана для стандартних умов експлуатації.

Для регуляторів прямої дії і для регулюючих клапанів розроблені каталоги, в яких вказані всі необхідні дані про номінальний діаметр, номінальний тиск і значення умовної пропускної здатності  $K_{vs}$ .

Точний розрахунок регуляторів прямої дії і регулюючих клапанів проводиться по DIN EN 60534. Для розрахунку значень гідродинамічного параметра шиберного клапану  $K_v$  повинні бути відомі наведені робочі параметри:

- $p_1$  тиск перед клапаном, бар;
- $p_2$  тиск після клапана, бар;
- $\Delta p$  перепад тиску, бар;
- $H$  хід, мм;
- $V$  об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/год;
- $W$  масова витрата, кг/год;

- $\rho$  щільність, кг/м<sup>3</sup>;
- $\rho_1$  щільність перед клапаном, кг/м<sup>3</sup>;
- $t_1$  температура перед клапаном, °С.

До типових параметрів відносяться:

- Номінальний хід, для кожної серії регулюючих клапанів зазначено повний робочий хід  $H_{100}$ , при досягненні якого клапан вважається повністю відкритим.

- Параметр  $K_v$ , розуміють як витрату  $V$  (Об'ємний потік) води в м<sup>3</sup>/год при температурі 5-30 °С, який при перепаді тиску  $P = P_1 - P_2 = 1$  бар, проходить через регулюючий клапан при заданому ході  $H$ .

- Параметр  $K_{vs}$ , використовують для характеристики типів клапанів, вказується умовна пропускна здатність  $K_{vs}$ , яка представляє собою вказане значення  $K_v$  при номінальному ході  $H_{100}$  клапана.

- Параметр  $K_{v100}$  - він не може відхилитися від зазначеного параметра  $K_{vs}$  більш ніж на  $\pm 10\%$ .

Для характеристики роботи клапану вводиться поняття коефіцієнта надійності

$$S = \frac{K_{vs}}{K_v} \quad (4.2)$$

де  $K_{vs}$  – умовна пропускна здатність клапана;

$K_v$  – розрахункове значення пропускної здатності

Для регуляторів прямої дії:  $S \approx 1,3-5$ .

Для сухого повітря виведено наступне рівняння для масової витрати

$$W = 15,3 \cdot m \cdot K_v \cdot \sqrt{P_1 \cdot \rho} \quad (4.3)$$

Рівняння можна записати в наступному вигляді

$$W = m \cdot K_v \cdot Z \quad (4.4)$$

$$K_v = W / (m \cdot Z) \quad (4.5)$$

де  $P_1, P_2$  – тиск середовища;

$m$  – коефіцієнт перепаду тиску;

$W$  – масова витрата, кг/год;

$K_v$  – коефіцієнт витрати, м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  – густина середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$Z$  – коефіцієнт стиснення.

Вхідні дані для розрахунку шиберу після нагнітального вентилятора свіжого повітря:

- температура повітря  $t_n = 20$  °С;
- тиск перед шибером  $P_1 = 170$  кПа та тиск після шибера  $P_2 = 160$  кПа;
- густина повітря  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;
- масова витрата  $G = 2900$  кг/год.

Співвідношення тисків

$$\frac{P_1}{P_2} \quad (4.6)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{160}{170} = 0,94$$

Із таблиці 3 та 4 [21] визначаємо коефіцієнти:  $m = 0,44$ ;  $Z = 3,3$ .

$$K_v = 2900 / (0,44 \cdot 3,3) = 1997 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Отже, для повітропроводу свіжого повітря на нагнітальній лінії вентиляторів вибираємо шибер, 2 шт з електроприводом типу VG6400-08EP00 Tescofi із діаметром умовного проходу 600 мм із стандартним коефіцієнтом витрати



$K_v = 1200 \text{ м}^3/\text{год}$ , що більший за розрахунковий[26].

## 4.2 Розробка технології монтажу системи відведення та очищення димових газів

### 4.2.1 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу

Система монтажу обладнання для очищення та відведення димових газів складається з групового циклону ЦН-15-900×6УП, димососу ДН -19 з ел. приводом А5К-355-200-6 200 кВт, кармана всмоктувального типу Ріхтера №19, клапана газощільного та газоходів.

Циклон — циліндрично-конічний апарат, призначений для очищення повітря або газу від твердих частинок, пиловловлювач, в якому відбувається процес відділення твердої фази від газу під впливом відцентрових сил, які виникають при тангенціальній подачі вихідного газу під тиском і осьовому розвантажуванні продуктів розділення. Працюють циклони за таким принципом: пилогазова суміш подається по дотичній до внутрішньої поверхні циліндричної частини корпусу і здійснює рух по гвинтовій лінії зверху вниз.

Циклони типу ЦН-15 є одним з найбільш універсальним типом. Вони забезпечують очищення газів ефективністю близько 80-95% частинок пилу розміром понад 10 мкм. Рекомендується використання циклонів для попереднього очищення газів та встановлення перед високоефективними апаратами (наприклад, фільтрами та електрофільтрами).

Циклони можуть виготовлятися у вибухобезпечному виконанні (конструктивно передбачені вибухові клапани, і бункер має мінімальні розміри, щоб уникнути накопичення вибухонебезпечного пилу). Для збільшення терміну експлуатації циклонів допустимо в місцях максимального зносу (у нижній частині конуса або у вхідній частині равлика) приварювати додаткові листи із зовнішнього боку стінок циклонів. Залежності від пропускної спроможності по повітрю (газу) та умов застосування, циклони ЦН-15 виготовляються одиночного

або групового виконання - з двох, трьох, чотирьох, шести та восьми циклонів. Групові циклони можуть бути з камерою очищеного повітря у вигляді «равлика» або у вигляді збірки [27].

Запилене повітря потрапляє у корпус циклону ЦН-15-900-6УП(СП) зі швидкістю приблизно до 20 м/с, де здійснює обертальний рух у кільцевому просторі між стінкою корпусу та внутрішньою трубою, рухаючись далі у конічну частину корпусу. Під дією відцентрової сили частинки пилу, при переміщенні притискаються до стінок корпусу. Очищене повітря виходить назовні через внутрішню трубу, а пил надходить у збірний бункер.

Для швидкого та ефективного виведення газоподібних речовин з домішкою пилу використовують димососи. На котельні встановлений димосос ДН-19. У корпус димососа поміщений електродвигун, який відповідає за працездатність приладу Патрубок сконструйований на кшталт «равлика», а відцентровий вентилятор має лопаті (16 штук), які загнуті назад. Такий тип конструкції дозволяє значно підвищити потужність повітряного потоку, що збільшує рівень ефективності димососа. Принцип одностороннього припливу повітря викликаний тим, що вентилятори завжди працюють на одностороннє всмоктування, а також високий або середній тиск. Діаметр робочого колеса 1900 мм.

Відведення продуктів, що виникають унаслідок згоряння палива встановлюють газоходи. Для виготовлення газоходів обирають металеві листи, здебільшого з нержавіючої сталі або алюмінієвих сплавів. На даному об'єкті застосовують газоходи листової сталі товщиною 2 мм.

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів для монтажу системи очищення димових газів на котельні Чернівецького ОЖК наведено у таблицях 4.1 та 4.2 [28,29].

Таблиця 4.1 – Відомість витрат основних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим	Кіль- кість	Маса од., кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Циклон груповий ЦН-15-900×6УП	шт	1	5660	5660
2	Димосос ДН-19 з ел.приводом А5К-355-200-6, 200 кВт	шт	1	6000	6000
3	Карман всмоктувальний, типу Ріхтера №19	шт	1	702	702
4	Клапан газощільний ПГВУ 296-80 600×600 мм	шт	1	105	105
6	Відвід 90°(1628×711)	шт	1	118,4	118,4
7	Відвід 90°(800×1300)	шт	1	88	88
8	Відвід 45°(1628×745)	шт	2	72	144
9	Відвід 42°(1628×745)	шт	2	65,6	131,2
10	Перехід (954×711) × (1098×711)	шт	1	19,52	19,52
11	Перехід (1098×711) × (1628×711)	шт	1	38,56	38,56
12	Перехід (1628×711) × (1628×604)	шт	1	25,6	25,6
13	Перехід (1624×604) × (1628×745)	шт	1	25,76	25,76
14	Газохід (800×1300) L=765 мм	шт	2	51,7	113,4
15	Газохід (954×711) L=625 мм	шт	1	33,6	33,6
16	Газохід (1628×711) L=1250 мм	шт	4	93,6	374,4
17	Газохід (1628×745) L=625 мм	шт	11	47,8	526,2
18	Газохід (1628×745) L=540 мм	шт	2	41	82
					14187,6

Таблиця 4.2 – Відомість витрат допоміжних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим	К-сть	Маса од. кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
для монтажу циклона [24]					
1	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,1	29,5	2,95
2	Каболка	т	0,1	0,00004	0,004
3	Фарба земляна густо терта масляна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,1	0,00008	0,008
4	Оліфа комбінована К-3	т	0,1	0,00004	0,004
5	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,1	0,1677	16,77
6	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,1	0,0775	7,75
для монтажу димососу [25]					
7	Гас для технічних потреб, марка КТ1, КТ-2	т	1	0,008	8
8	Крейда природна молота	т	1	0,0005	0,5
9	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	1	0,069	69
10	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50А	т	1	0,0079	7,9
11	Кола армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	1*0,53 4	0,36	0,36
12	Кола армовані абразивні відрізні, діаметр 180*6 мм	шт	1*1,79 8	0,168	0,336
13	Шпали дерев'яні не просочені, I тип, довжина 2,75 м	шт	1*4	85	340
14	Вода	м <sup>3</sup>	1	0,0014	1,4
15	Порошок графітовий	кг	1	1,6	1,6
16	Скоби будівельні	кг	1	3,6	3,6

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
для монтажу газоходів та фасонних частин [24]					
17	Азбестовий шнур заг. призначення діаметр 8-10мм	т	0,45	0,0017	0,63
18	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,45	1,57	0,7
19	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,45	0,01822	8,2
20	Фарба земляна густо терта масляна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,45	0,0006	0,27
21	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	0,45	0,0253	11,4
22	Крейда природна молота	т	0,45	0,0003	0,14
23	Міткаль «Т-2»	10 м	0,45	3,51	1,58
24	Болти буд. з гайками та шайбами	т	0,45	0,0167	7,5
для монтажу клапана [24]					
25	Азбестовий шнур загального призначення діаметр 8,0-10,0 мм	т	1	0,00038	0,38
26	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	1	1,378	1,378
27	Болти буд. з гайками та шайбами	т	1	0,002	2
Для монтажу кармана, типу Ріхтера [24]					
28	Клей гумовий N88-Н	кг	4,4	0,015	0,066
29	Болти будівельні з гайками, шайбами	т	4,4	0,0002	0,88
					500,4 кг

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

Загальна маса становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{мат}} = 14187,6 + 500,4 = 14688 \text{ (кг)}$$

#### 4.2.3 Визначення складу і об'єму робіт

Склад робіт:

1. Доставка обладнання та матеріалів до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання газоходів.
3. Монтаж циклона марки ЦН-15-900×6 УП.
4. Монтаж димососа ДН-19 з ел. приводом 200 кВт.
5. Монтаж всмоктувального кармана типу Ріхтера №19.
6. Монтаж газоходів та фасонних частин.
7. Встановлення клапана газощільного 600×600 мм.
8. Пневматичне випробування газоходів.
9. Перше робоче випробування системи.
10. Робоча перевірка системи в цілому та здача в експлуатацію.
11. Повернення допоміжного обладнання на склад.

