

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

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

« Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на
Котельні приватного акціонерного товариства
“Гніванський завод спецалізобетону” »

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-23м
спеціальності 144 - Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Глеба Я. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник : к.т.н., доц., доцент ка. ТЕ

Степанова Н.Д.
(прізвище та ініціали)

« 10 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц., доцент ка. БМГА

Христин О. В.
(прізвище та ініціали)

« 11 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

Факультет будівництва,
цивільної та екологічної інженерії

к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

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



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Глебі Ярославу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спецалізобетону”
керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна. к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17.09.2024 року № 310

2. Строк подання студентом роботи 11.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Тиск насиченої пари на виході з котла $P_{\text{п}} = 11 \cdot 10^5$ Па; витрата пари на підігрівника гарячого водопостачання $D_{\text{гвп}} = 0,56$ т/год; потужність підігрівника опалення $Q_{\text{оп}} = 300$ кВт; сумарна витрата пари на технологічних споживачів $D_{\text{техн}} = 5,33$ т/год; температури живильної води $t_{\text{жв}} = 102$ °С; частка повернення конденсату $\alpha_{\text{к}} = 0,9$; паливо – тріска деревини з $Q^{\text{Р}}_{\text{н}} = 12,346$ МДж/кг.

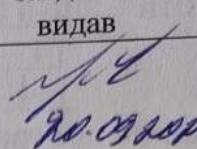
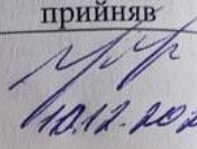
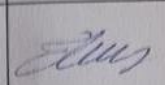
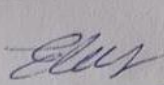
4. Зміст текстової частини

Аналітичний літературний огляд із підвищення ефективності використання поновлювальних джерел енергії на котельні; аналіз теплової схеми котельні і шляхів підвищення її ефективності; оцінка ефективності роботи циклону-утилізатора за допомогою CFD-пакета SOLIDWORKS FLOW SIMULATION; організаційно-технологічна частина; економічна частина

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

схема котельні теплова принципова; результати дослідження аеродинамічного опору і теплового потоку циклону-утилізатора; результати дослідження ступеня очищення димових газів в циклоні-утилізаторі; схема системи паливоподачі та очищення димових газів монтажна аксонометрична; календарний план монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів; функціональна схема автоматизації парогенератора KE-10-1,4

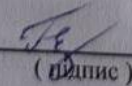
6. Консультанти розділів роботи

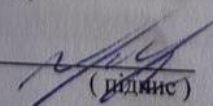
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1 , Розділ 2, Розділ 3, Розділ 4	Степанова Н.Д. доц. каф. ТЕ	 20.09.2024	 10.12.2024
Економічна частина	Лялюк О.Г. доц. каф. БМГА	 24.02.2024	 11.12.2024

7. Дата видачі завдання 20.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування та аналізування вхідних даних до магістерської кваліфікаційної роботи	22.09.24	вик
2.	Розробка аналітичного літературного огляду із підвищення ефективності використання поновлювальних джерел енергії на котельні	09.10.24	вик
3.	Виконання аналізу теплової схеми котельні і шляхів підвищення її ефективності	23.10.24	вик
4.	Оцінка ефективності роботи циклону-утилізатора за допомогою CFD-пакета SOLIDWORKS FLOW SIMULATION	07.11.24	вик
5.	Організаційно-технологічна частина	21.11.24	вик
6.	Економічна частина	28.11.24	вик
7.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	06.12.24	вик

Студент  (підпис) Глеба Я.О. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  (підпис) Степанова Н.Д. (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Глеба Я.О. Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спецзалізобетону”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 99 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 66 назв; рис.: 14; табл. 22.

В даній роботі виконано аналітичний літературний огляду із підвищення ефективності використання поновлювальних джерел енергії на котельні. Визначені показники роботи теплової схеми котельні, що забезпечує потреби виробництва приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетону» та потреби теплофікації. В результаті розрахунку існуючої теплової схеми для двох режимів роботи визначено витрату робочого палива на котельні, коефіцієнт корисної дії котельні, собівартість виробництва теплоти, виконано екологічну оцінку роботи котельні протягом життєвого циклу за використання бі-опалива та природного газу. Розроблено математичну модель для дослідження показників роботи циклону-утилізатора. З розробленої моделі та у CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation виконано дослідження впливу зміни температури відхідних газів та їх швидкості на аеродинамічний опір циклону, тепловий потік у теплообміннику-утилізаторі та ступінь очищення димових газів в циклоні. Розроблено технологію монтажу системи паливоподачі і системи очищення димових газів після котла КЕ-10-1,4 на твердому паливі. Розроблений календарний графік монтажу системи. Розроблено функціональну схему автоматизації парового котла КЕ-10-1,4. Складено локальний кошторис на влаштування системи.

Графічна частина складається з 2 плакатів з результатами теоретичних досліджень та 4 креслень.

Ключові слова: біомаса, парова промислова котельня, циклон-утилізатор.

ABSTRACT

UDC 621.1

Hleba Ya.O. The effectiveness of the use of renewable energy sources at the boiler house of the private joint-stock company "Gnivansky special reinforced concrete plant". Master's qualification work on the specialty 144 - Heat and power engineering, educational program - Heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 99 p.

In Ukrainian Languages Bibliography: 66 titles; Fig.: 14; table 22.

In this work, an analytical literature review was performed on increasing the efficiency of the use of renewable energy sources at the boiler house. The parameters of the thermal circuit of the boiler house, which works on production needs of the private joint-stock company "Hnivansky special reinforced concrete plant" and heating needs, have been determined. As a result of the calculation of the existing thermal scheme for two modes of operation, the consumption of working fuel in the boiler room, the efficiency coefficient of the boiler room, and the cost of heat production were determined, environmental assessment of the boiler house operation during the life cycle using biofuel and natural gas was performed. A mathematical model has been developed for the study of performance indicators of the cyclone utilizer. From the developed model and in the SolidWorks Flow Simulation CFD package, a study of the influence of the change in the temperature of the waste gases and their speed on the aerodynamic resistance of the cyclone, the heat flow in the heat exchanger-utilizer and the degree of purification of flue gases in the cyclone was performed. The technology for installing the fuel supply system and the flue gas cleaning system after the KE-10-1.4 solid fuel boiler has been developed. A calendar schedule for system installation has been developed. A functional scheme of automation of the KE-10-1.4 steam boiler has been developed. A local estimate for the installation of the system has been prepared. The graphic part consists of 2 posters with the results of theoretical research and 4 drawings.

Key words: biomass, steam industrial boiler house, cyclone-utilizer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА КОТЕЛЬНІ	7
1.1 Аналіз класифікація відновлюваних джерел енергії	7
1.2 Енергетичні ресурси відновлюваної енергетики світу та України	10
1.3 Перспективи розвитку біоенергетики	13
1.4 Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики	21
1.5 Висновки до розділу 1.....	22
2 АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ І ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	24
2.1 Початкові дані теплової схеми парової котельні	24
2.2 Розрахунок теплової схеми парової котельні в трьох режимах роботи	25
2.3 Екологічне та економічне підґрунтя переведення парової котельні на спалювання біомаси.....	26
2.4 Висновки до розділу 2.....	28
3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЦИКЛОНУ-УТИЛІЗАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ CFD-ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION.....	29
3.1 Аналіз використання циклону та теплообмінного апарату.....	29
3.2 Задачі дослідження.....	31
3.3 Умови однозначності.....	31
3.4 Математична модель системи.....	32
3.5 Формування цілей.....	34
3.6 Результати дослідження та їх обговорення.....	35

3.7 Висновки до розділу 3.....	41
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	42
4.1 Технологія монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів після котла КЕ-10-1,4 на трісці деревини	42
4.1.1 Підбір обладнання системи паливоподачі.....	42
4.1.2 Характеристика об'єкту, який підлягає монтажу.....	44
4.1.3 Розрахунок та комплектування основних і допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.....	45
4.1.4 Склад робіт.....	51
4.1.5 Об'єм робіт.....	52
4.1.6 Підбір машин, механізмів, пристосувань.....	53
4.1.7 Визначення складу ланок для виконання монтажних робіт.....	60
4.1.8 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт.....	61
4.2 Функціональна схема автоматизації парогенератора КЕ-10-1,4.....	62
4.2.1 Характеристика технологічного обладнання.....	62
4.2.2 Опис технологічного процесу.....	63
4.2.3 Регулювання рівня в барабані котла.....	64
4.2.4 Регулювання тиску пари на виході з барабана котла.....	67
4.2.5 Керування процесами горіння в топці котла.....	69
4.2.6 Вибір засобів автоматизації.....	70
4.3 Висновки до розділу 4	79
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	80
5.1 Складання кошторисних документів на будівельні роботи	80
5.2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту	89
5.3 Висновки до розділу 5.	91
ВИСНОВКИ.	92

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.	94
Додаток А (обов’язковий). Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.	103
Додаток Б (обов’язковий). Технічне завдання.	104
Додаток В (обов’язковий). Ілюстраційна частина.	109

ВСТУП

Актуальність роботи. Поновлювані джерела енергії – це чиста і стійка альтернатива викопним паливам. Подібні технології сприяють скороченню викидів вуглецю, сприяють сталому розвитку і зміцнюють енергетичну безпеку націй. Пряме використання біомаси для отримання енергії є більш екологічно безпечним, ніж, наприклад, вугілля. При спалюванні біомаси виділяється набагато менше сірки і золи в порівнянні з вугіллям, решта викидів – переважно вуглекислий газ. В Україні біогазовий напрямок переробки численних органічних відходів є перспективним для сільськогосподарських і комунальних підприємств.

Метою МКР – є заміщення викопних джерел енергії, підвищення екологічної ефективності виробництва теплоти шляхом запровадження технології спалювання біомаси на промисловій паровій котельні.

Завдання МКР:

- виконати аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як поновлювального джерела енергії;
- виконати аналіз ефективності роботи теплової схеми парової котельні для потреб теплопостачання;
- розробити математичну модель для дослідження показників роботи циклону-утилізатора;
- виконати моделювання циклону типу ЦН-15-900 і режимів його роботи;
- розробити технологію монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів після котла КЕ-10-1,4 на трісці деревини;
- виконати оцінювання економічних показників парової котельні з використанням поновлювальних джерел енергії.

Об'єкт дослідження – процеси в елементах теплової схеми котельні на твердому виді палива та циклоні-утилізаторі, що забезпечують підвищення ефективності енерговикористання в котельні.

Предметом дослідження є ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спеціалізованої залізобетону”.

Методи дослідження. Під час виконання комп’ютерного експерименту використовувалась програма Solidworks Flow Simulation та концепція оцінки життєвого циклу у програмному продукті SimaPro 9.6.0.1.

Наукова новизна.

Набули подальшого розвитку дослідження ефективності роботи теплових схем парових котелень. Доведено ефективність заміщення на паровій котельні природного газу біомасою. Показано, що використання біомаси дозволить знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище протягом життєвого циклу на 95,9% у порівнянні із природним газом, а використання циклону-утилізатора дозволяє знизити викиди твердих частинок з димовими газами у навколишнє середовище.

Зв'язок МКР з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана у ВНТУ на кафедрі теплоенергетики в рамках науково - дослідної роботи 82КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».

Апробація результатів роботи. Результати роботи були представлені на LII Науково – технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2024), Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України - 2023» (2023), Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві - 2024» (2024).

Публікації. За результатами роботи опубліковані тези доповіді конференції [1-7].

Структура та обсяг магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Викорстано 66 наукових джерел за переліком посилань. Обсяг роботи 99 сторінок, включаючи 14 ілюстрацій, 22 таблиці.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА КОТЕЛЬНІ

1.1 Аналіз класифікація відновлюваних джерел енергії

Енергоресурси поділяються на ті які самостійно можуть відновити свої запаси і на ті які вичерпаються без можливості відновлення. Поновлювальні джерела енергії в основному розділенні на дві групи: пряма енергія сонячного променів, також енергія у вигляді вітру, гідроенергії, теплової енергії, енергії біомаси.

Тверде паливо є народним паливом. По мірі виготовлення енергії з біомаси доречно використовувати особливості і можливості тих чи інших регіонів, загалом і людську працю. Розвиток цього сектора в сільській місцевості дає змогу покращити загальний економіку місцевості ;

Тверде паливо вважається поновлювальним видом палива, якщо людство буде закривати найважливіші потреби першочергово, цих ресурсів вистачить не одному поколінню, такий підхід дасть змогу втримати ціна на паливо тому що не так інтенсивно будуть виснажуватися копалини;

Тверде паливо часто порівнюють із вугіллям так як є ряд суттєвих розбіжностей на користь твердого палива. Тверде паливо має в своєму складі мало сірки, при правильному спалюванні не дає змогу утворенню окислів азоту. Спалюючи біомасу ми тим самим робимо чистим екологічний фон нашої планети, зменшуємо вплив на парниковий ефект і антропогенний вплив; тверде паливо є більш доступним видом палива у всіх місцевостях порівняно із іншими видами енергоресурсів; Створивши ринок біомаси дасть змогу розвивати економіку, створювати нові робочі місця, дасть змогу перепрацьовувати частину відходів у біогаз, що покращить стан засмічених територій і загалом покращить екології стан; Застосування біомаси на великих об'єктах

генерації дає можливість розвивати технічну базу, для максимально раціонального використання твердого палива [14] .