Об'єм робіт:

1. Доставка обладнання та матеріалів до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 14736,5 кг .Приймаємо об'єм  $V=14,7365$ .
2. Розмітка місць прокладання газоходів. Одиниці вимірювання 100 м Довжина всієї мережі газоходів складає 15,5 м. Приймаємо  $V = 0,155$ .
3. Монтаж циклона марки ЦН-15-900×6УП. Одиниці вимірювання в 10 шт. До монтажу приймаємо 1 циклон. Отже, приймаємо  $V=0,1$ .
4. Монтаж димососа ДН-19 з ел. приводом 200 кВт. Одиниці вимірювання в штуках, до монтажу приймаємо 1 димосос. Отже  $V=1$ .
5. Монтаж всмоктувального кармана типу Ріхтера №19. Одиниці вимірювання в 1 м<sup>2</sup>. До монтажу приймаємо 1 карман. Отже  $V= 4,4$ .
6. Монтаж газоходів та фасонних частин. Одиниці вимірювання 100м<sup>2</sup>. Загальна площа газоходів та їх елементів складає 45 м<sup>2</sup>. Отже  $V= 0,45$ .
7. Встановлення клапана 600×600 мм. Одиниці вимірювання в штука. В системі очищення встановлюється 1 газощільний клапан. Отже приймаємо  $V=1$ .

8. Пневматичне випробування газоходів. Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі газоходів складає 15,5 м. Приймаємо  $V = 0,155$ .

9. Перше робоче випробування системи. Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі газоходів складає 15,5 м. Приймаємо  $V = 0,155$ .

10. Робоча перевірка системи в цілому та здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі газоходів складає 15,5 м. Приймаємо  $V = 0,155$ .

11. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тоннах маса всього обладнання 48,5 кг. Приймаємо  $V=0,0485$ .

#### 4.2.4 Особливості монтажу

Перед початком монтажних робіт потрібно провести підготовчі роботи, а саме: підготовку будівельних майданчиків; прокладання доріг для транспорту; обладнання складів збірних конструкцій, матеріалів; проектування кранових колій для рейкових монтажних кранів; установлення монтажних кранів та іншого монтажного обладнання; облаштування різних комунікацій; забезпечення будівельного майданчика тимчасовими побутовими приміщеннями

При проектуванні та монтажі систем очищення димових газів обов'язково потрібно враховувати чинне на території України положення пожежної безпеки. Перед початком монтажних робіт, даний проект попередньо узгоджують з місцевими інженерними службами та органами пожежного нагляду. Монтаж систем очищення вихідних газів здійснюється кваліфікованими монтажними організаціями.

Газохід призначений для з'єднання теплогенератора з основною вертикальною димохідною системою. Димовідвід може з'єднуватися з теплогенератором прямим з'єднанням та з'єднанням за допомогою адаптера. Пряме застосовують при монтажі димоходу на атмосферних котлах. Коли на патрубках теплогенератора монтується труба димохідної системи відповідного діаметра. Патрубок і труба, у місцях з'єднання ущільнюється жаростійким герметиком. Другий тип з'єднання

застосовується при монтажі димоходу з наддувними котлами. Горизонтальні ділянки фіксують до стіни або стельового перекриття із використанням стандартних кріплень. До кожного теплогенератора рекомендується встановлювати індивідуальну димохідну систему [30].

Технологія монтажу циклона будь-якого типу необхідно проводити відповідно до всіх вимог СНиП, відповідно до робочої документації проекту та з інструкцією заводу-виробника обладнання. Будь-яке відхилення від проекту дозволяється тільки, якщо отримали дозвіл від замовника та організації – проектувальника.

Вимоги до монтажу циклонів мають на меті забезпечити проектні параметри повітряного середовища на виході їх циклону. Це досягається максимально можливою герметизацією повітроводів на вході та виході циклону, правильною установкою його елементів по вертикалі та герметичним зчленуванням всіх його елементів.

Перед початком монтажу необхідно провести такі підготовчі заходи: підготувати монтажні отвори в перекриттях та стінах для подачі повітроводів до циклону; встановити закладні деталі у конструкції для монтажу та кріплення циклону відповідно до документації; забезпечити безпеку виконання монтажних робіт.

Зазвичай циклон доставляються на об'єкт уже в зібраному вигляді або окремими деталями, все залежить від габаритних розмірів і маси елементів циклону. Основними елементами циклону є корпус, равлик та бункер для збирання пилу. Перед монтажем циклон збирають, якщо він був доставлений частинами, зручними для транспортування. Складання може бути на болтах або за допомогою зварювання.

Циклони монтуються як у відкритих майданчиках так і у виробничих приміщеннях. Встановлюють їх на залізобетонних або металевих опорах, а також кріплять до колон або стін. Циклони розміщують над бункерами для збирання пилу. Циклон у зібраному вигляді піднімають на заздалегідь встановлені будівельні опори за допомогою автомобільного крана і монтують, вивіряючи вертикальність і горизонтальність по схилу і за рівнем.



Складання окремих деталей циклону та остаточне їх закріплення до опорних конструкцій здійснюється за допомогою пересувних монтажних майданчиків або автогідропідійомників.

Усі роботи зі збирання та встановлення циклонів повинна виконувати спеціалізована монтажна організація, оскільки даний вид робіт потребує відповідної кваліфікації та досвіду, допусків до роботи на висоті та роботи з підйомними механізмами. [30].

#### 4.2.5 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Першочергово якісне виконання монтажних робіт залежить від своєчасної підготовки виробництва. При монтажі систем очищення димових газів обов'язково потрібно дотримуватися технічних умов і правил.

Газоходи, деталі, конструкції та обладнання для системи очищення димових газів завозяться централізовано автомашиною "Mercedes Benz Ахор 2543 за 2 заходи. Технічні характеристики автомобіля наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини Mercedes Benz Ахор 2543[31]

Найменування	Од.виміру	Значення
Витрата пального	л/100 км	30
Вантажопідйомність	кг	17400
Габарити:		
Довжина	мм	9350
Ширина		2489
Висота		3195
Маса	кг	40000

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 40 (км);
- кількість ходок  $n=2$ ;
- витрата палива  $Q=30$  (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{п}} = 30/100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 30 = 36 \text{ л}$$

Для зварювання стиків використовується апарат для ручного дугового зварювання Jasic ARC 200, технічні характеристики, якого наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика зварювального апарату для ручного дугового зварювання Jasic ARC 200 [32]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга	В	220
Номінальний струм	А	200
Діаметр звар. елемента	мм	1-4
Споживана потужність	кВт	6,58
Маса	кг	5,8

Для зачищення деталей використовуємо кутову шліфувальну машину Dnipro-M-GL 190S. Технічні характеристики наведено в табл.4.5

Таблиця 4.5 – Технічна характеристика кутової шліф. машини Dnipro-M-GL 190S [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
К-сть обертів	об/хв	0-8500
Діаметр кола	мм	180
Споживана потужність	кВт	1,9
Маса	кг	4,2

Для підйомно-транспортних робіт обираємо кран КАМАЗ КС-37714К-3 технічна характеристика якого наведена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6– Технічна характеристика автокрана КАМАЗ КС-37714К-3 [34]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	16
Виліт стріли	м	18
Витрата палива	л/люд.год	6
Маса	т	20

Для випробування на міцність та щільність використовуємо компресор Dnipro-M AC50, його характеристики наведено в табл. 4.7

Таблиця 4.7 - Технічні характеристики компресора Dnipro-M AC50[35]

Найменування	Од. виміру	Значення
Об'єм ресивера	л	50
Робочий тиск	бар	8
Потужність	кВт	1,5
Розміри	мм	730x360x680
Маса	кг	24,5

Для перевірки та пошуку дефектів використовують дефектоскоп-томограф A1550 IntroVisor, табл.4.8

Таблиця 4.8– Технічна характеристика дефектоскоп-томограф A1550[36]

Найменування	Од виміру	Значення
Джерело живлення		Літієвий акумулятор
Напруга	В	11,1
Час безперервної роботи	год	7,5
Маса	кг	1,8

Для виконання монтажних робіт використовуємо набір інструментів табл.4.9

Таблиця 4.9 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	ГОСТ, марка	К-сть, шт.	Заг.маса ,
Ключ гайковий двухсторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 0,2 м	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Молоток гумовий		6	1,9
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Висок	ГОСТ 7948-80	2	0,2
Ящик для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Загальна маса допоміжного обладнання складає 48,5 кг.

#### 4.2.6 Витрати на паливні та енергетичні ресурси

Витрати електроенергії на роботи електроприладів

$$E=P \cdot \tau, \quad (4.8)$$

де P- потужність приладу чи механізму, кВт;

$\tau$  – термін роботи приладу, год.

Тривалість роботи зварювального апарату

$$\tau = 0,1 \cdot 285,09 + 0,45 \cdot 59,04 + 1 \cdot 14,21 = 69,28 \text{ (год)}$$

Витрати електроенергії на роботу зварювального апарату Jasic ARC 200

$$N = 6,58 \cdot 69,28 = 455,9 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи кутової шліф машину

$$\tau = 1 \cdot 3,68 = 3,68 \text{ (год)}$$

Витрати електроенергії на роботу кутової шліфувальної машину  
Dnipro-M-GL 190S

$$N = 1,9 \cdot 3,68 = 6,99 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи крану КАМАЗ КС-37714К-3

$$\tau = 0,1 \cdot 302,6 + 0,45 \cdot 0,09 + 1 \cdot 52,06 + 4,4 \cdot 0,02 = 82,16 \text{ (год)}$$

Необхідна кількість палива

$$Q = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ (л)}$$

Тривалість роботи компресора

$$\tau = 0,45 \cdot 26,52 = 11,9 \text{ (год)}$$

Витрати електроенергії на роботу компресора Dnipro-M AC50

$$N = 1,5 \cdot 11,9 = 17,9 \text{ (кВт год)}.$$

Тривалість роботи дефектоскопа-томографа

$$\tau = 0,45 \cdot 64,52 = 29 \text{ (год)}$$

Витрати електроенергії на роботу дефектоскоп-томограф A1550 IntroVisor

$$N = 1,5 \cdot 29 = 43,55 \text{ (кВт год)}.$$

#### 4.2.7 Визначення складу бригад і трудомісткості виконання монтажних робіт

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів [37].

1. Доставка обладнання та матеріалів до місця монтажу. Водій і два вантажника.
2. Розмітка місць прокладання газоходів. Один монтажник 4 р.
3. Монтаж циклона групового ЦН-15-900×6УП. Три монтажника: 6, 4, 3 р
4. Монтаж димососа ДН-19 з ел. приводом 200 кВт. Чотири монтажника: 5, 4, 3, 2 розряд.
5. Монтаж всмоктувального кармана Ріхтера №19. Два монтажника 4 і 2 р.
6. Монтаж газоходів та фасонних частин. Монтажники: 5 - розряду, 4-розряду, 3-розряду, 2- розряду.
7. Встановлення клапана газощільного 600×600 мм. Монтажники : 4 розряду – 1 людина, 3 розряду – 1 людина.
8. Пневматичне випробування газоходів. Два монтажника 6 і 2 р.
9. Перше робоче випробування системи. Два монтажника 6 і 2 р.
10. Робоча перевірка системи в цілому та здача в експлуатацію. Три монтажника: 6, 5, 4 р.
11. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій та вантажник.

Трудомісткість монтажних робіт

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B} \text{ [люд.-дні]}, \quad (4.9)$$

де  $V$  – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$  – норма часу на одиницю виміру, люд.-год;

$B$  – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (4.10)$$

де  $Q$  – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні

$n$  – кількість робітників, люд

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ роботи	Найменування робіт	Од. виміру	Об'єми робіт	Норма часу люд.-год	Трудомісткість, люд.-год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка обладнання та матеріалів до місця монтажу	т	14,7365	3,1	5,7	1,9	3	Робітник 4р.-1 3р.-1 1 водій
2	Розмітка місць прокладання газоходів	100 м	0,155	1,6	0,031	0,031	1	4 р.

Продовження таблиці 4.10 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Встановлення циклона групового ЦН-15-900×6УП	10 шт	0,1	1664	20,8	3,45	2*3	4,6,3 розряд
4	Монтаж димососа ДН-19 з ел. приводом 200 кВт	шт	1	434	54,25	6,8	2*4	2,3,4,6 розряд
5	Монтаж всмоктувального карману Ріхтера №19	м <sup>2</sup>	4,4	9,78	5,4	2,7	2	2,4 розряд
6	Монтаж газоходів та фасонних частин	100 м	0,45	404,6	22,75	2,85	2*4	2,3,4,5 розряд
7	Встановлення клапана газощільного	шт	1	43,52	5,44	1,36	2*2	4,6 розряд
8	Пневматичне випробування газоходів	100 м	0,155	0,145	0,0028	0,0014	2	4,6 розряд
9	Перше робоче випробування системи	100 м	0,155	0,145	0,0028	0,0014	2	4,6 розряд
10	Робоча перевірка системи в цілому та здача в експ.	100 м	0,155	0,096	0,0019	0,00062	3	4,5,6 розряд
11	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,0485	0,376	0,0023	0,00113	2	1 вантажник, 1 водій



## Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджується енергоефективність системи когенераційної установки, яка встановлена в котельні Чернівецького олієжирового комбінату. Монтаж і експлуатація теплоенергетичного обладнання як трудова діяльність характеризується підвищеною небезпекою виконуваних робіт. В процесі монтажу й експлуатації теплоенергетичного обладнання оперативно-ремонтний персонал зіштовхується з великою кількістю небезпечних і шкідливих факторів, пов'язаних з підвищеною температурою поверхонь обладнання, посудинами, що працюють під тиском, виконанням робіт на висоті, спалюванням газів, рідин і твердого палива тощо. Підвищена небезпека цих робіт веде до того, що будь-яке порушення норм безпеки може стати причиною важких травм і загибелі людей, а також значних матеріальних збитків.

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будинку, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні: рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, матеріали, що пересуваються; підвищена та знижена температура поверхонь обладнання; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена та знижена температура повітря робочої зони; підвищена та знижена вологість повітря; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини; підвищений рівень інфрачервоної радіації; нестача природного освітлення; недостатнє освітлення робочої зони та інші.

2) психофізіологічні: фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів) [38]

### 4.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

Під час монтажу інженерного обладнання будинку за наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, безпека праці під час монтажу інженерного

обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам норм, заходам безпеки, зазначеним у проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), і 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.

Під час монтажу обладнання і трубопроводів вантажопідіймальними кранами необхідно керуватися вимогами ОП при виконанні вантажопідіймальних робіт.

Конструкція захисних огорож повинна задовольняти таким вимогам: огорожі, що прилягають до місць проходу людей за межами будівельного майданчика, повинні мати висоту не менше ніж 2,0 м і бути обладнані суцільним захисним козирком із несучою здатністю витримувати снігове навантаження, а також навантаження від падіння дрібних предметів; ці огорожі повинні бути без прорізів, крім воріт і хвірток, які охороняються протягом робочого часу і замикаються після закінчення робіт. Біля в'їзду на будівельний майданчик необхідно встановити схему руху автотранспорту.

Внутрішні автомобільні шляхи на будівельних майданчиках повинні відповідати вимогам ДБН А.3.1-5 [39] бути обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів і будівельних машин відповідно до Правил дорожнього руху України.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустановки, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електро-установці.

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.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу. При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ" [40].

#### 4.3.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Крім того, між людиною та навколишнім середовищем відбуваються процес безперервного теплового обміну, при цьому слід враховувати, що незалежно від температури навколишнього середовища температура людини залишається постійною – 36,5-37 С. Вологість в свою чергу значно впливає на терморегуляцію організму людини. Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат

організму, ккал/с (Вт) [41]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оперативно-ремонтного персоналу передбачається: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

#### Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів [42].

## Виробниче освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість, яке попадає у приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях та штучне. Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях [43].

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

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

Таблиця 4.13 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природ Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від заг.		
Серед 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). В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

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

### Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right), \quad (4.11)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц.

Таблиця 4.14 – 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

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.

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори [44].

### 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-судиної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 4.15

Таблиця 4.15 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	$Z_0, Y_0, X_0$	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

-динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи,

реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;

- зміна конструктивних елементів машин;

- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом [45].

### **Психофізіологічні фактори**

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

Умови праці оперативного-ремонтного персоналу, який здійснює експлуатацію сушарок за показниками важкості праці для категорії праці Іб:

При регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба) для чоловіків клас умов праці допустимий (середньої важкості) до 45 Вт. Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну для чоловіків складає до 15 кг, що є допустимі умовами праці.

Статичне навантаження, величина статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу, докладанні зусиль складає 36000 кг/с для чоловіків що є оптимальним.

Робоча поза є оптимальна: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом, протягом зміни) складає до 4 км по горизонталі та до 2 км по вертикалі.

Умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією. Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій. Характер виконуваної роботи є за індивідуальним планом.

Також на працівника впливають сенсорні навантаження, такі як :

- Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни) до 50%.



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

Всі ці фактори є оптимальними (напруженість праці легкого ступеня).

Монотонність навантажень. Монотонність виробничої обстановки, час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни складає < 75% що є оптимальним.

#### 4.3.3 Оцінка наслідків вибуху пилоповітряної суміші у випадку аварії на котлі

В котельні підприємства використовуються котли марки КЕ-10-24, що працюють на альтернативному виду палива – пелети з соняшникового лушпиння.

Надлишковий тиск вибуху пилоповітряної суміші  $\Delta P$ , кПа

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_H},$$

де коефіцієнт  $Z$  участі пилу у завислому стані (аерозоль) у вибуху

$$Z = 0,5 \cdot F,$$

де  $F$  – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечним. Приймаєм  $Z = 0,5$ .

$H_T$  – теплота згоряння пелет з лушпиння соняшника,  $H_T = 15400$  кДж/кг.

$P_o$  – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа).

$C_p$  – теплоємність повітря,  $C_p = 1,01 \cdot 10^3$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

$T_o$  – початкова температура повітря, К.

Маса пилу, що знаходиться у стані аерозолію в об'ємі приміщення в результаті аварійної ситуації

$$m = m_{зв} + m_{ав},$$

де  $m_{зв}$  – розрахункова маса частини відкладеного у приміщенні пилу, що перейшла у стан аерозолію, кг;

$m_{ав}$  – розрахункова маса пилу, що надійшла до приміщення в результаті аварійної ситуації з апаратів та технологічного обладнання, кг.

Маса пилу, що перейшов у стан аерозолію,  $m_{зв}$

$$m_{зв} = K_{зв} \cdot m_{п},$$

де  $K_{зв}$  – частка пилу, що відклався у приміщенні, яка здатна перейти у стан аерозолію в результаті аварійної ситуації. Приймаємо  $K_{зв} = 0,9$ ;

$m_{п}$  – маса пилу, що відклалась у приміщенні до моменту аварії.

$$m_{п} = 3600(\gamma_{п.д.} \cdot F_{д} \cdot n_{д} + \gamma_{п.в.} \cdot F_{в} \cdot n_{в})(1 - K_{пр})K_{г} \cdot t_{р},$$

де  $F_{д}$ ,  $F_{в}$  – площа доступної та важкодоступної поверхні при прибиранні пилу відповідно (загальна площа котельні – 540 м<sup>2</sup>, доступною для прибирання вважатимемо 80% площі –  $F_{д}=432$  м<sup>2</sup>);

$t_{р}$  – тривалість одного циклу пиловиділення (зміни),  $t_{р} = 24$  год;

$n_{д}$ ,  $n_{в}$  – кількість циклів роботи обладнання між поточними на доступних та генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях відповідно;

$K_{пр}$  – коефіцієнт ефективності пилоприбирання;

$K_{г}$  – частка горючого пилу в загальній масі відкладень,  $K_{г} = 0,9$ ;

$\gamma_{п.д.}$ ,  $\gamma_{п.в.}$  – інтенсивність відкладення пилу на доступних та важкодоступних поверхнях відповідно,  $\gamma_{п.д.} = 2,5 \cdot 10^{-6}$  кг/с·м<sup>2</sup> (за завданням).