Якщо користуватися твердим паливом відпадає необхідність у таких процесах преробки, видобутку, транспортуванні, які притаманні природному газу. Недоліком є не постійність, наприклад великий енергетичний об'єкт споживає багато палива і періодично без зупинок, тобто потрібно постійно підвозити великий обсяг палива, що є складно.

Для раціонального використання також розробляють технології для сумісного використання двох або більше джерел енергії одночасно, наприклад одночасно використовувати біомасу і сонячною енергією. Доречі сонячної енергії набагато більше можна видобувати ніж енергію від усіх викопних копалин. На землю постійно припадає велика кількість сонячної енергії але потрібно розвивати цей сектор для максимального використання цієї енергії. Енергетичні ресурси відновлюваних джерел енергії, згідно даних Світової енергетичної ради, за рівнем і масштабами їх освоєння класифікуються на традиційні і нетрадиційні (рис. 1.1.).

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	1. Дрова	ТРАДИ- ЦІЙНІ
	2. Гідроенергія великих водотоков	
	3. Торф	
	4. Енергія мускульної сили тварин і людей	
	5. Біомаса (за винятком дров)	НЕТРАДИЦІЙНІ
	6. Сонячна енергія	
	7. Геотермальна енергія	
	8. Вітрова енергія	
	9. Енергія малих річок	
	10. Енергія припливів	
	11. Енергія хвиль	
	12. Теплова енергія океану	

Рисунок 1.1 – Класифікація відновлюваних джерел енергії

У різних підприємств які займаються деревообробною справою відходи виробництва наприклад тріска деревини мають різну вологу. Для правильного виробництва недоречно використовувати вологе паливо так як це зменшує продуктивність і коефіцієнт корисної дії. Тому перед застосуванням потрібно або замовляти паливо із нормальною вологістю, або висушувати самостійно, що є дуже дорого. Також якщо провести якісне спалювання, що можливо при нормальній вологості палива ми досягнемо зменшення виходу летких газів. При використанні деревного вугілля ми даємо змогу працювати великим енергооб'єктам при низьких значеннях коефіцієнта надлишку повітря, що є дуже ефективним у роботі котельних установок при спалюванні твердої породи [9] .

Розвиваючи цей сектор ми даємо змогу собі розвиватися як країна експортер. На даний момент країни ЄС стрімко нарощують частку поновлювальних джерел у своїх країнах. Як ми знаємо ми одна з небагатьох країн яка має великі запаси на великій території, що приваблює європейські країни. Першочергово потрібно забезпечувати власні потреби все інше можна експортувати в Європу таким чином покращувати економічний стан країни. Сьогодні головним видом продукції виступають паливні брикети вони зручні виготовляються із різних видів деревини не потребують значних потужностей. Україна має всі можливості для експорту деревини. Найбільші експортери деревини на території України вважаються західних області де насаджень більше порівняно із південними областями. Все це буде позитивно впливати на економіку України в майбутньому.

Якщо брати до уваги безпечність використання твердого палива то безперечно тверде паливо більш безпечніший з екологічних питань. Якщо порівнювати вичерпні ресурси тоді природний газ буде доцільніше використовувати ніж той самий мазут. У природного газу відсутні суспендовані тверді частинки і сірка. Для ефективного використання слід забезпечити максимально низький вміст летких речовин у димових газах [13] .

Останнім часом застосовують висловлювання "нові відновлювані джерела енергії", тобто ті, які використовуються із застосуванням нових сучасних технологій. Визначення точних даних щодо виробництва енергії за рахунок використання нових відновлюваних джерел енергії за попередні роки ускладнюється тим, що статистичні дані часто включають разом відновлювані та традиційні енергоресурси. Так, під поняттям "біомаса" часто застосовуються дані щодо використання як традиційного палива, в основному деревини, так і палива, отриманого у результаті застосування нових біотехнологій; під поняттям "гідроенергія" – як енергія великих водотоків, так і малих. В країнах Європи є програми стимулювання які застосовуються для малих гідроелектростанцій у різних країнах із різною потужністю. Загалом в Україні до малих гідроелектростанцій відносять станції потужністю до 10 МВт. У деяких країнах Європи спалювання промислових відходів не вважають поновлювальним, а от у інших це є важливим відновлюваним енергоресурсом, зокрема і в Україні.

1.2 Енергетичні ресурси відновлюваної енергетики світу та України

Важливою характеристикою є їх потенціал, тобто кількість енергії яку можна отримати при використанні того чи іншого виду ВДЕ. Щоб оцінити можливості використання відновлювальних джерел їх поділяють таким чином:

- можливий потенціал поновлювальних джерел – уся наявна кількість енергії, що відповідає певному джерелу відновлювальної енергії;
- досяжний потенціал поновлювальних джерел – певна кількість енергії, яку використовують разом із сучасними технічними пристроями;
- доцільний потенціал поновлювальних джерел – певна кількість енергії, яку використовують виходячи із низки чинників такі як чинники в економічному, технічному і політичному секторах.

Річний потенціал поновлювальних енергоресурсів значно перевищує можливості ліворганічного і ядерного палива і в свою чергу майже у сто разів перевищує можливості традиційних видів палива. Зазвичай інформація про потенційні можливості тої чи іншої країни зокрема і України у секторі енергоресурсів подається у вигляді текстової інформації у різних публікаціях, статтях і тому подібному.

Кількісні показники енергетичних ресурсів відновлюваних джерел планети показані в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Потенціал поновлювальних енергоресурсів на планеті

Відновлювальні енергоресурси	Енергетичний потенціал відновлювальних енергоресурсів, млрд. т.у.п./рік		
	Теоретично-можливий	Технічно-досяжний	Доцільно-економічний
1	2	3	4
Сонячне випромінювання	86000	5	1
Тепло морів і океанів	7500	1	0,1
Вітроенергетика	860	5	1
Гідроенергія, зокрема:	6,065	3	1,52
Енергія стоків	3	2,91	1,5
Енергія хвиль	3	0,05	0,01
Енергія припливів	0,065	0,04	0,01
Енергія твердого палива, зокрема:	40	2,55	2

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
лісів	15	1,5	1,5
рослин	10	1	0,5
водоростей	15	0,05	0
Геотермальна енергія	16	0,4	0,2
Загалом	94422,065	16,95	5,82

Для успішного використання поновлювальних джерел енергії слід мати напрацьовану базу даних в яких йдеться про потенційні можливості кожного регіону України. Зазвичай таку інформацію подають у картографічному вигляді із певними позначеннями, певним кольором, вказується конкретна цифра ресурсів які теоретично можливо використати. Використання створеної на даний час інформації цілком достатньо для відображення загальної картина, яка відбувається на території України. Така інформація дає змогу вести облік усіх наявних енергоресів з метою незаконного продажу в країни ЄС. Наявна інформація дає також рекомендації із правильного використання наявних запасів.

Зелені насадження спостерігаються майже по усій території України. Основною складовою в енергосистемі України є енергія вітру, енергія сонця, гідроенергетика, і біоенергетика. Якщо теоретично використати увесь наявний потенціал поновлювальних джерел енергії на території України, таким чином можна покрити усе власне споживання енергії, що дає змогу іншу частину експортувати в Європу щоб поліпшити економічне і політичне становище в країні [15].

Таблиця 1.2 – Потенційні можливості відновлюваних джерел в Україні

№ з/п	Напрями освоєння ВДЕ	Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал	
		млрд кВт·год/рік	млн т у.п/рік
1	Енергія вітру	79,8	28
2	Сонячна енергетика	38,2	6
3	Мала гідроенергетика	8,6	3
4	Біоенергетика	178	31
5	Геотермальна теплова енергетика	97,6	12
6	Енергетика доквілля	146,3	18
Загальні обсяги заміщення традиційних ПЕР за рахунок ВДЕ		548,5	98

1.3 Перспективи розвитку біоенергетики

З метою запобігання зміни клімату набувають у чинність угоди між країнами про заходи із запобіганням зміні клімату на Землі. Особливе значення надають енергооб'єктам із найменшим числом викидів парникових газів. Як ми всі знаємо парникові гази є ключовим елементом у змінні клімату. Позиція України в цьому питанні залишається незмінною це використання ядерної енергетики. Україна не тільки розглядає це як перспективне рішення, але й активно користується цим видом енергії. Україна має в свою арсеналі достатню кількість атомних електростанцій порівняно із країнами Європи. В подальшому Україна планує збільшувати потужності виробництва ядерної енергетики за рахунок побудови нових енергоблоків [18] .

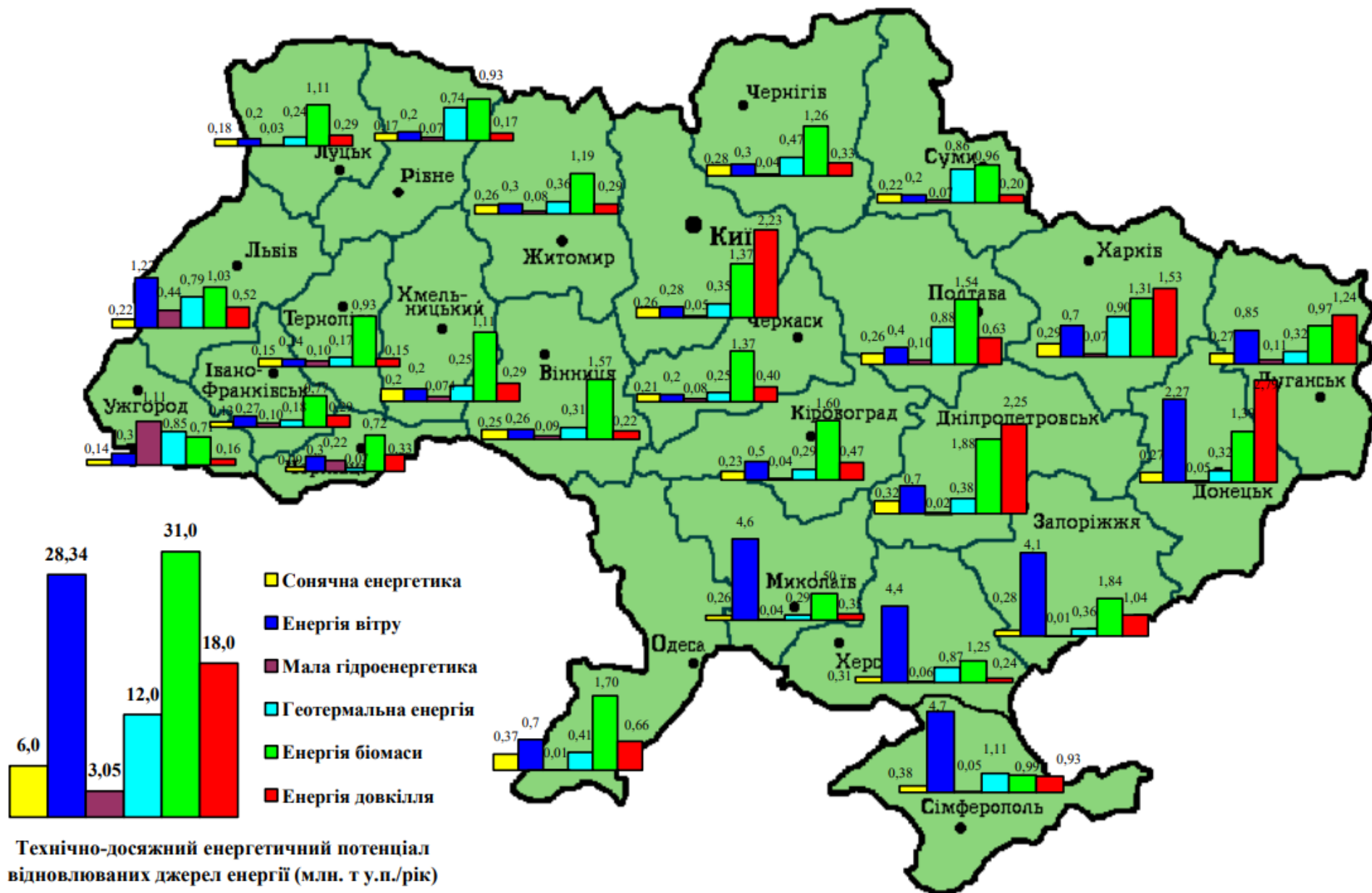


Рисунок 1.2 – Сумарний річний технічно-досяжний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії України

Біогаз – багато хто вважає дуже перспективним з різних причин. Його виробництво не потребує додаткових ресурсів, матеріалів чи створення сировини ба більше дає змогу переробити усі сільськогосподарські відходи, яких чимало і з кожним роком вони поповнюються. В сільських регіонах України цей метод може стати дуже популярним виходячи з того, що сировини для виробництва у них постійно в наявності і не вартує коштів. Це має ряд переваг порівняно із іншими видами палива які можна застосувати в сільській місцевості. Україна намагається усіма можливими способами не відставати у розвитку цих технологій від країн ЄС, тимпаче ми маємо набагато більше для цього ресурсів, як матеріальних так і наукових напрацювань [8] .