Технологічний процес по завантаженню та розвантаженню палива автоматизований, видалення пилу виконується тільки вручну, тому в розрахунку приймаємо, що вся площа накопичення пилу (робоча поверхня котлів та навколишній простір) є доступною з ефективністю пилоприбирання  $K_{\text{пр}} = 0,6$ .

$$m_{\text{п}} = 3600(2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 432 \cdot 1)(1 - 0,6)0,9 \cdot 24 = 33,6 \text{ (кг)}.$$

Розрахункова масу пилу, що перейшов у стан аерозолію

$$m_{\text{зв}} = 0,9 \cdot 22,42 = 33,6 \text{ (кг)}.$$

Розрахункову масу пилу, що потрапила до приміщення з апарата в результаті аварійної ситуації

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ап}} + q \cdot \tau) \cdot K_{\text{п}} ,$$

де  $m_{\text{ап}}$  – маса горючого пилу, що викидається до приміщення з апарата (5% максимальної кількості палива в топці),  $m_{\text{ап}} = 10$  кг (за завданням);

$q$  – витрата, з якою продовжують надходити пилоподібні речовини до аварійного апарата по трубопроводах до моменту їх перекривання,  $q=0,5$  кг·с<sup>-1</sup> (за завданням);

$\tau$  – час перекривання,  $\tau = 15$  с;

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт пилення, для пилу з дисперсністю менше ніж 350 мкм приймаємо  $K_{\text{п}} = 1,0$ .

$$m_{\text{ав}} = (10 + 0,5 \cdot 15) \cdot 1 = 17,5 \text{ (кг)}.$$

Отже, розрахункова масу пилу, що знаходиться у стані аерозолію

$$m = 33,6 + 17,5 = 51,1 \text{ (кг)}.$$

Розрахуємо вільний об'єм приміщення

$$V_{\text{в}} = 30 \times 18 \times 5 \times 0,75 = 1080 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Розрахуємо густину повітря при температурі 20° С до вибуху:

$$\rho_{\text{в}} = \frac{352}{t_{\text{п}} + 273} = \frac{352}{23 + 273} = 1,19 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_{\text{т}} \cdot P_{\text{o}} \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_{\text{р}} \cdot T_{\text{o}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = \frac{51,1 \cdot 15400 \cdot 101 \cdot 0,5}{1080 \cdot 1,18 \cdot 1,01 \cdot (23 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 35 \text{ (кПа)}.$$

Отже, в котельні обертається пил, який при виникненні аварії може стати причиною вибуху, створивши надлишковий тиск 35 кПа. Вибух такої потужності може призвести до руйнування легких та значного руйнування капітальних конструкцій.

Технічні заходи щодо попередження вибухів і пожеж і захисту персоналу та матеріальних цінностей від небезпечних і шкідливих факторів вибуху і пожежі досить різноманітні і специфічні для різних технологічних процесів.

Для протипожежного захисту застосовуються автоматичні системи захисту, метою яких є: сигналізація і оповіщення про аварійні ситуації виробничого процесу; виведення з перед аварійного стану потенційно небезпечних технологічних процесів при порушенні регламентних параметрів (температури, тиску, складу, швидкості); виявлення загазованості виробничих приміщень та автоматичного включення пристроїв, що попереджають про утворення суміші газів і парів з повітрям вибухонебезпечних концентрацій.

Джерелами аварій можуть бути припинення подачі електроенергії, зниження подачі пари і води в трубопроводах, у результаті чого порушується технологічний режим і створюються надзвичайно небезпечні аварійні ситуації. Неодмінною умовою надійної безаварійної роботи будь-якого виробництва є висока професійна підготовленість штатного персоналу, а також спеціальних аварійних бригад, які здійснюють ремонт, нагляд та ліквідацію аварій.

Вибуху великих обсягів пилоповітряних сумішей, як правило, передують невеликі місцеві удари і локальні вибухи всередині обладнання і апаратури. При цьому виникають слабкі ударні хвилі, струшуючі і піднімаючі у повітря великі маси пилу, що накопичилися на поверхні підлоги, стін і обладнання. Щоб виключити вибух пилоповітряних сумішей, необхідно не допускати значних скупчень пилу. Це досягається: поліпшенням технології виробництва, підвищенням надійності обладнання, правильним розрахунком і монтажем вентиляційних пиłosосних установок [46].

Ініціатором практично всіх вибухів пилоповітряних сумішей є іскровий розряд, тому там, де можливе утворення цих сумішей, необхідно забезпечувати надійний захист від статичної електрики, передбачати заходи проти іскріння електроприладів та іншого обладнання.

#### 4.4 Висновки до розділу 4

Проаналізовано особливості функціонування парового котла, на основі цього сформовано основні вимоги до технічних засобів автоматизації, відповідно до яких вибрані необхідні прилади. Розроблена система автоматичного контролю і регулювання температури пари, розрідження, співвідношення паливо-повітря, контролю витрати палива також описана робота електричних схем сигналізації і захисту парового котла. Здійснено аналіз об'єкту який підлягає монтажу. Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення газоходів. Визначено основне та допоміжне обладнання, підібрано машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Загальна маса обладнання

$\Sigma M_{\text{заг}} = 4585,45$  (кг), а маса основного обладнання, що встановлюється на котельні, становить  $M_{\text{ТНУ}} = 4240,9$  кг.

Розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Локальний кошторис на будівельні норми

В даному розділі необхідно оцінити економічну ефективність інвестицій у влаштування нового обладнання.

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог Кошторисних норм України «Настанова з визначення вартості будівництва» [47] і використовували кошторисну програму “АВК” із специфікацією обладнання.

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

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

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

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

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

Таблиця 5.1 – 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	73,07
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	14,61
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	109,61
Проектування	2,5	4	182,68
Експертиза інноваційного рішення	1	1	73,07
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	146,14
Виготовлення нового виробу	100	6	7307,15
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	219,21
Витрати на підготовку кадрів	5	2	365,36
Всього		21	8490,91

Показники комерційної ефективності проекту наведено в таблиці 5.2.



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

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-599,19	-8022,7	3544,1	3534,	3525,2	3516,3	3541,76
2	Сальдо реальних грошей	-599,19	-7553,7	3544,2	3491,8	3482,94	3478,2	3507,77
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-599,19	-8152,9	-4608,7	-1116,9	2366,06	5844,2	9352,02
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	-695,06	-8022,7	3055,3	2626,4	2258,43	1942	1686,28
6	Інтегральний економічний ефект (накопичена чиста вартість) за п.5 ((t)+(t-1))	-695,06	-8717,8	-5662,4	-3036	-777,64	1164,4	2850,65

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

## 5.2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями 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.

$$NV = 9039,56 \text{ тис. грн.}$$

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  $\eta_t = 0,16$ . коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 2850,65 \text{ тис. грн.}$$

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

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

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

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

Термін окупності інвестицій

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

Для розрахунку терміну окупності застосовуємо кумулятивний метод.

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 5.3.

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

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-599,18	-8022,7	3544,18	3534,06	3525,17	3516,29	3541,7
Кумулятивна	-599,18	-8621,9	-5077,73	-1543,67	1981,5	5497,79	9039,5

Як видно з таблиці 5.3 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 3 та 4 роком (перехід від від'ємного до

додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати:

$$T = 2 + 1543,67 / 3525,17 = 2,43 \text{ років.}$$

### 5.3 Висновки до розділу 5

Складено кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано: кошторисна вартість  $K_B = 6201,041$  тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 275,843 тис. грн., кошторисна трудомісткість  $T = 2,762$  тис. люд –год, вартість матеріалів –5631,6704 тис. грн.

Розраховано основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження – 9039,56 тис. грн.; чиста поточна вартість – 2850,65 тис. грн.; термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,43 роки.

## ВИСНОВКИ

Виконано аналітичний огляд вітчизняної та зарубіжної літератури. Визначено, що використання когенераційних установок є перспективним шляхом до енергоефективності та енергозбереження підприємства. Встановлення когенераційної установки на підприємстві є економічно вигідним та інвестиційно привабливим. Запровадження когенераційних установок дає ефект у таких напрямках: економічному (суттєве зниження собівартості електроенергії та тепла; підвищення енергонезалежності підприємства за рахунок підвищення ефективності використання паливних ресурсів); екологічному (зниження шкідливих викидів виробництва в навколишнє середовище).

Проведено розрахунок теплової схеми котельні Чернівецького олієжирового комбінату, на якій встановлено 3 парогенератори, які постачають пару промисловим споживачам. Визначено теплову потужність споживача  $Q_c=5637$  кВт, теплову потужність котельні  $Q_k=6225$  кВт, витрату умовного палива  $V_y=0,24$  кг/с, витрату робочого палива  $V_p=0,46$  кг/с та ККД котельні  $\eta=87\%$ . Підібрано основне та допоміжне устаткування котельні. Розраховано потужність власних потреб котельні  $N_{вт}=45,7$  кВт та річну витрату коштів на електроенергію  $S_{еe}=1,1$  млн.грн. Згідно підрахованих даних виникає необхідність виробляти електроенергію для власних потреб шляхом установки когенераційної системи.