Важливу роль відіграють підприємства які споживають енергоресурси. Правильне і раціональне використання дає змогу зекономити кошти підприємству і зменшити вплив на навколишнє середовище. Впровадження сучасних технологій дає перевагу підприємству порівняно із іншими які не женуться за екологічністю. Якщо притримуватись цієї стратегії можна досягти багато позитивних факторів які пов'язані із виробництвом продукції її реалізацією становищем на ринку. Також можна отримати не погані інвестиції від Європейських грантів які підтримують цю стратегію [9] .

Важливий чинник у виробництві біогазу це така кількість відходів, яка утворюється щороку. Виробництво біогазу в Європі займає одне із найвищих позицій. Цьому сприяє різного роду стимули від держави. На загальному плані біогаз в основному використовується для виробництва електроенергії із подальшим використанням в загальній електромережі. Доречі потенціал біомаси значно більше ніж у ядерної енергетики виходячи із можливої отриманої енергії. В Україні при всіх наявних ресурсах цілком доречно розвивати технології пов'язані із використанням біогазу, він дає змогу не тільки зменшити кількість не потрібних відходів але й замінити значну частку природного газу, який є менш екологічним і вичерпним паливом [10].

Основним ресурсом або твердою породою щоб добре підійшла у вигляді біомаси виступає у першу чергу солома та всі інші види твердих відходів. Технології в

Україні які дадуть змогу перероблювати ці всі відходи у масштабах особистого використання залишаються на дуже низькому рівні, але все одно науковці постійно пропонують свої ідеї, щоб зробити це доступнішим видом альтернативної енергії. Наразі Україна використовує тверді відходи тільки у вигляді палива для побутових котлів чи великих промислових котелень, яке використовує спалювання дров для отримання теплової енергії на опалення споживачів. Якщо зараз зробити можливим щоб у кожного був сучасний твердопаливний котел це б дало змогу розвивати біоенергетичні технології це також дасть змогу швидко замінити природний газ, який можливо буде використовуватися лише на великих підприємствах і тільки як додатковий вид палива [11].

У сільському господарстві потенційні ресурси соломи і стебел значно перевищують споживання котельних палив сільськогосподарськими підприємствами та палив у всіх опалювальних котельних, розташованих в сільській місцевості. Це свідчить, що лише частину ресурсів соломи і стебел можна вживати на енергозабезпечення в сільській місцевості, а сільське господарство України потенційно може стати постачальником палива для енергетичних підприємств в містах.

Одним із способів заміни звичасних паливних ресурсів у сільській місцевості є виробництво біогазу із переробкою рослинної і тваринницької біомаси.

Досить перспективним для отримання біогазу є переробка сміття на звалищах. Залишки твердих відходів в Україні налічується 460-490 млн м³. Якщо враховувати що половина звалищ підлягають для вироблення біогазу. Можливості видобутку екологічного газу із звалищ відходів вимірюються у мільйонах тонн умовного палива. Сировиною можуть бути будь-які відходи у яких присутня органічна складова, яка буде гнити і виділяти газ. Використовуючи біогаз можна обмежити використання або замінити такі види палива:

- природний газ і зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб;
- бензин, дизельне паливо і гас у двигунах внутрішнього згоряння.

Щорічно в світі з біомаси за рік виробляється близько 46 млн т біоетанолу і 5 млн т біодизелю. У Європі ці показники складають відповідно: близько 4 млн т і 2 млн т на рік. Аналіз багаторічних статистичних даних щодо практичного використання в Україні земель сільськогосподарського призначення і динаміки змін площ вирощування рослин, з яких планується виготовлення рідкого біопалива, показав:

Для посівів енергетичних культур Можна задіяти близько 77 тис. км² невживаних сільгоспугідь, що дозволить повернути для сільгоспвиробництва землі, які зараз не використовуються, зберегти існуючий баланс сільгоспвиробництва і не нашкодити продовольчій безпеці України.

За рахунок використання вищезазначених площ для вирощування енергетичних рослин в Україні можна досягти виробництва рідкого біопалива в об'ємах: паливного спирту 2 млн т/рік, біодизпалива 7 млн т/рік. Використання в паливно-енергетичному комплексі України рідкого біопалива дозволить у перспективі заощадити до 11,8 млн т у.п./рік, що складає близько 90% від сумарного річного енергетичного потенціалу бензину і дизпалива.

Застосування рідкого біопалива дозволить на 31,6 млн т/рік понизити викиди в навколишнє середовище вуглекислого газу, що утворюється в результаті споживання бензину і дизпалива.

Використання для виробництва біодизпалива земель Чорнобильської зони відчуження (близько 100 тис. га забруднених земель) дозволить одержувати щорічно 20 тис. т біодизпалива. Відходи виробництва можуть бути також використанні як паливо для теплогенеруючих котелень.

Застосування наведених біоенергетичних технологій є достатньо ефективним у цілому ряді виробництв. Особливо це стосується агропромислового комплексу – при застосуванні ефективних схем комплексного використання біоенергетичних ресурсів та ефективного обладнання в Україні можна досягти значного позитивного економічного, екологічного та соціального ефекту. Використовуючи біомасу слід звертати

увагу на ряд факторів від яких залежить обсяг виробництва так як це паливо не є постійним. Прогнозується стрімке зростання площ під енергетичні культури (тополя, верба, міскантус). Енергетичні культури стрімко нарощують об'ємами, а потім цій культурі прогнозується лідируюче положення. Це пояснюється тим, що енергетичні рослини будуть вирощуватися на ділянках землі на яких до цього нічого не впроваджувалось іншими словами пустувало. В той же час, очікується зменшення обсягів відходів деревини за рахунок збільшення повноти її переробки. Прогнозується на рубежі 2012-2015 років використання таких видів біомаси, які на даний час практично залишаються на полі. Це солома ріпаку, стебла кукурудзи і соняшнику, солома гречки, проса, рису, очерет тощо. В той же час, обсяги соломи традиційних культур (пшениця, ячмінь, жито) будуть залишатися на рівні 2009 року (найбільша врожайність). Це пояснюється використанням нових низькорослих сортів зернових, вимогами сівозміни, а також збільшенням площ під технічні культури і кукурудзи на силос для виробництва біогазу.

Енергетичне використання біогазу звалищ буде стрімко розвиватись із введенням в дію механізмів Кіотського протоколу, оскільки запобігання викидам метану звалищ в атмосферу є одним з найдієвіших заходів для зменшення викиду парникових газів. Можна прогнозувати, що за цей період значна частина великих полігонів твердих побутових відходів буде оснащена системами збирання біогазу з його використанням для виробництва енергії. Насамперед доцільно організувати використання біогазу звалищ у котельнях сусідніх населених пунктів або підприємств, але основним напрямом буде його використання для виробництва електричної енергії з подачею її в енергосистему. Для комплектування цих електростанцій можуть використовуватися стаціонарні та пересувні газомоторні та газотурбінні електростанції, що вже виготовляються в Україні. Виробництво паливного етанолу буде здійснюватись переважно на реконструйованих спиртових заводах.

На період з 2015 до 2020 року можливо очікувати наближення умов використання відновлюваних органічних енергоносіїв в Україні до умов країн Європейського

Союзу шляхом впровадження загальноєвропейських механізмів стимулювання використання відновлюваних джерел енергії.

Очікується, що значна частина підприємств та організацій України досягне відносної стабільності щодо виробництва та збуту основної продукції, будуть накопичуватися кошти для поступового оновлення виробничих потужностей та здійснення природоохоронних заходів. З початком будівництва в Україні нових і реконструкції існуючих електростанцій та ліній електропередач, тарифи на електричну енергію неминуче зростуть, що зробить для підприємств економічно привабливим виробництво електричної енергії з використанням біомаси і особливо біогазу. В цей період буде розширюватись енергетичне використання біомаси, але з наступними особливостями. Можна прогнозувати формування значного прошарку економічно життєздатних фермерських господарств, які будуть масово впроваджувати нові соломоспалювальні котельні установки потужністю 100-1000 кВт для теплозабезпечення житла та господарських потреб. Під тиском екологічних проблем великі та середні сільськогосподарські підприємства, а також підприємства переробної промисловості будуть впроваджувати анаеробні системи перероблення гною та стоків з одержанням біогазу і виробництвом електричної енергії. Обсяги впровадження будуть визначатися обсягами докорінної реконструкції та нового будівництва.

В промисловості буде впроваджуватися переважно нове сучасне обладнання для спалювання відходів рослинної біомаси. В опалювальних котельнях енергетичних підприємств буде розширюватися використання відходів деревини, соломи та стебел сільськогосподарських культур із впровадженням котельних установок потужністю від 1 до 10 МВт. Обсяги впровадження будуть визначатися темпами заміни основних фондів. У комунальному господарстві одночасно з будівництвом нових потужностей з очищення стоків будуть впроваджуватись анаеробні технології перероблення осаду і мулу з використанням біогазу для виробництва теплової та електричної енергії.

Нарощування обсягів використання біогазу на станціях очищення стоків буде визначатись темпами реконструкції та будівництвом нових станцій очищення комунально-побутових стоків.

В цей період буде продовжуватися інтенсивне нарощування обсягів енергетичного використання біогазу. До 2015 року найбільші полігони твердих побутових відходів будуть оснащені системами збору та енергетичного використання біогазу. Нові та реконструйовані електричні станції, що працюють на твердому паливі та оснащуються сучасними системами очищення газів, доцільно оснащувати також системами підготовки та використання частини палив біологічного походження: брикетів із сортованих побутових відходів, нетоксичних промислових відходів, відходів сільськогосподарського та лісового 164 господарства. Обсяги використання будуть визначатися темпами будівництва та реконструкції електричних станцій, наявністю невикористаних ресурсів біомаси. Такі електричні станції будуть виконувати роль регіональних центрів, що надають послуги із знешкодження нетоксичних відходів, які буде доцільно доставляти з об'єктів у межах до 200-300 км. В період з 2015 до 2020 року можна прогнозувати перехід до виробництва та використання паливного етанолу не тільки як антидетонаційної добавки, але і як заміни моторного палива. Це забезпечить комплексне використання значної частини зернової сировини для виробництва кормів та моторного палива. Прогнозується початок промислового виробництва паливного етанолу з відходів деревини та сільськогосподарських відходів із використанням ферментативного гідролізу. В період після 2020 року можна прогнозувати стабілізацію обсягів використання відходів рослинної біомаси на енергетичні потреби, оскільки найбільш доступні ресурси до того часу будуть залучені в господарський обіг. Будуть продовжувати зростати обсяги застосування анаеробних технологій перероблення гною з виробництвом біогазу, теплової та електричної енергії. Інвестиції значною мірою будуть спрямовуватись на планомірне оновлення технологій та техніки використання відновлюваних органічних енергоносіїв. Енергетичне використання біогазу зі звалищ буде розширюватись незначними темпами, проте зростатиме обсяг робіт з

переміщення зон видобування біогазу із старих на нові полігони, заміни відпрацьованого обладнання.

1.4 Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики

Застосування сучасних біоенергетичних технологій дозволяє замінити практично всі енергетичні продукти, які походять від традиційних енергоресурсів, на паливо, отримане в процесі технологічної переробки біомаси. Оскільки в даний час існує і розробляється велика кількість різних біоенергетичних технологій, при виборі ефективного обладнання для переробки біоенергетичних ресурсів у першу чергу необхідно розглянути найбільш поширені та ефективні технології їх використання. Технології використання біомаси постійно удосконалюються, причому навіть у рамках кожного методу існує і розробляється велика кількість технологічних процесів та обладнання як для переробки біомаси, так і для отримання вихідних енергетичних продуктів у зручній для споживача формі. Слід відзначити, що при переробці біомаси в паливо витрачається значна доля енергії, однак ці витрати не перевищують втрат при перетворенні кам'яного вугілля в синтетичне паливо.