Проведено аналіз енергоефективності використання паротурбінної установки для забезпечення потреб олійножирового комбінат. Розроблено математичну модель показників роботи ПТУ. Проведено розрахунки для варіантів зміни ККД турбіни та зміни параметрів гострої пари. В результаті розрахунків побудовано графіки залежності теоретичного та робочого теплоперепаду від ККД турбіни. Так, в діапазоні 0,7 – 0,9 робочий теплоперепад збільшується з 117,6 кДж/кг до 151,2 кДж/кг, а електрична потужність турбіни збільшується з 228,6 кВт до 294 кВт. Також, проведено аналіз впливу зміни параметрів гострої пари. В діапазоні 2988 – 3174 кДж/кг ентальпія пари після теоретичного розширення збільшення з 2840 кДж/кг до 3000 кДж/кг, а дійсний теплоперепад

збільшується з 118 кДж/кг до 139 кДж/кг. В обох варіантах збільшення ККД турбіни та параметрів гострої пари вартість перевитраченого палива на турбіну та економія на електроенергію зростають до 390 тис. грн/рік та до 15,5 млн. грн / рік.

Проаналізовано особливості функціонування парового котла. Сформовано основні вимоги до технічних засобів автоматизації, відповідно до яких вибрані необхідні прилади. Розроблено систему автоматичного контролю і регулювання температури пари, розрідження, співвідношення паливо-повітря, контролю витрати палива В якості регулятора рівня води обрано пристрій САУ-М7Е, для контролю частоти обертання двигуна шнека обрано контроллер DKG-253, розрідження перед димососом використовується магнітним електророзрядним вакуумметром MP7ER, в якості датчика розрідження обраний Danfoss AFPQ4.

Здійснено аналіз системи очищення відхідних газів на котельні Чернівецького ОЖК. Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення газоходів, враховані відомості по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи відведення та очищення димових газів на котельні, потребу в допоміжних матеріалах. Загальна маса всіх вантажів становить  $\Sigma M_{заг} = 14688$  (кг), маса основного обладнання, що встановлюється на котельні, становить  $M_{осн} = 14187,6$  (кг), допоміжного обладнання -  $M_{доп} = 500,4$  кг. Підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт. Розроблено календарний графік монтажу системи відведення та очищення димових газів на котельні, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Розраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників, згідно з якими, загальна тривалість монтажу обладнання складає  $T_{заг} = 19,095$  дні.

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

Пораховано локальний кошторис на монтажні роботи. Складено кошторисний документ – локальний кошторис. Визначено кошторисну вартість

$K_v = 7307,149$  тис. грн., кошторисну заробітну плату ЗП = 1137,476 тис. грн та загальну вартість матеріалів –5567,537 тис. грн. Розраховано основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект: чисті грошові надходження  $NV = 9039,56$  тис. грн.; чиста поточна вартість  $NPV = 2850,65$  тис. грн. та термін окупності,  $T = 2,43$  роки.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанов Д.В., Скородзієвська Д.В., Паламарчук М.О. Ефективність встановлення паротурбінної установки на котельні олійножирового комбінату. Інноваційні технології в будівництві 2022: зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15071/12715> (дата звернення 08.10.2022)
2. Степанов Д.В. Паламарчук М.О., Лисюк Д. Я. ТЕЦ на базі промислової котельні. Інноваційні технології в будівництві 2022: зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb2022/paper/viewFile/16712/13948>(дата звернення 08.10.22)
- 3.Єрмілов С.Ф., Яценко Ю.П., Григоровський В.В., Геєць В.М., Лір В.Е. та ін. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2009 році. К.: НАЕР, 2009. 58 с
- 4.Антипов Є. О. Комбінована система енергозабезпечення споживачів з застосуванням традиційних і альтернативних джерел теплоти і акумуляторів енергії / Є. О. Антипов // Енергетика і автоматика. – 2015. – №1. – С. 72 – 81.
5. Михайленко І. Д. Політика енергозбереження, потенціальні можливості енергозбереження в Україні // Энергосбережение. – 2006. – № 1. – С. 3-8.
- 6.Билека Б. Д. Экономичность когенерационных и комбинированных когенерационно-теплонасосных установок с газопоршневыми и газотурбинными двигателями / Б. Д. Билека, Р. В. Сергиенко, В. Я. Кабков // Авиационнокосмическая техника и технология. – 2010. – № 7 (74). – С. 25 – 29
- 7.Постолатий В. М. Методика оценки эффективности когенерации электрической и тепловой энергии. Problemele energeticii regionale. – 2015. – №3(29). URL.: [http://journal.ie.asm.md/assets/files/05\\_03\\_29\\_2015.pdf](http://journal.ie.asm.md/assets/files/05_03_29_2015.pdf). (Дата звернення 16.10.2022)
- 8.Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андрєєв, М. Ю. Бабак, О. В. Сенецький / Харків. нац. ун-т



міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 454 с.

9. Стан та перспективи розвитку когенерації в Україні // Первая в Украине Международная конференция “Когенерация в промышленности и коммунальной энергетике” 18-20 жовтня. – К. : 2004, Україна. — 275 с.

10. Чепурний М. М., Резидент Н.В, Польщук С.В. Теплоелектроцентралі на базі опалювальних котелень і газотурбінних установок. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - 2015. - № 3. – URL: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/4>. (дата звернення 02.11.2022)

11. Чепурний М.М, Резидент Н.В. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник - Вінниця :ВНТУ, 2011-128с

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

13. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392с

14. Турбіни Siemens URL: <https://dm.energy/gazovye-turbiny/siemens> (дата звернення 05.11.2022)

15. Котел паровий KE URL: <https://kotel-energy.com/index.php/ru/katalog-oborudovaniya/kotly-parovye/38-kotel-parovoj-e1-0-0-9r-3> (дата звернення 07.11.2022)

16. Паливні гранули (пелети) з лущиння соняшника URL: <https://teplolider.ua/uk/korysno-znaty/palyvni-hranuly-pelety-z-lushpynnia-oniashnyka.html> (дата звернення 10.11.2022)

17. Характеристики природнього газу URL: <http://uasg.com.ua/ua/harakteristiki-lpg.html> (дата звернення 10.11.2022)

18. Попович М.Г, Ковальчук О.В "Теорія автоматичного керування". К: Либідь, 1997- 544 с.

19. Датчики рівня URL:: <https://owen.ua/ua/datchyky/ds-odnoelektroodni-konduktometrichni-datchyky-rivnja/tehnichni-harakterystyky> (дата звернення 15.11.2022)

20. Вакууметри та датчики вакууму. URL: <http://www.msht.com.ua/catalog/902/>. (дата звернення 15.11.2022)

21. Модульний контактор Hager. URL: [https://rozetka.com.ua/ua/hager\\_esc425/p115470799/characteristics/.try-230-2-0/-14](https://rozetka.com.ua/ua/hager_esc425/p115470799/characteristics/.try-230-2-0/-14) (дата звернення 15.11.2022)

22. Датчики рівня САУМ7Е. URL: <https://owen.ua/ru/pribory-kontrolja-i-upravlenija/signalizator-urovnja-zhidkih-i-sypuchih-sred-s-distancionnym-upravleniem-oven-sau-m7e> (дата звернення 17.11.2022)

23. Магнітний вакууметр MP7ER. URL: <https://interactivegt.com/catalog/1134/> (дата звернення 17.11.2022)

24. Розрахунок регулюючого органу. URL: [http://www.samson.de/pdf\\_in/t00040ru.pdf](http://www.samson.de/pdf_in/t00040ru.pdf) (дата звернення 17.11.2022)

25. Бужинський В. В., Чепурний М.М. Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проектування з дисципліни “Автоматизація тепло-енергетичних та теплотехнологічних установок” для студентів напряму підготовки 0905 – енергетика – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 26

26. Каталог Регулирующие клапана и электрические приводы (полная номенклатура) URL: [http://heatng.danfoss.ru/PCMPDF/Control\\_valves\\_catalogue.pdf](http://heatng.danfoss.ru/PCMPDF/Control_valves_catalogue.pdf) (дата звернення 21.11.2022)

27. Циклон ЦН-15 URL: [http://www.energomash-tver.ru/ciklon\\_cn-15](http://www.energomash-tver.ru/ciklon_cn-15) (дата звернення 21.11.2022)

28. ДСТУ Б Д.2.2-20:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Вентиляція та кондиціювання повітря (Збірник 20). – [Чинний від 01.01.2014р.] – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. 106с

29. ДСТУ Б Д.2.3-7:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж компресорних установок, насосів і вентиляторів (Збірник 7) – [Чинний від

01.01.2014р.] – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2012. – 57 с

30.Монтажні роботи: монтаж металоконструкцій, устаткування URL: <https://sbk.ltd.ua/uk/tehnichna-dokumentatsija/83-montazh-metallokonstruktsij-donetsk-montazh-tehnologicheskogo-oborudovanija.html> (дата звернення 25.11.2022)

31.Технічні характеристики автомобілів URL: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/> (дата звернення 25.11.2022)

32.Технічні характеристики зварювального апарату для ручного дугового зварювання Jasic ARC 200 URL: <http://jasic.in.ua/index.php/svarochnye-inventory-jasic-arc/svarka-invertor-jasic-arc-20-z209-detail.html> (дата звернення 23.11.2022 р.).

33. Кутова шліфувальна машину Dnipro-M-GL 190S URL:: <https://dnipro-m.ua/tovar/ushm-gl-190s/> . (дата звернення 27.11.2022)

34.Автомобильный кран КС-35714К- URL: <http://www.kamaz.ru/catalog/ks-35714k-3> . (дата звернення 27.11.2022)

35. Компресора Dnipro-M AC50 URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/kompressor-vozdushnyj-ac-50-v/?tab=description> (дата звернення 27.11.2022)

36. Дефектоскоп-томограф А1550 URL: <https://ukrintech.com.ua/ua/defektoskop-tomograf-ultrazvukovij-visokochastotnij-a1550-introvisor> (дата звернення 27.11.2022)

37.ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст Проектної Документації на Будівництво. – [Чинний від 01.10.2014р.] – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.2014 р – 36 с.

38.Гусев А.М. Охорона праці: навчальний посібник — К.: Видавництво Європейського університету, 2006. — 283 с

39.ДБН А.3.1-5: 2016 Організація будівельного виробництва [Чинний від 01.01.2017.] – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2016.

40.Правила улаштування електроустановок. URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html> (дата звернення 01.12.2022)

41. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=197> (дата звернення 01.12.2022)

42. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (дата звернення 03.12.2022)

43. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885) (дата звернення 03.11.2022)

44. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shum-uultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення 03.12.2022)

45. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення 03.12.2022)

46. Русаловський А.В., Вендичанський В.Н. Цивільний захист: Навч. Посібн./За наук.ред. Запорожця О.І., –К.: АМУ, 2008. – 250с

47. Кошторисні норми України „Настанова з визначення вартості будівництва. Зміна 1” [Чинний від 02.05.2022] – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2022 –

# ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Ефективність когенераційної системи на базі котельні

Чернівецького олійно-жирового комбінату

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше  
(вказати))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник завідувач кафедри ТЕ, к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище, ініціали, посада)

## Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	80,4%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	19,6%

## Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

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

Автор

  
(підпис)

Паламарчук М.О.