Вибір технології переробки біомаси в енергетичний продукт проводиться із врахуванням багатьох техніко-економічних показників і в першу чергу залежить від виду біомаси, її складу, вологості та інших властивостей. Залежно від виду енергетичного продукту, який передбачається отримати, проводиться вибір первинного процесу переробки біомаси – термічна конверсія або біоконверсія.

Енергетичні продукти, які можуть бути отримані при використанні біомаси, наведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Енергетичні продукти, які можуть бути отримані при використанні біомаси

Вид біомаси	Технологічний процес	Енергетичні продукти
Суха біомаса	Спалювання	Теплова і електрична енергія
	Газифікація	Горючі гази, метанол
	Піроліз	Горбчі гази, смоли, деревне вугілля(напівкокс)
	Гідроліз і дистиляція	Етиловий спирт
	Брикетування пресуванням	Паливі гранули (пелети) Паливні брекети
Волога біомаса	Анаеробне зброджування	Біогаз
	Зброджування і дистиляція	Паливний спирт

1.5 Висновки до розділу 1

Виконано аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як палива для парової котлів.

Розкрито питання потенціалу відновлювальних джерел енергії в Україні та світу. Перспективи розвитку біоенергетики, досвід Європейських країн. Характеристики і переваги використання біомаси порівняно із вичерпними енергоресурсами. Класифікація відновлювальних джерел енергії їх можливе подальше застосування, енергетичні продукти, які можуть бути отримані при використанні біомаси.

На основі проведеного аналізу літературної інформації сформульовані мета та задачі досліджень.

Метою дослідження є заміщення викопних джерел енергії, підвищення екологічної ефективності виробництва теплоти шляхом запровадження технології спалювання біомаси на промисловій паровій котельні

Задачі досліджень:

- виконати аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як поновлювального джерела енергії;
- виконати аналіз ефективності роботи теплової схеми парової котельні для потреб теплопостачання;
- розробити математичну модель для дослідження показників роботи циклону-утилізатора;
- виконати моделювання циклону типу ЦН-15-900 і режимів його роботи;
- розробити технологію монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів після котла КЕ-10-1,4 на трісці деревини;
- виконати оцінювання економічних показників парової котельні з використанням поновлювальних джерел енергії.

2 АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ І ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

2.1 Початкові дані теплової схеми парової котельні

Відповідно до початкових даних витрати пари на групи споживачів складають:

- на опалення $Q_{оп} = 300$ кВт;
- на гаряче водопостачання $D_{гвп} = 0,56$ т/год = $0,15$ кг/с ;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{япк1} = 2,65$ т/год = $0,74$ кг/с;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{япк2} = 1,42$ т/год = $0,39$ кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{пп1} = 0,6$ т/год = $0,17$ кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{пп2} = 0,64$ т/год = $0,18$ кг/с.

Тиск насиченої пари 1,4 МПа, температура пари 195 °С.

Характеристики конденсату, що повертається:

- частка повернення $\alpha_k = 0,9$;

Температура живильної води $t_{жв} = 102^\circ\text{С}$.

Температура сирії води $t_{св} = 5^\circ\text{С}$.

Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 18^\circ\text{С}$.

Середня температура опалювального періоду $t_{опз} = 5^\circ\text{С}$.

Температура зовнішнього повітря $t_{зо} = -7^\circ\text{С}$.

Частка продувки $p = 3\%$.

Тиск в розширнику безперервної продувки 1,5 бар.

Температура хімічно очищеної води, що надходить в деаератор $t_{дв} = 5^\circ\text{С}$.

Температура зливання з охолодника продувальної води $t_{зл} = 40^\circ\text{С}$.

З таблиць термодинамічних властивостей водяної пари і води визначимо ентальпії потоків води, пари і конденсату, кДж/кг

$$h_0 = h_{сп} = 2790, h'_k = 830, h'_{жв} = 439, h_{св} = 42, h'_{кв} = 798, h'_{рбп} = 467, \\ h''_{рбп} = 2693, h'_{дв} = 335, h'_{зл} = 168.$$

Ентальпії пари, конденсату та води залишаються такі ж, як в максимально-опалювальному режимі, крім ентальпії сирії води, яка складає $h'_{св} = 21$ кДж/кг.

2.2 Розрахунок теплової схеми парової котельні в трьох режимах роботи

Таблиця 2.1- Результати розрахунок теплової схеми парової котельні в трьох режимах роботи

Розрахункова величина	Позначення	Розмірність	Режим котельні		
			Максимально-опалювальний	Середньоопалювальний	Міжопалювальний
1	2	3	4	5	6
Сумарна витрата пари на технологічне споживання	$D_{\text{техн}}$	кг/с	1,48	1,48	1,48
Витрата теплоти для систем гарячого водопостачання	$Q_{\text{ГВП}}$	кВт	306	306	306
Витрата теплоти для систем технічних споживачів	$Q_{\text{тех}}$	кВт	2901	2901	2901
Витрата конденсату на ГВП	$G_{\text{КГВП}}$	кг/с	0,135	0,135	0,135
Паровидатність котельні парової	D_o	кг/с	1,991	1,944	1,88
Витрата води живильної	$G_{\text{жв}}$	кг/с	2,05	2	1,934
Витрата пари з розширника безперервної продувки вторинного скипання	$D_{\text{рбп}}$	кг/с	0,00887	0,00867	0,00840
Витрата води з розширника безперервної продувки у стані насичення	$G_{\text{рбп}}$	кг/с	0,00509	0,0496	0,0479
Витрата води з деаератора	$G_{\text{дв}}$	кг/с	1,555	1,552	1,55

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Потужність парогенераторів	$Q_{\text{пг}}$	кВт	4704	4614	4461
Розрахункова витрата робочого палива (тріска деревини)	B_p	м ³ /с	0,304	0,298	0,288
Витрата умовного палива на котельню парову	B_y	кг/с	0,176	0,183	0,177
ККД для котельні	$\eta_{\text{кот}}$		0,684	0,627	0,618
Витрата питома умовного палива на виробництво теплоти	b_y	кг/ГДж	37,2	39,7	39,7

2.3 Екологічне та економічне підґрунтя переведення парової котельні на спалювання біомаси

Зробивши порівняння техніко-економічних показників роботи котельні з парогенераторами на газовому паливі та на біомасі. Врахували попередні розрахунки, в якості біомаси обираємо тріску деревини. Результати наведені у табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники парової промислової котельні

Показник	Паливо	
	Природний газ	Тріска деревини
Річне виробництво теплоти, ГДж	141635	
Річна витрата палива	4716,4 тис. м ³ /рік	15259 т/рік
Річні витрати на паливо, тис. грн./рік	175555	56797
Річні експлуатаційні витрати, млн. грн./рік	199,05	73,17
Собівартість виробництва теплоти	1405,6	516,6

Виходячи із табл. 2.2 очевидним є те, що переведення промислової котельні на спалювання біомаси у вигляді тріски деревини є економічно доцільним.

Розглянувши екологічні питання переведення котельні на спалювання біомаси також у порівняно із газовою котельнею. За допомогою програмного продукту SimaPro 9.4.0.2 оцінено вплив даних джерел теплоти протягом життєвого циклу на екосистему (Ecosystems), на вичерпання ресурсів (Resources) та на здоров'я людини (Human Health) і загальний вплив. Життєвий цикл прийнято 10 років. Результати представлені на рис. 2.1

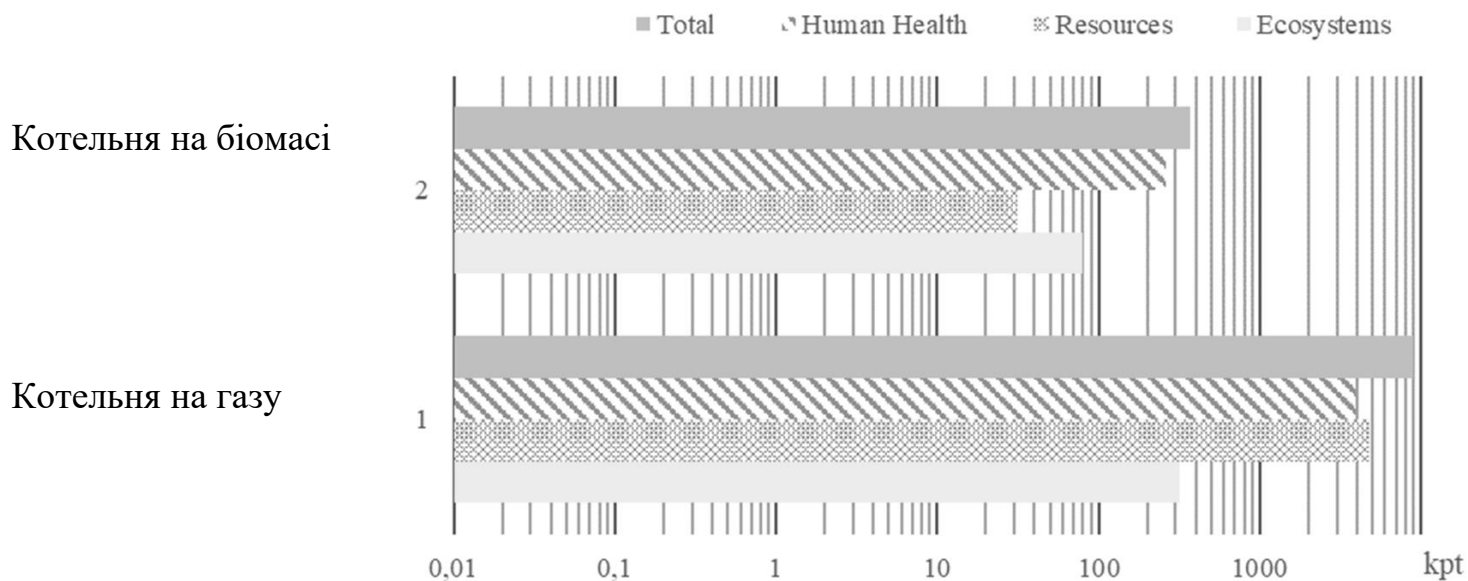


Рисунок 2.1 – Показники впливу методів отримання теплоти для технологічних потреб на навколишнє середовище протягом життєвого циклу у екобалах (pt)

Виходячи з рис. 2.1 видно, що за усіма показниками варіант газової промислової котельні є більш екологічно недоцільним.

Встановлено, що найбільш економічно доцільно використовувати як джерело теплоти тріску деревини з твердих порід, оскільки у такому варіанті нижча у порівнянні із газовою котельнею собівартість виробництва теплоти.

Аналогічну картину показала екологічна оцінка за допомогою програмного продукту SimaPro 9.6.0.1, тобто найменший вплив на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант спалювання тріски деревини із твердих порід.

Тобто з екологічної та економічної точки зору оптимальним варіантом є твердопаливна котельні на трісці деревини із твердих порід, що потребує встановлення системи очищення димових газів від золи.

2.4 Висновки до розділу 2

Проведено розрахунок показників роботи теплової схеми котельні, що забезпечує потреби виробництва приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетону» та потреби теплофікації потужністю 300 кВт. Робоче паливо на котельні – тріска деревини. В максимальному опалювальному режимі витрата тріски деревини складає 0,304 кг/с, у середньоопалювальному режимі – 0,298 кг /с, а загальна за опалювальний сезон – 15259 т/рік. Коефіцієнт корисної дії котельні у максимальному режимі склав 0,684, а у середньоопалювальному – 0,627. Котельня відпускає на потреби опалення протягом опалювального періоду 141635 ГДж теплоти з собівартістю 516,6 грн./ГДж.

Проведено порівняння впливу на довкілля процесу виробництва теплоти на котельні за умови використання в якості палива природного газу та біомаси за допомогою програмного продукту SimaPro 9.6.0.1, встановлено що найменший вплив на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант спалювання тріски деревини із твердих порід.

3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЦИКЛОНУ-УТИЛІЗАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ CFD-ПАКЕТА SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

3.1 Аналіз використання циклону та теплообмінного апарату

Метою роботи передбачається використання конструкції циклону, що містить трубчастий теплообмінник. Такі циклони утилізують теплоту відхідних газів котлів, зменшують втрати теплоти з продуктами згорання і відповідно дозволяють економити енергоресурси. Дана конструкція в системах відведення та очищення відхідних газів підвищує ефективність системи на 5-7 %.

Якщо існує два різних середовища із різними температурами то теплота між ними передається через розподільчу стінку за допомогою теплоносіїв, за допомогою рівняння теплопередачі можна визначити кількість теплоти переданої між тілами

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau . \quad (3.1)$$

де Q – кількість теплоти, що передається від більш нагрітого теплоносія (теплове навантаження), Дж;

K – сумарний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²К);

Δt – температурний напір, рушійна сила процесу теплопередачі, К (°С);

τ – тривалість процесу, секунди.

Принцип дії кожухотрубного теплообмінника полягає у тому, що один із теплоносіїв протікає по трубах, інший – в міжтрубному просторі. В нашому випадку по трубах протікають димові гази (гарячий теплоносій), а в між трубний простір подається вода (холодний теплоносій), що нагрівається. Теплота від одного теплоносія другому передається через поверхні стінок труб. Димові гази подається знизу, а воду з правого боку циклону за допомогою спеціальних металевих патрубків. Напрямок руху

теплоносіїв протитечія. Такий рух теплоносіїв сприяє більш ефективному переносу теплоти, так як при цьому виникає співпадіння напрямку руху кожного теплоносія з напрямком руху, в якому намагається рухатися даний теплоносій під дією зміни його густини при нагріванні або охолодженні.

Вловлювання твердих частинок засноване на використанні відцентрової сили. Частинки які попадають у циклон спочатку потоком притискаються до стінок, а потім під дією відцентрової сили зсипаються у низ до бункера, який накопичує цю золу.

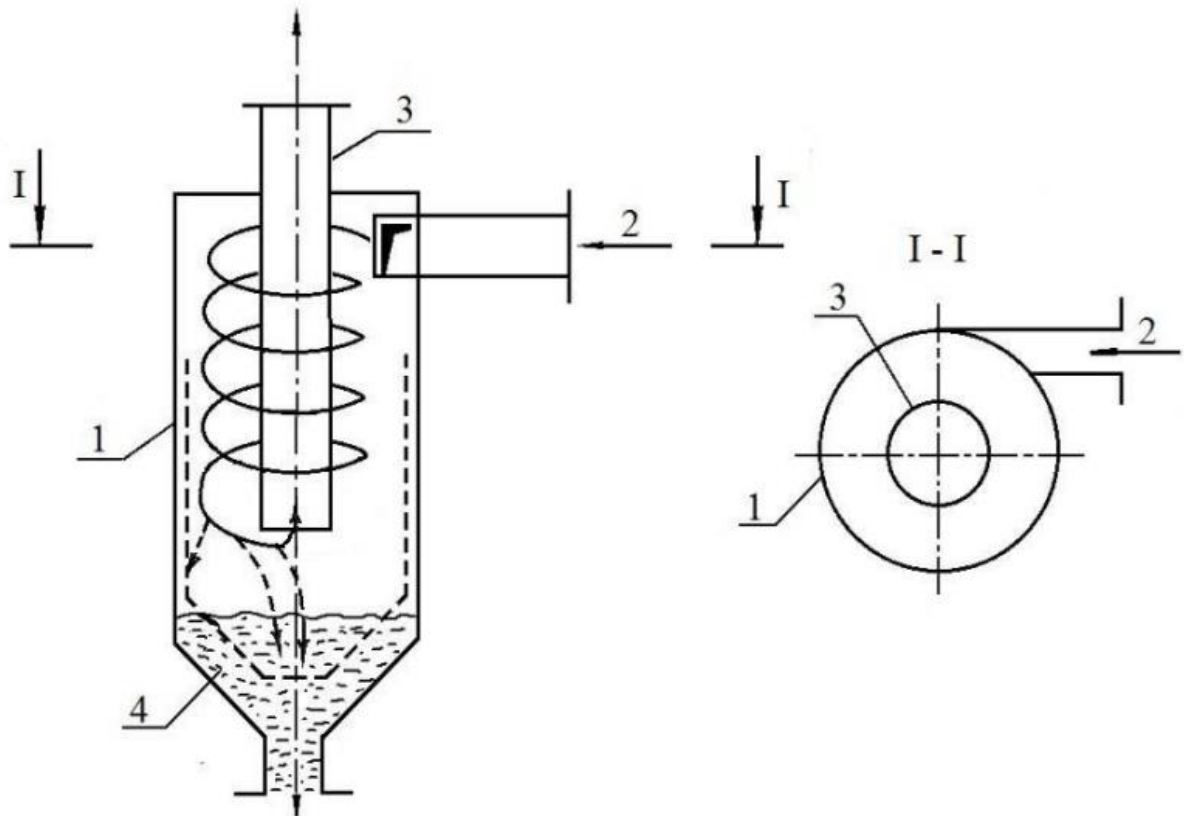


Рисунок 3.1 – Циклон з тангенціальним підведенням газу: 1 – циліндричний корпус; 2 – тангенціальний підвід газу; 3 – вихід очищувального газу; 4 – бункер для збору вловлюваного пилу.

3.2 Задачі дослідження

Виходячи з аналізу літературних джерел можна сформулювати такі задачі дослідження: скласти адекватну математичну модель для циклону для дослідження аеродинамічного опору, ступеня очищення і теплового потоку. Цю задачу можна розв'язати за допомогою CFD – пакету SolidWorksFlowSimulation. Для дослідження необхідно провести ряд числових експериментів на основі розробленої математичної моделі. Для цього є доцільним використання прогарами SolidWorks, яка дає можливість створити 3D модель циклону і відтворити складні теплофізичні та теплотехнологічні процеси.

3.3 Умови однозначності

Роботу даної системи можна описати так: димові гази після котла потрапляють у вхідних патрубках циклону під дією відцентрових сил потік закручується тверді частинки налипають на стінки циклону і осипаються в золовідвідний бункер, очищені димові гази піднімаються догори де відводяться через вихідний патрубок циклону. В системі теплообмінника холодний теплоносій (вода) подається через під'єднувальний патрубок в теплообмінник де омиваючи її внутрішню сторону вода поглинає теплову енергію від внутрішньої стінки трубки. Одночасно з цим зовнішня стінка трубки омивається потоком очищених димових газів яка сприймає цей тепловий потік. В матеріалі трубки перенесення теплоти від зовнішньої стінки трубки до внутрішньої відбувається за рахунок процесу теплопровідності.

Проводивши розрахунок у Solidworks Flow Simulation задавали такі умови експерименту: середовище експерименту повітря, вода, матеріал дослідження – вуглецева сталь; граничні умови: швидкості потоку димових газів котла на вході у циклон – 21, 17, 12,5, 8 м /с, температура димових газів на вході в циклон – $t'_r = 200, 180, 160,$

140 °С, повний тиск – 101325 Па; холодного теплоносія на входів теплообмінник – $G_{\text{в}}$ = 1,5 кг/с; температура води на вході в теплообмінник – 20 °С.

3.4 Математична модель системи

Диференціальне рівняння руху частинки пилу в криволінійному потоці у векторній формі було записано так:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{1}{\tau} (\vec{W} - \vec{V}) = -\frac{1}{\tau} \vec{V}_c \quad (3.2)$$

де $\vec{W}$ – середня швидкість потоку, $\vec{V}$ – абсолютна швидкість прямолінійного руху частинки відносно нерухомої системи координат, $\vec{V}_c$ – відносна швидкість руху частинки, τ – величина, яка має розмірність часу і називається часом релаксації частинки.

$$\tau = \frac{m}{3\pi\mu d} = \frac{d^2}{18\mu} \rho \quad (3.3)$$

де m – маса частинки; μ – динамічна в'язкість повітря; d – діаметр частинки пилу; ρ – густина матеріалу частинки.

Якщо врахувати, що переносний рух частинки пилу є обертальним, то, відповідно до теореми Кореоліса про абсолютне прискорення точки при складному русі, рівняння було представлено таким чином:

$$\frac{d\vec{V}_c}{dt} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R}) + \left(\frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{R}\right) + 2(\vec{\omega} \times \vec{V}_c) = -3\pi\mu d v_c \quad (3.4)$$

Після проектування рівняння на осі декартової системи координат, переходу до полярних координат та здійснення перетворень одержали рівняння руху частинок в криволінійному каналі на початковому етапі, тобто

$$\frac{d}{dt} \left(R^2 \frac{d\varphi}{dt} \right) + \frac{1}{\tau} R^2 \frac{d\varphi}{dt} = \frac{k}{\tau} c . \quad (3.5)$$

де k – деяка постійна величина, що визначається об'ємними витратами потоку повітря та геометричними розмірами поперечного перерізу криволінійного каналу. За межами початкового етапу, тобто коли час перебування частинки у циклоні є більшим за час релаксації частинки, рівняння набуває вигляду:

$$\frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{1}{\tau} \frac{dR}{dt} - \frac{k^2}{R^3} = 0 \text{ c} . \quad (3.6)$$

Внаслідок розв'язання цих рівнянь можна отримати траєкторії руху частинок пилу в циклоні.

Розрахунок течії рідини або газу в сучасних програмних продуктах виконуються шляхом чисельного рішення системи рівнянь, що описують найбільш загальний випадок руху рідкого середовища. Таким є рівняння Нав'є - Стокса та нерозривності

$$\frac{d}{dt} (\rho u_i) + \frac{d}{dx_j} (\rho u_i u_j) = - \frac{dp}{dx_i} + \frac{d}{dx_j} \left[\mu \left(\frac{du_i}{dx_j} + \frac{du_j}{dx_i} \right) \right] + f_i ; \quad (3.7)$$

$$\frac{dp}{dt} + \frac{d}{dx_j} (\rho u_j) = 0 . \quad (3.8)$$

Тут використано скорочений запис рівнянь $i, j = 1-3$, передбачається підсумовування однаковим індексам, x_1, x_2, x_3 – осі координат, t – час. Член f_i виражає дію масових сил.

Течії в гідравлічних машинах, як правило, турбулентні. Безпосереднє моделювання турбулентних течій шляхом чисельного рішення рівнянь Нав'є-Стокса, записаних для миттєвих швидкостей, є все ще вкрай важким, а крім того, інтерес становить, як правило, не миттєві, а середнє у часі значення швидкостей. Таким чином, для

аналізу турбулентних течій замість рівнянь (3.7) та (3.8) використовують рівняння Рейнольдса (3.8):

$$\frac{d}{dt} (\rho \bar{u}_i) + \frac{d}{dx_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) + \frac{d}{dx_j} (\rho \overline{u'_i u'_j}) = -\frac{dp}{dx_i} + \frac{d}{dx_j} \left[\mu \left(\frac{d\bar{u}_i}{dx_j} + \frac{d\bar{u}_j}{dx_i} \right) \right] + f_i \quad (3.9)$$

де $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3$ - середні за часом значення швидкостей;

$\overline{u'_1}, \overline{u'_2}, \overline{u'_3}$ - пульсаційні складові швидкостей.

Для рамикання цих рівнянь використовуються різні моделі турбулентності. При розрахунковому дослідженні гідромашин добре зарекомендували себе такі моделі турбулентності: "k-ε", "k-ω" та SST. Модель "k-ε" використовує для замикання системи рівнянь руху рідини Рейнольдса два диференціальних рівнянь (3.10 – 3.11), що описують перенесення кінетичної енергії турбулентності k та швидкості дисипації ε.

$$\frac{d}{dt} (\rho k) + \frac{d}{dx_j} (\rho \bar{u}_j k) = \frac{d}{dx_j} \left(\Gamma_k \frac{dk}{dx_j} \right) + P_k - \rho \epsilon \quad (3.10)$$

$$\frac{d}{dt} (\rho \epsilon) + \frac{d}{dx_j} (\rho \bar{u}_j \epsilon) = \frac{d}{dx_j} \left(\Gamma_\epsilon \frac{d\epsilon}{dx_j} \right) + \frac{\epsilon}{k} (C_{\epsilon 1} P_k - \rho C_{\epsilon 2} \epsilon) \quad (3.11)$$

де $P_k = -\overline{u'_i u'_j} \frac{d\bar{u}_i}{dx_j}$ - член, що виражає генерацію енергії k, $\Gamma_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}$, $\Gamma_\epsilon = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon}$.

3.5 Формування цілей

Сформовані такі цілі: повний тиск на вході в циклон та на виході з циклона, різниця повних тисків, тепловий потік, температура стінки.

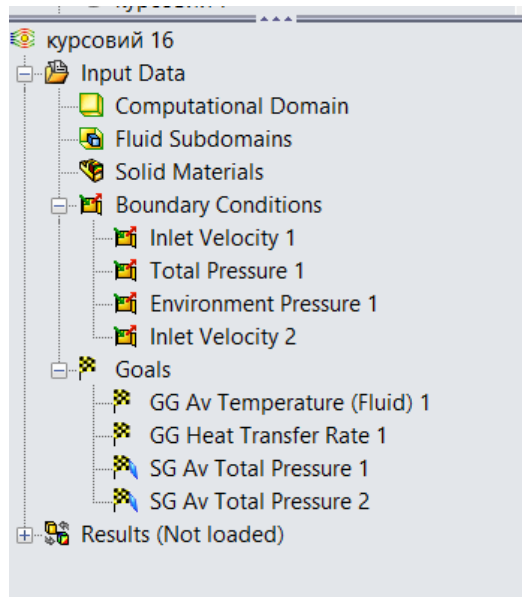


Рисунок 3.2 – Цілі дослідження в системі Flow Simulation

3.6 Результати дослідження та їх обговорення

Загальна аеродинамічний (гідравлічний) опір циклону складається з втрат на в'язкісне тертя і на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 . \quad (3.12)$$

де ΔP_1 – гідравлічний опір входу в циклон, Па; ΔP_2 – гідравлічний опір тертя шарів газу по стінці апарату, Па; ΔP_3 – гідравлічний опір, що створюється під час переходу середовища з зовнішньої зони до внутрішньої зони (у вихлопну трубу) з поворотом на 180° , Па; ΔP_4 – гідравлічний опір тертя шарів газу між собою у внутрішній спіралі та по стінці вихлопної труби, Па.