(прізвище, ініціали)

## Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)



ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри теплоенергетики

Дмитро СТЕПАНОВ

« 16 » 09 2022 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу  
тема:

«Енергоефективність когенераційної системи на базі котельні  
Чернівецького олійножирового комбінату»

Керівник к.т.н., доц.

Дмитро СТЕПАНОВ

(підпис)

Розробив студент гр. ТЕ-21м

Микола ПАЛАМАРЧУК

(підпис)

Вінниця 2022

## 1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується промислової теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи котельні на базі Чернівецького ОЖК.

## 2 Мета та призначення розробки

Метою є впровадження раціонального використання енергетичних ресурсів та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом впровадження енергоефективної когенераційної системи

## 3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є параметри роботи системи теплопостачання, споживання електроенергії, а також нормативні дані по методиках визначення енергоефективності об'єктів, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Білик С. О. Енергомодернізація промислової котельні // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2020. Том 29 № 2. С. 108-112.
2. Степанов Д. В. Порівняльна оцінка економічної та екологічної ефективності енергозберігаючих заходів [Текст] / Д. В. Степанов // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2011. - № 1. - С. 155-157.

## 4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 203 від 14.09.2022 Основою для розробки є детальний аналіз роботи котельні, кількість споживання

пари промисловими споживачами, витрата коштів на електроенергію та можливості впровадження когенераційної установки для забезпечення підприємства додаткової електроенергії та тепла, що дозволить виробити додаткову кількість тепла та електроенергії та поліпшити екологічний стан навколишнього середовища за рахунок зниження теплового забруднення атмосфери та викидів  $\text{NO}_x$ . Виходячи з цих даних потрібно оцінити ефективність використання паротурбінної установки.

## 5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення підприємства необхідними параметрами для задоволення потреб промислових споживачів (витрата та температура енергоносія);
- підвищення енергонезалежності підприємства за рахунок підвищення ефективності використання паливних ресурсів;
- підвищення енергоефективності підприємства та екологічного стану довкілля;
- з використанням розробленої математичної моделі виконується оцінка енергоефективності використання паротурбінної установки для забезпечення потреб олійножирового комбінат;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу системи очищення відхідних газів, але не обмежуються даними видами робіт.

## 6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, оцінити економічну ефективність інвестицій у влаштуванні нового обладнання, визначити показники комерційної ефективності проекту. Оцінити економію коштів при впровадженні когенераційної установки для виробництва електроенергії на власні потреби шляхо



## 7 Заходи з енергозбереження

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

- проведено аналіз ефективності встановлення теплогенераторів на базі ПТУ;
- виконано оцінку впливу режимів роботи теплової схеми котельні із застосуванням когенераційної установки на показники енергетичної ефективності теплової схеми;
- підвищення енергонезалежності підприємства за рахунок підвищення ефективності використання паливних ресурсів;
- виконано розробку технології монтажу системи очищення відхідних газів;

## 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 котельні впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, правилах.

## 10 Ергономічні вимоги

– системи контролю та управління повинні розташовуватись в зручних місцях і давати змогу працювати оператору протягом денної та нічної частини доби.

– номенклатура і величина антропометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ГОСТ В 21114.

– виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюються на стадії приймальних випробувань.

– слід передбачити шумо – і віброізоляцію обладнання.

## 11 Експлуатація та ремонтні вимоги.

В період експлуатації мають бути встановлені види технічного обслуговування для виробів: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО по можливості повинні співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

## 12 Порядок розробки, випробування, приймання обладнання котельні.

Стадії розробки встановлюється відповідно з ГОСТ В 15.203. обов'язковими етапами є:

- розробка та узгодження програм та методики випробувань;
- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципових схем, конструктивних компоновок та робочих креслень;
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

Порядок приймання, розробки, здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія яку формує представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджуючи.

Перелік документів, що представляються на випробування визначається у програмі випробувань.

Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення загальних виглядів, вузлів, рекомендації та інструкції з експлуатації розроблених систем.

### 13 Стадії і етапи розробки

- аналітичний огляд літературної та патентної інформації;
- розрахунок теплової схеми котельні;
- розробка математичної моделі для дослідження ефективності когенераційної системи;
- розробка функціональної схеми автоматизації когенераційної системи
- розробка технології монтажу системи відведення та очищення димових газів;
- розробка заходів з охорони праці.
- оцінка економічної ефективності інвестицій у влаштуванні нового обладнання, визначення показники комерційної ефективності проекту

Розробив студент групи ТЕ-21м

Паламарчук М.О

## Додаток В

## Локальний кошторис на будівельні роботи № 1

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 6201,041 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 2,762 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 275,843 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,9 розряд

Складений в поточних цінах станом на "1 грудня" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробіт-	ної плати в тому числі заробітної плати
										на одини-	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	M6-263-5	Монтаж циклона груповий ЦН -15-900*6 УП	т	6,4	<u>8052,50</u> 6892,42	<u>984,67</u> 172,21	51536	44111	<u>6302</u> 1102	<u>93,8</u> 9,8689	<u>600,32</u> 63,16
5	C130-1 варіант 3	Циклон груповий ЦН-15-900	шт	1	<u>31670,36</u> -	-	31670	-	-	-	-
10	M6-344-1	Монтаж Турбіна протитискова SST-050 фірми Siemens	т	4,5	<u>42739,04</u> 31787,87	<u>7684,11</u> 2041,70	192326	143045	<u>34578</u> 9188	<u>411,6</u> 106,6066	<u>1852,2</u> 479,73
11	C130-8 варіант 10	Турбіна протитискова SST-050	шт	1	<u>5600000</u> -	-	<u>5600000</u>	-	-	-	-
14	M7-186-3	Монтаж димососа ДН 19	шт	1	<u>167052,38</u> 24504,48	<u>4913,51</u> 1166,82	167052	24504	<u>4914</u> 1167	<u>308</u> 55,132	<u>308</u> 55,13
Разом прямі витрати по кошторису							6042584	212660	<u>45794</u> 11457		<u>2760,2</u> 598,02
Разом будівельні роботи, грн.							6042584				

	в тому числі:				
	вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	5631670,4			
	всього заробітна плата, грн.	410913,6			
	Загальновиробничі витрати, грн.	158457			
	трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.	598,02			
	заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	15683			
	<b>Всього будівельні роботи, грн.</b>	<b>6201041</b>			
	-----				
	<b>Всього по кошторису</b>	<b>6201041</b>			
	<b>Кошторисна трудоємність, люд.год.</b>	<b>2760</b>			
	<b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>	<b>275843</b>			

Склав

\_\_\_\_\_

*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Перевірів

\_\_\_\_\_

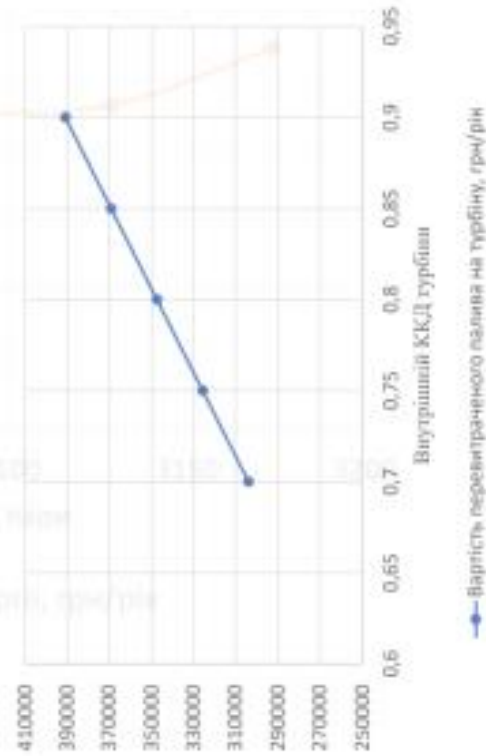
*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

ДОДАТОК Г  
(обов'язковий)

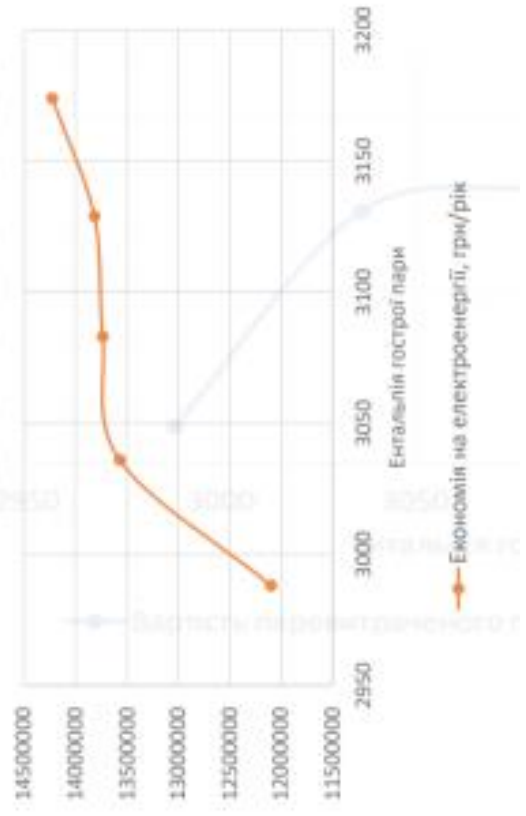
**ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМА НА  
БАЗІ КОТЕЛЬНІ ЧЕРНІВЕЦЬКОГО ОЛІЙНОЖИРОВОГО КОМБІНАТУ

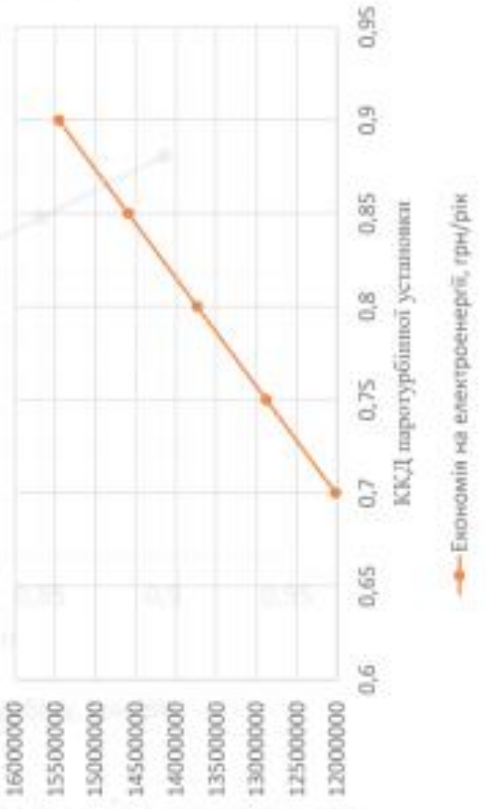
Вплив внутрішнього ККД турбіни на вартість перевитраченого палива



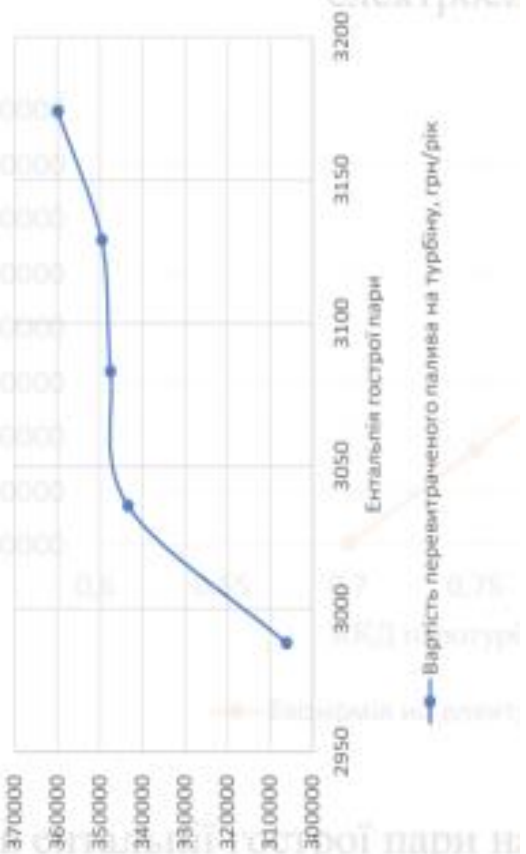
Вплив ентальпії гострої пари на економію витрат на електроенергію



Вплив внутрішнього ККД турбіни на економію витрат на електроенергію



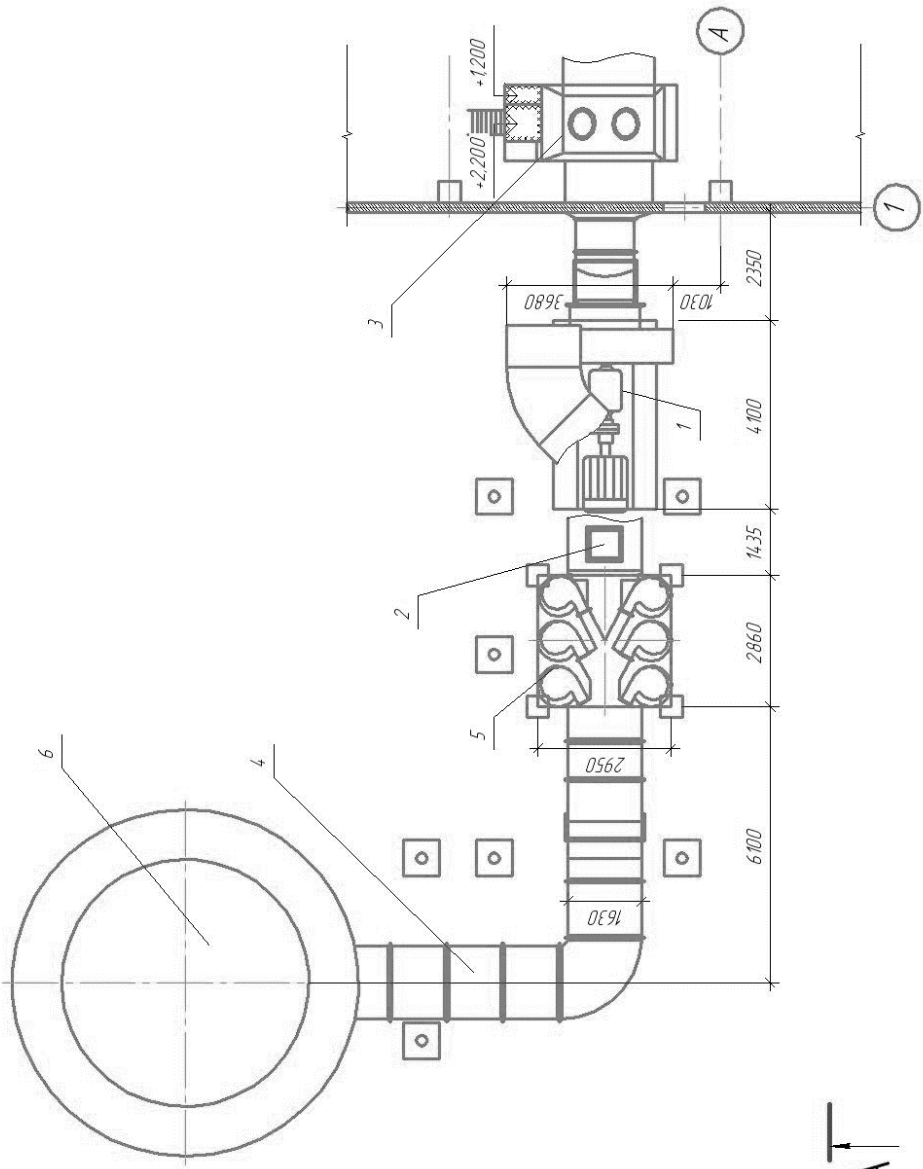
Вплив ентальпії гострої пари на вартість перевитраченого палива на турбіну







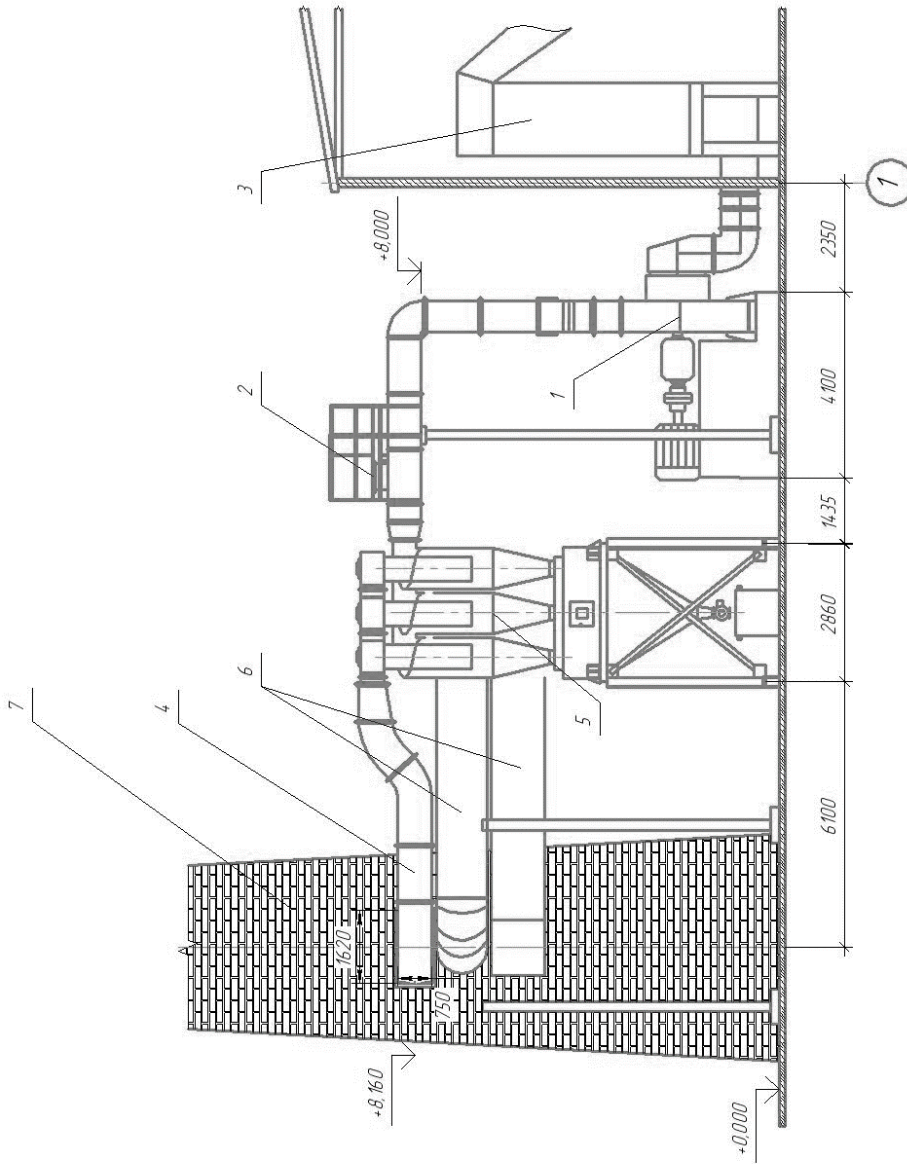
M 1:100



Создано		МНБ, № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

08-11МКР.006.03.00.000 АР				
М. Чернівці				
Енергопроектинститут, когенераційної системи Чернівців, м. Чернівці, вул. Майданська, 10	Лист	Лист	Лист	Лист
олігархічного холдингу	1	1	1	4
План на відм. 0.000				
ВНТУ, ТЕ-21М				