Визначено аеродинамічний опір залежно від швидкості газів які надходять у циклон через вхідний патрубок. Розрахунки проводились у діапазоні швидкостей від 21 до 8 м/с.

Результати дослідження наведені на рис. 3.3.

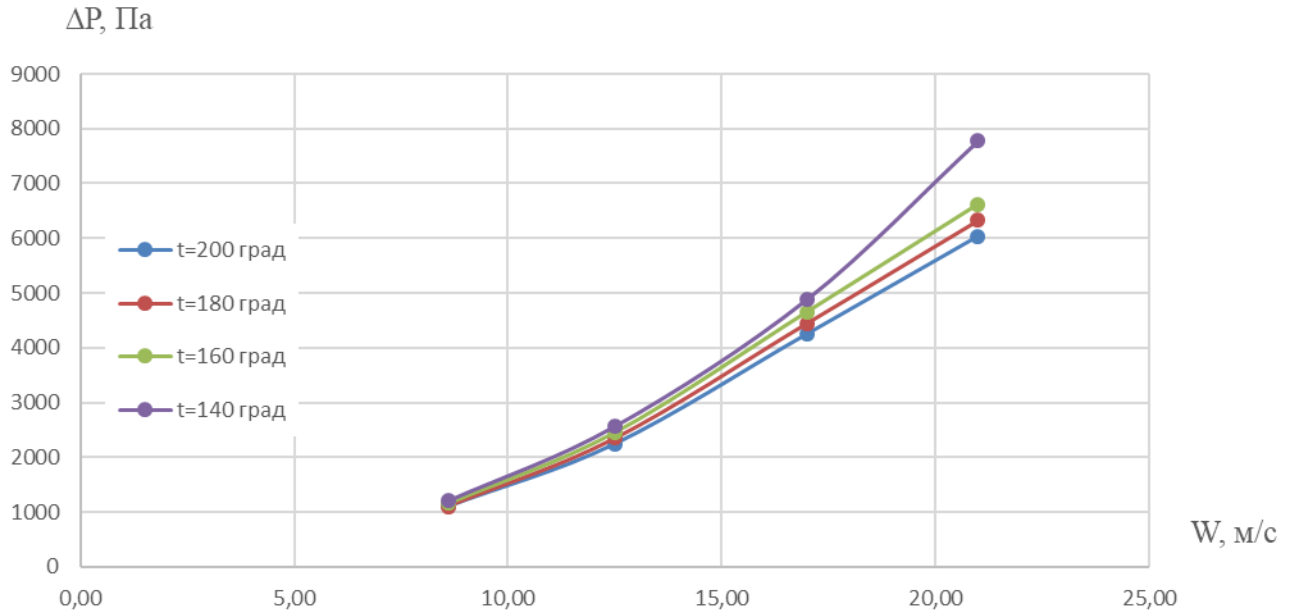


Рисунок 3.3 – Залежність аеродинамічного опору від швидкості газу на вході.

Аналізуючи графік можна зазначити що аеродинамічний опір росте при збільшенні швидкості димових газів на вході в циклон. Найінтенсивніше збільшення опору спостерігається при таких параметрах димових газів -швидкість від 18 до 21 м/с, а температура газів 140 °С. При інших параметрах наприклад температурі газів 160, 180, 200 °С опір також збільшується в діапазоні швидкостей від 8,6 до 21 м/с, але більш рівномірно.

Також визначено аеродинамічний опір залежно від температури газів які надходять у циклон через вхідний патрубок. Розрахунки проводились у такій градації температур 200,180,160 і 140 °С.

Результати дослідження наведені на рис. 3.4.

Виходячи з наведеного графіку на рис. 3.4 можна зробити висновок що при збільшенні температури опір майже не змінюється при однаковій швидкості. При швидкостях від 8,6 до 17 м/с на графіку зображена пряма лінія, яка означає що опір в цьому діапазоні не залежить від температури. В діапазоні від 140 до 160 °С при швидкості 21 м/с спостерігається різке зменшення аеродинамічного опору.

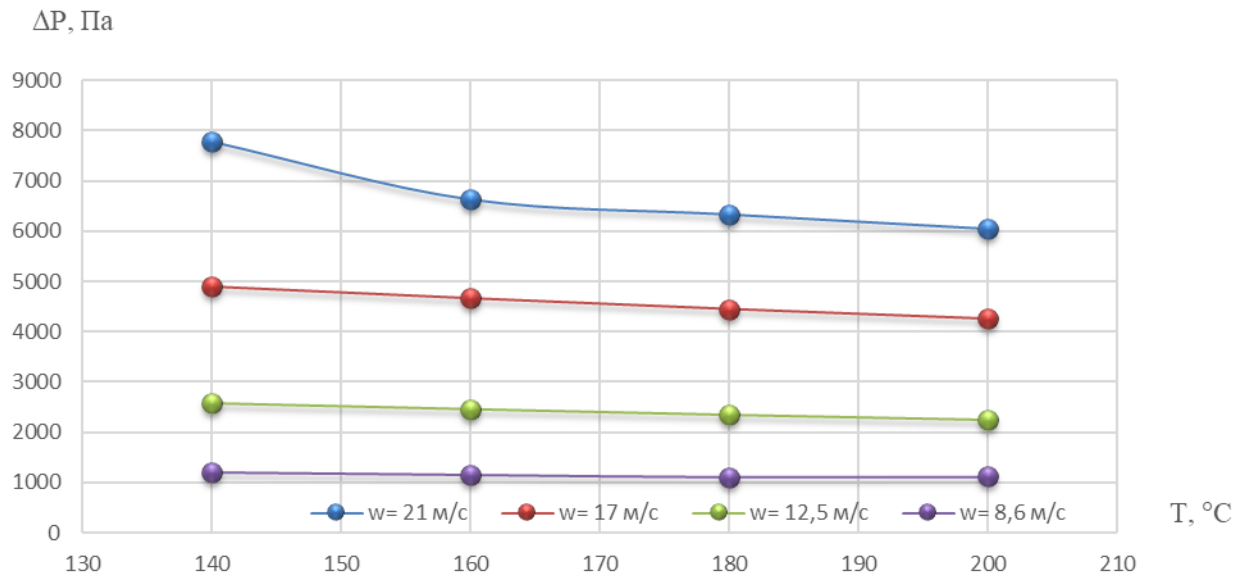


Рисунок 3.4 – Залежність аеродинамічного опору від температури газів на вході.

Проводячи розрахунок теплового потоку використовуємо поверхневі параметри в режимі Flow Simulation. (рис.3.5).

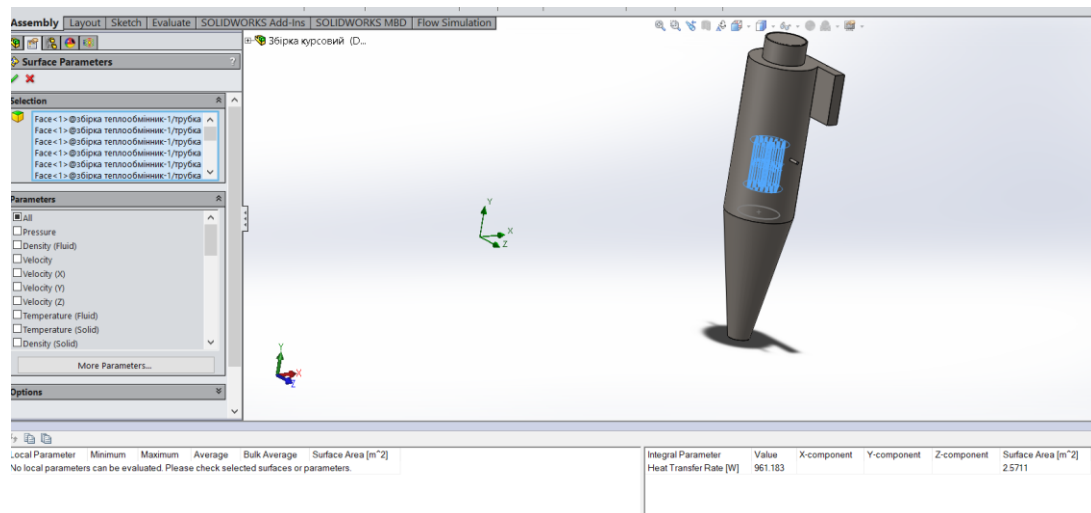


Рисунок 3.5 – Скрін-шот роботи програми – визначення теплового потоку.

Щоб отримати достовірні данні потрібно було виділити зовнішню стінку кожної із 52 трубок в теплообміннику які постійно омиваються потоком гарячих димових газів. Також проводилось два дослідження зі змінними швидкостями і температурами.

В цих дослідженнях брались початкові параметри однакові із попередніми дослідженнями температура від 140 до 200 °С, а швидкість 8,6...21 м/с.

Результати дослідження телового потоку залежно від швидкості газів наведено на рис. 3.6

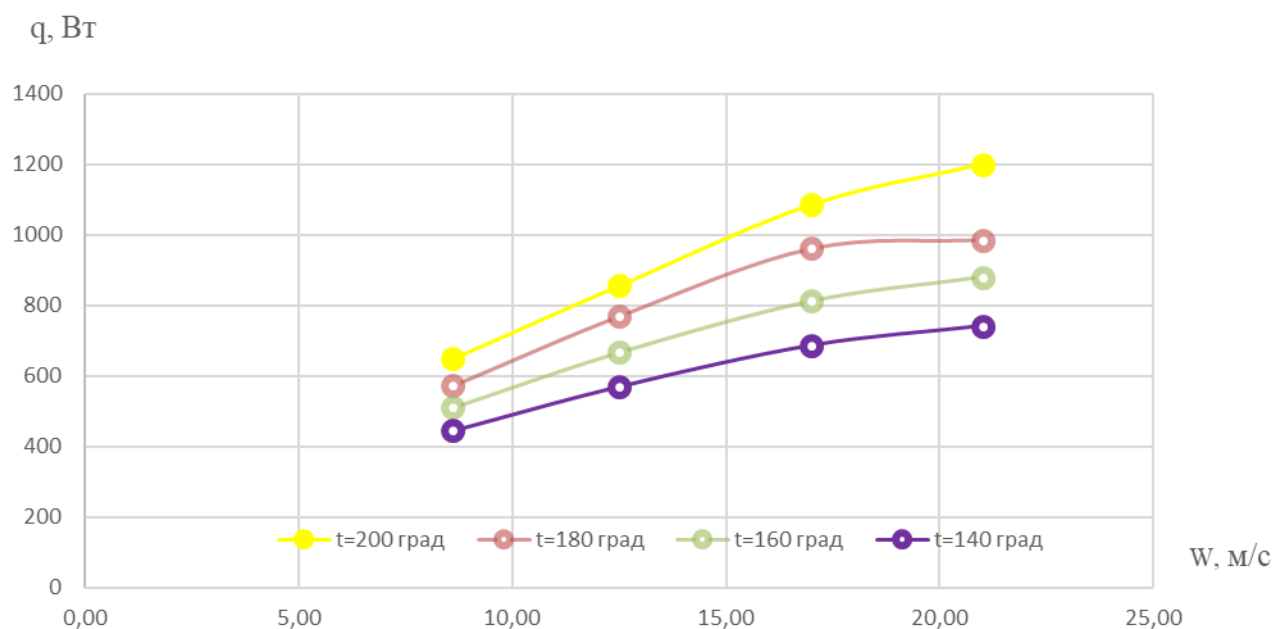


Рисунок 3.6 – Залежність теплового потоку від швидкості газів на вході.

Аналізуючи графік можна впевнено сказати, що чим вища швидкість тим вищий показник теплового потоку, а це можна пояснити тим, що чим вища швидкість тим частіше і більш інтенсивніше омиваються зовнішні стінки труб в теплообміннику гарячими димовими газами.

Результати дослідження телового потоку залежно від температури газів наведено на рис 3.7

Аналогічно із швидкістю показник теплового потоку зростає залежно від збільшення температури газів на вході в циклон це можна спостерігати на наведених графіках. Це пояснюється тим, що чим більша температура газів тим більше теплоти буде сприйматися зовнішньою стінкою трубки.

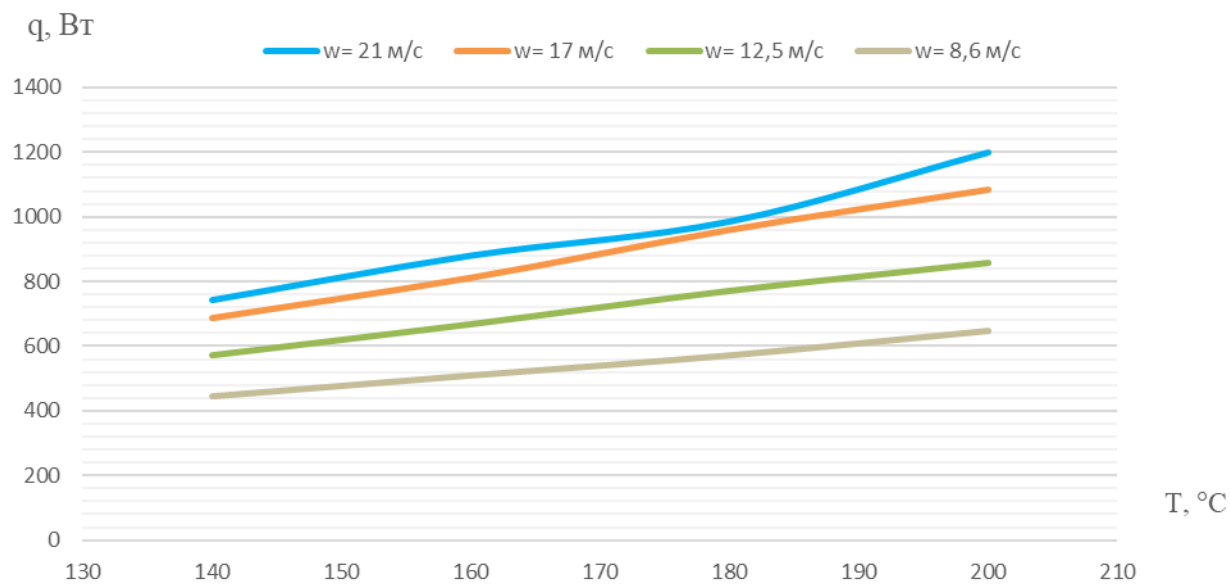


Рисунок 3.7 – Залежність теплового потоку від температури газів на вході.

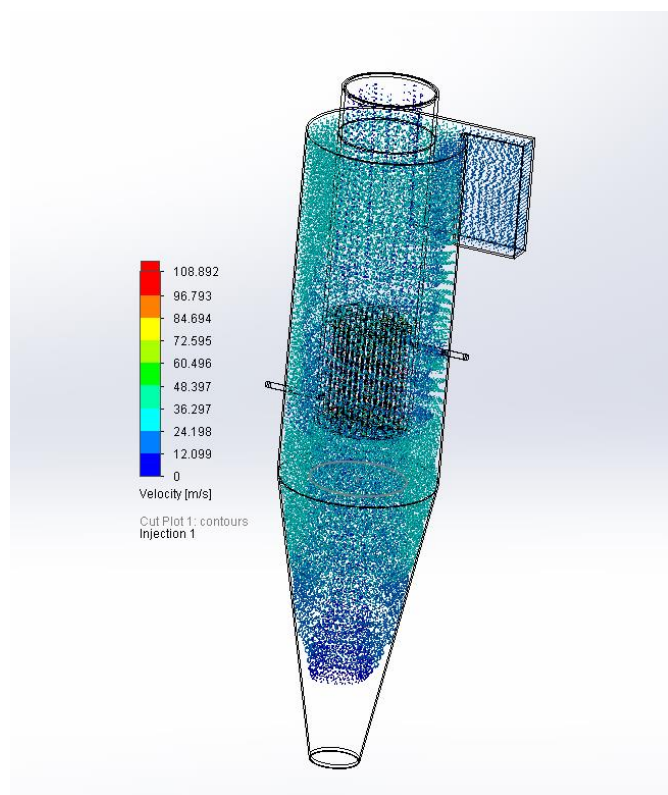


Рисунок 3.8 – Траєкторія руху твердих частинок і розподіл швидкостей

Третє дослідження стосується ступеня очищення димових газів можна сказати, що це основна задача циклонної, яка полягає в доведенні до максимально чистого для довкілля стану відхідних газів. Специалізація теплоенергетиків розвивати технології які дадуть змогу ефективного використання механізмів і нести максимально низький вплив на довкілля.

На рис. 3.9 наведені результати ступеня очищення газів від швидкості газів у відсотках.

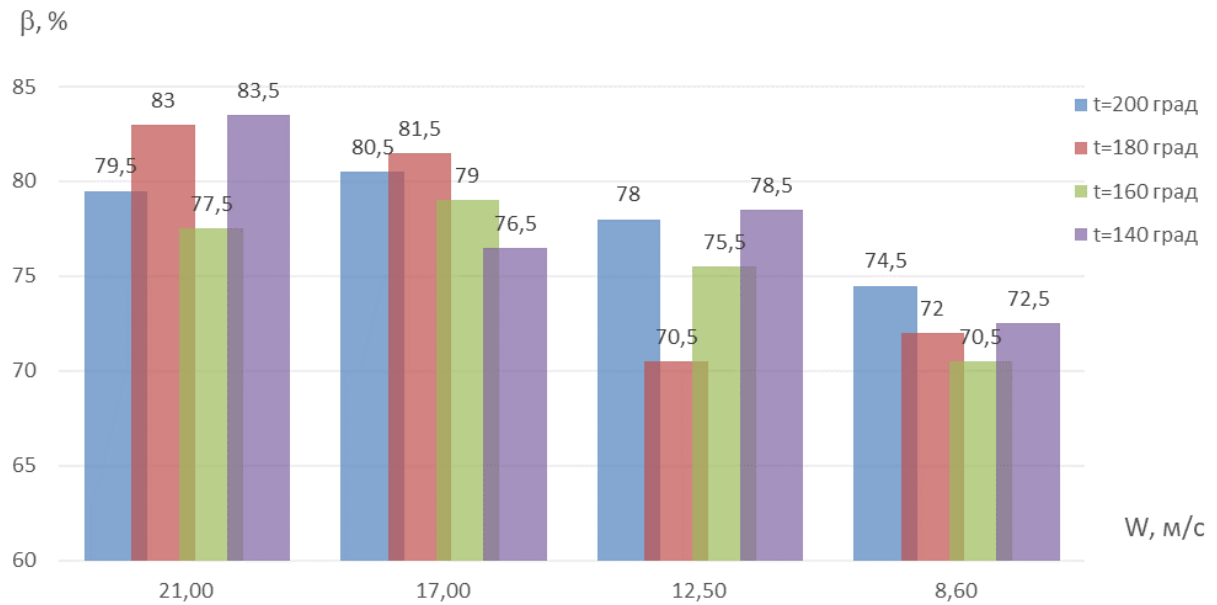


Рисунок 3.9 – Ступінь очищення від швидкості газів на вході.

Із графіку наведена тенденція до збільшення ступеня очищення виходячи із збільшені швидкості але при однаковій швидкості трохи різняться показники при 140 і 180 °C порівняно з 200 і 160 °C (83...83,5%) і (79,5...77,5%) відповідно.

Результати дослідження залежно від температури наведені на рис. 3.10

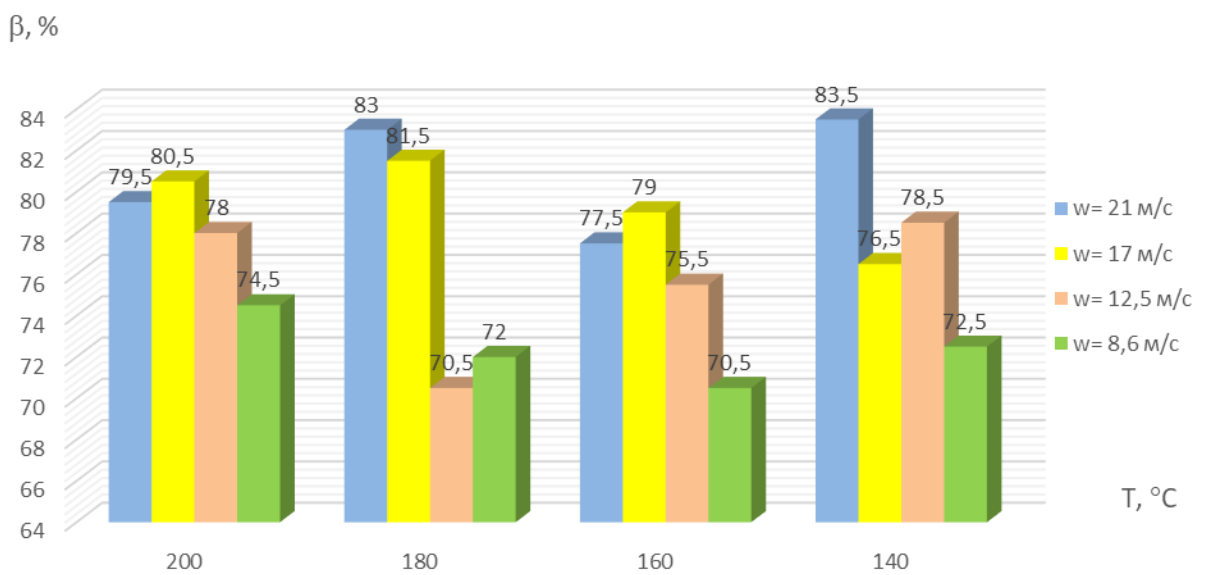


Рисунок 3.10 – Ступінь очищення від температури газів на вході

Якщо аналізувати графік результати дуже різняться між собою однозначної тенденції об'єднавши в групи по температурах не спостерігається. Але наприклад, якщо виділити такі параметри як температура 140, 180 °C і швидкість 21м/с можна сказати точно, що при цих параметрах ступінь очищення найвищий в межах 83%.

3.7 Висновки до розділу 3

Розроблено математичну модель для дослідження показників роботи циклону-утилізатора. Виконано моделювання циклону типу ЦН-15-900 і режимів роботи, циклон застосовується для очищення відхідних газів від твердопаливних котлів, що працюють на трісці деревини, в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. За результатами моделювання отримано фізичні величин, за якими визначено аеродинамічний опір циклона, тепловий потік теплообмінника, ступінь очищення димових газів. Аеродинамічний опір має тенденцію до зростання залежно від швидкості на вході в циклон зростає від найменшого значення 1112 Па до максимального 7778,26 Па, зі збільшенням швидкості відхідних газів і температури в обох випадках зростає показник теплового потоку при температурі 200 °C і швидкості 21 м/с спостерігається максимальне значення 1200,185 Вт. Встановлено що ступінь очищення димових газів в циклопі підвищується із збільшенням швидкості газового потоку на вході в циклон.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологія монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів після котла KE-10-1,4 на трісці деревини

4.1.1 Підбір обладнання системи паливоподачі

Біомаса є екологічно чистим паливом у порівнянні із іншими твердими видами палива, наприклад, вугіллям. Як правило, біомаса містить мало сірки, а її спалювання при відносно невисоких температурах не призводить до утворення окислів азоту. Крім того, завдяки включенню біомаси у природний цикл поглинання, зберігання та вивільнення CO₂, спалювання біомаси не призводить до посилення парникового ефекту та знижує негативний антропогенний вплив на оточуюче середовище; Біомаса, як правило, є більш дешевим паливом у перерахунку на одиницю енергії, ніж інші види традиційних енергоресурсів; при цьому тенденції останніх 20-ти років показують більш швидкі темпи росту цін на традиційні енергоресурси, ніж на відновлювані, і ця різниця з кожним роком збільшується

В даному проекті розробляється технологія монтажу системи подачі паливної тріски до парогенератора KE-10-1,4. Технологічна схема показана на рис. 4.1.

Для забезпечення подачі палива в топку котла використовується системи паливоподачі “Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт [41].

Застосовується для котлів потужністю від 0,5 до 15 МВт на альтернативному паливі (вугілля, торф, тирса, тріска, гранули, пелети, лушпиння, лушпиння соняшника, відходи виробництва, біомаси та інше паливо, фракцією до 100мм) Камера горіння здійснюється з котлової сталі товщиною 10, 20 і 30 мм в залежності від потужності котла.

Система подачі палива і повітря діє синхронно з регуляторами температури котла. Це дозволяє плавно регулювати температуру (і потужність котла) в широкому діапазоні, і дозволяє регулювати температуру в ручному і автоматичному режимі.