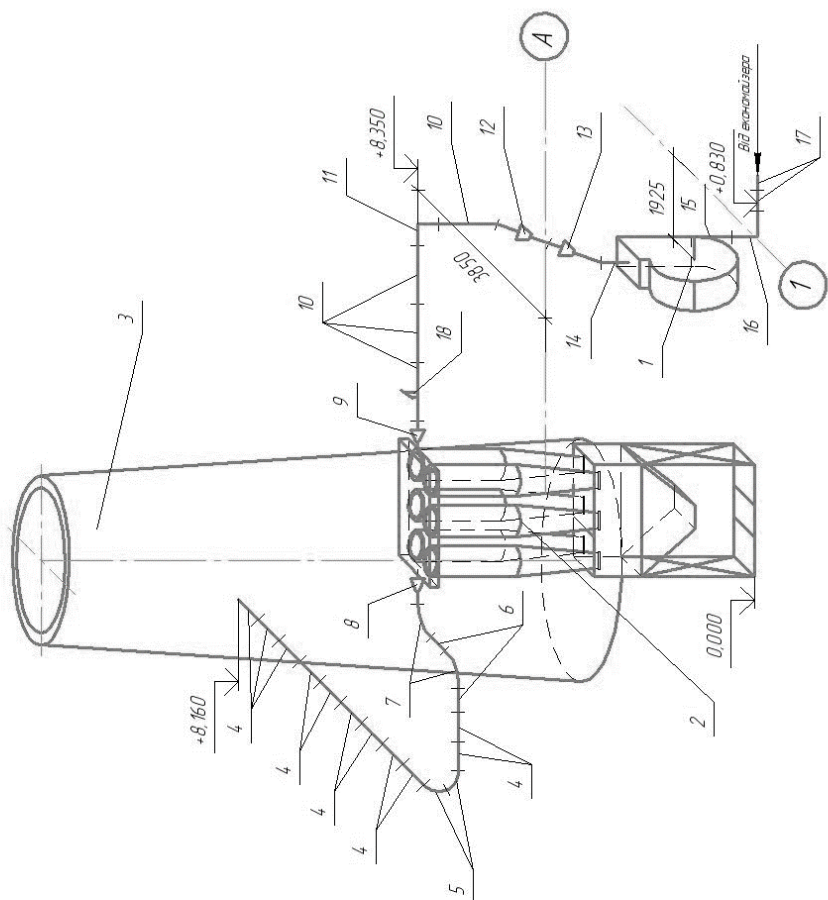
M 1:100



Мнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ласпасабно
--------------	--------------	--------------	------------

08-11.МКР.006.04.00.000 АР			
М. Чернівці			
Енергопроектність	кагерасійної	Лист	Листов
система на базі котельні	Чернівцької		
олінохімічного	олинохімічного		
олинохімічного	олинохімічного		
Розріз А-А		ВНТУ, ТЕ-21М	

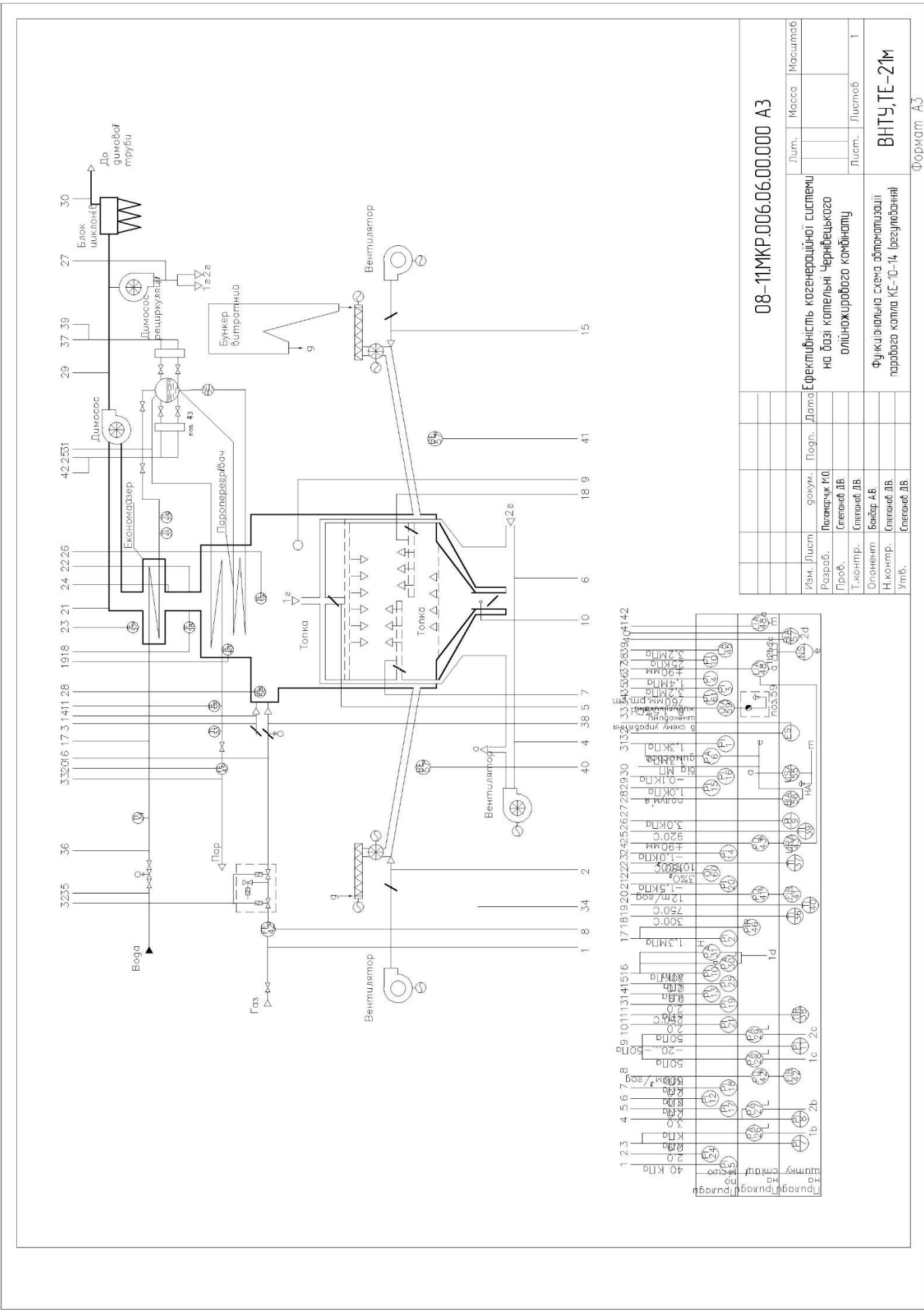
M 1:100



08-11.МКР.006.05.00.000 Г5			
М. Чернівці			
Енергопроектність котельні		Лист	Лист
системи на базі котельні			
Чернівцького			
олиноцього			
олиноцього			
АксонOMETрична схема		ВНТУ, ТЕ-21М	

№ в. № подл.	Лист в дата	Взам. инв. №

Составлено



08-11МКР.006.06.00.000 АЗ

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1
Ефективність когенераційної системи на базі котельні Чернівецького олійножирового комбінату		
Розроб.	Проф.	Т.контр.
ОпONENT	Н.контр.	Утвб.
Функціональна схема автоматизації парового котла КС-10-14 (регульований)		
ВНТУ, ТЕ-21М		
Форжмат АЗ		

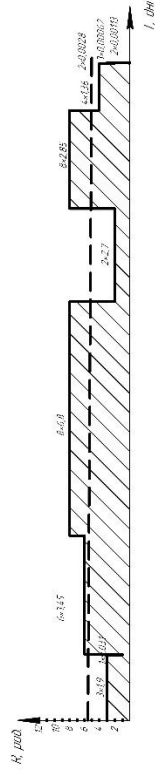
1.23	40 kPa	1b	2b	1c	2c
2.0	40 kPa	1b	2b	1c	2c
3.0	40 kPa	1b	2b	1c	2c
4.567	50 Pa	1b	2b	1c	2c
5.8	50 Pa	1b	2b	1c	2c
9	50 Pa	1b	2b	1c	2c
101113141516	17.18192021222324252627282930	313233343536373839404142	434445464748495051525354555657585960616263646566676869707172737475767778798081828384858687888990919293949596979899100	101	102
1.3MPa	300 C	12 m/год	750 C	1.5kPa	10200
1.8MPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa
3.0MPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa
920 C	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa
1.5MPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa
17.18MPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa	1.0kPa



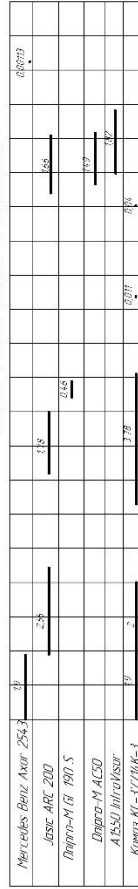
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ГАЗООЧИЩЕННЯ

		2021																														
		Грудень																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
№	П/П	1-21																														
1	1	1-21																														
2	2	1-21																														
3	3	1-21																														
4	4	1-21																														
5	5	1-21																														
6	6	1-21																														
7	7	1-21																														
8	8	1-21																														
9	9	1-21																														
10	10	1-21																														
11	11	1-21																														

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$\rho_{\text{век}}$	$\rho$	114,38	люд.-дні
2	$T_{\text{век}}$	-	19,095	дні
3	$R_{\text{лік}}$	-	8	люд
4	$R_{\text{стп}}$	$\rho_{\text{век}} / T_{\text{век}}$	5,59	люд
5	$T_{\text{вст}}$	-	30	дні
6	$\pm_1$	$R_{\text{стп}} / R_{\text{лік}}$	0,698	-
7	$\pm_2$	$T_{\text{вст}} / T_{\text{век}}$	0,636	-

08-11 МКР.006.08.00.000 КІП		Чернівці	
Изм.	Копія	Лист	№роб.
Розроб.	Лавренко Н.О.	Подп.	Дата
Перевірив	Степанів Д.В.		
Т. Контр.	Степанів Д.В.		
Опозначив	Бондар А.В.		
Н. Контр.	Степанів Д.В.		
Затвердив	Степанів Д.В.		
Календарний план		Лист	Листов
МОНТАЖНИХ РОБІТ		ВНТУ, ТЕ-21М	

Логова

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ  
КОТЕЛЬНІ НА БАЗІ ЧЕРНІВЕЦЬКОГО ОЛІЙНОЖИРОВОГО  
КОМБІНАТУ**

Найменування величини	Позначення	Значення
Кошторисна вартість, тис.грн	$K_n$	6201,041
Кошторисна ЗП тис.грн	$K_{зп}$	275,843
Кошторисна трудомісткість тис.грн	$K_{труд}$	2,762
Вартість матеріалів тис. грн	$B_{мат}$	5631,6704
Чисті грошові надходження тис. грн	$NV$	9039,56
Чиста поточна вартість тис. грн	$NPV$	2850,65
Термін окупності роки	$T_{окуп}$	2,43