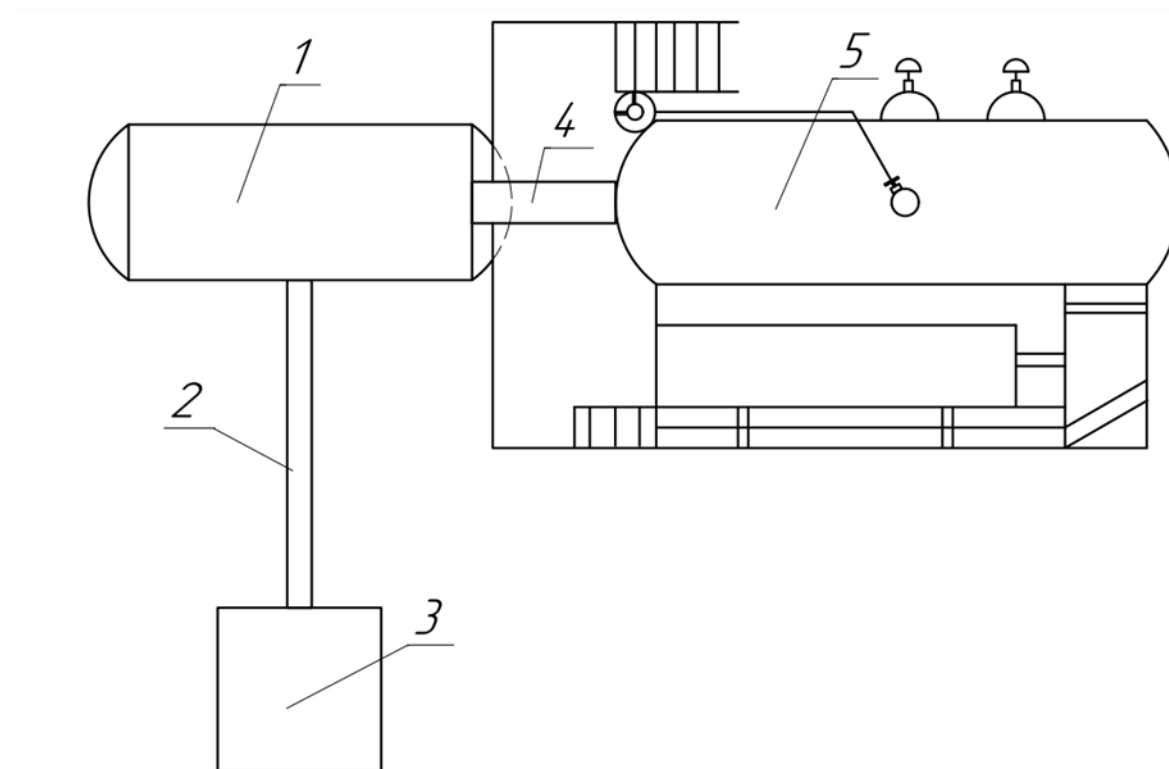


Рисунок 4.1 – Технологічна схема системи паливоподачі “Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт: 1 – паливник для спалювання тріски деревини, 2 – живильний шнек, 3 – живильний бункер, 4 – сопло паливника, 5 – котел KE-10-1,4

Паливо (тріска деревини) із живильного бункера 3, подається живильним шнеком 2, до камери згорання паливника 1, в якому згорає паливо і гази, які утворюються подаються до камери згорання котла 5 в якому відбувається подальше горіння, зола і продукти горіння зсипаються у систему золовидалення.

4.1.2 Характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

На об'єкті монтажу було замінено парогенератор марки ДКВР-20/13 паровидатністю 20 т/год на котел КЕ-10-1,4 паровидатністю 10 т/год, що проектується на спалювання тріски деревини.

Для забезпечення безперебійної подачі палива від складу палива “живе дно” ємністю 200м³ який проектується за межами котельні до живильного бункера використовується шнековий транспортер в жолобі AgroHelix діаметром=200мм і загальною довжиною L=16м. Тип мотору – 1000 об/хв, продуктивність такого шнеку від 15 до 50 т/год. Отже, встановлення 1 шнекового транспортера в жолобі AgroHelix достатньо для використання.

Для забезпечення розрідження за котлом встановлюємо димососа ДН-9. Димосос ДН-9 - одностороннього всмоктування, корпус спіральний поворотний, назад загнуті лопатки, кількість лопаток 16 шт., напрямок обертання - правий чи лівий. Характеристики димососа: потужність = 15 кВт, тиск – 1210-1970 Па, продуктивність 5,1-24,2 тис. м³/год, частота обертання робочого колеса – 1500 об/хв. Отже, встановлення 1 димососа ДН-9 достатньо для використання.

Для забезпечення очистки димових газів встановлюємо циклону типу ЦН-15-900х2УП. Циклон очищає повітряні маси від пилу за рахунок переміщення їх по спіралі в нижню частину пристрою. Це здійснюється за рахунок відцентрової сили, що зміщує сторонні частинки до стінок циклону, після чого вони збираються в бункер. Характеристики циклона: діаметр патрубку - 900 мм, продуктивність – 13700-18290 м³/год, продуктивність 5,1-24,2 тис. м³/год, частота обертання робочого колеса – 1500 об/хв. Отже, встановлення 2 ЦН-15-900 достатньо для очищення димових газів.

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Паровий котел КЕ-10-1,4 [19]	т	1	18853	18553
2	Циклон типу ЦН-15-900х2УП [28]	шт.	1	1780	1780
3	Опорна Конструкція під циклон	шт.	1	233	233
4	Димосос ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв [33]	шт	1	542	542
5	Пальник для спалювання тріски	шт.	1	3310	3310
6	Бункер живильний	шт.	1	1650	1650
7	Живильник для тріски деревини	шт.	1	200	200
8	Шнековий транспортер в жолобі 16м [29]	м	16	50	800
9	Теплоізоляційна плита ШПГТ-450 [30]	шт	730	4	2920
10	Повітропровід оцинкований, 350х474мм, $\delta = 1$ мм [31]	м	9,156	14,5	132,8
11	Коліно 90°, 350х474, $\delta = 1$ мм	шт	3	10,47	31,41
12	Перехід 350х474/900мм, L=400мм, $\delta = 1$ мм	шт	1	16,01	16,01
13	Перехід 512х390/350х474, L=300мм, $\delta = 1$ мм	шт	1	6,57	6,57
14	Трійник 90° 350х474/350х474, $\delta = 1$ мм	шт	1	15,78	15,78
15	Перехід 350х474/594х234, L=300мм, $\delta = 1$ мм	шт	2	6,30	12,6
16	Трійник 90° 540/540, $\delta = 1$ мм	шт	1	24,83	24,83

Продовження табл.4.1.

1	2	3	4	5	6
17	Перехід 540/350x474, L=400мм, $\delta = 1$ мм	шт	2	7,58	15,16
18	Димова труба самонесуча D=1400мм [32]	шт	1	4544	4544
					34787,1
Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу парового котла КЕ-10-1,4 [35]					
19	Кисень технічний газоподібний	м ³	1	3,87	3,87
20	Натр їдкий [сода каустична] технічний, марка ГР	т	1	0,00152	0,00152
21	Тонколистовий прокат із сталі вуглецевої звичайної якості та якісної, гарячекатаний з обрізними кромками, товщина 3,9 мм	т	1	0,00152	0,00152
22	Вода технічна	т	1	0,23	0,23
23	Набивки плетені просочені азбестові, круглі, квадратні, марка АП-31, діаметр, сторона квадрата 6-14 мм	т	1	0,00015	0,00015
24	Металеві прокладки	т	1	0,00571	0,00571
25	Пароніт	т	1	0,00015	0,00015
26	Пропан-бутанова суміш	т	1	0,0011	0,0011
Для монтажу фундаменту під котел [41]					
27	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0,37	0,018	0,007
28	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 4 мм	т	0,37	0,0073	0,0027
29	Рядно	м ²	0,37	10,1	3,74
30	Цвяхи будівельні 4 мм x 120 мм	т	0,37	0,011	0,0041
31	Лісоматеріали круглі хвойних порід для будівництва, довжина 3 м – 6,5 м, діаметр 14 см – 24 см	м ³	0,37	0,17	0,0063

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6
32	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4 м – 6,5 м, ширина 75 мм – 150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м ³	0,37	0,17	0,0063
33	Щити опалубки, ширина 300 мм – 750 мм, товщина 40 мм	м ²	0,37	13,62	5,04
34	Вода	м ³	0,37	2,868	1,06
35	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В 7,5 [М 100], крупність заповнювача більше 40 мм	м ³	0,37	102	37,74
Для монтажу циклону типу ЦН-15-900х2УП [38]					
36	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	1	2,7	2,7
37	Каболка	т	1	0,00002	0,00002
38	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	1	0,00004	0,00004
39	Оліфа комбінована К-3	т	1	0,00002	0,00002
40	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42	т	1	0,0128	0,0128
41	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0055	0,0055
Для монтажу опорної конструкції [37]					
42	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-[14] мм	т	1	0,00044	0,00044
43	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6х50 мм	т	1	0,00001	0,00001
44	Канати прядив'яні просочені	т	1	0,0001	0,0001
45	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	м ³	1	0,00003	0,00003
46	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	1	0,00194	0,00194
47	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	1	0,0004	0,0004
48	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	1	0,0090	0,0090
49	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0040	0,0040

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6
50	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4- 6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, I сорт	м ³	1	0,00103	0,00103
51	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	1	0,00031	0,00031
52	Розчинник, марка Р-4	т	1	0,00006	0,00006
53	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10м	1	0,0187	0,0187
Для монтажу димососа ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв [36]					
54	Кисень технічний газоподібний	м ³	1	1,6	1,6
55	Поковки з квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	1	0,02	0,02
56	Порошок графітовий	кг	1	0,8	0,8
57	Пропан-бутан технічний	м ³	1	0,2052	0,2052
Для монтажу живильного бункера [37]					
58	Болти із шестигранною головкою оцинковані, діаметр різьби 12-14 мм	т	1	0,00044	0,00044
59	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6х50 мм	т	1	0,00001	0,00001
60	Канати прядив'яні просочені	т	1	0,0001	0,0001
61	Кисень технічний газоподібний	м ³	1	1,95	1,95
62	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	т	1	0,00003	0,00003
63	Швелери N 40 з гарячекатаного прокату із сталі вуглецевої звичайної якості, марка Ст0	т	1	0,00194	0,00194
64	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, I сорт	м ³	1	0,00103	0,00103
65	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	1	0,00031	0,00031
66	Розчинник, марка Р-4	т	1	0,00006	0,00006

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6
67	Канат подвійного звивання, тип ТК, оцинкований, з дроту марки В, маркірувальна група 1770 Н/мм ² , діаметр 5,5 мм	10м	1	0,0187	0,0187
68	Пропан-бутан технічний	м ³	1	0,5900	0,5900
Для монтажу пальника [35]					
69	Електроди, діаметр 3 мм, марка Э55	т	1	0,007	0,007
Для монтажу живильника для тріски деревини [35]					
70	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э46	т	1	0,00119	0,00119
Для монтажу теплоізоляційних плит [39]					
71	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 1,6 мм	т	54,74	0,0029	159
72	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення оцинкований, діаметр 6,0 мм - 6,3	т	54,74	0,00193	106
73	Мастика вапняно-кремнеземиста	м ³	54,74	0,01	0,547
74	Плити «Престеплиз» теплоізоляційні вапняно-кремнеземисті М450	м ³	54,74	1,03	56,38
75	Вода	м ³	54,74	0,004	0,219
Для монтажу шнекового транспортеру [35]					
76	Азбестовий картон загального призначення [КАОН-1], товщина 4 та 6мм.	т	1,6	0,001	1,6
77	Картон будівельний прокладний, марка А	т	1,6	0,001	1,6
78	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1,6	0,003	4,8
Для гідравлічного випробовування парового котла [35]					
79	Дріт зварювальний легований, діаметр 2 мм	т	1	0,0002	0,0002
80	Вода технічна	т	1	32	32
81	Аргон газоподібний, сорт 1	м ³	1	0,285	0,285
82	Електроди ТМУ-21Х, тип Э50, 08 або СВ08А	т	1	0,00219	0,00219

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6
Для прокладання повітропроводу оцинкованого, 350x474мм [38]					
83	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], діаметр 8,0- 10,0 мм	т	0,26	0,0031	0,081
84	Вироби гумові технічні морозостійкі	кг	0,26	2,81	0,0731
85	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0,26	0,00053	0,012
86	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0,26	0,02265	0,59
87	Емульсія мильна	т	0,26	0,0012	0,031
Для монтажу автоматики [40]					
88	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	1	0,0022	0,0022
89	Пароніт	т	1	0,00003	0,00003
Для монтажу димової труби [37]					
90	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 10 мм	т	4,544	0,00253	11,5
91	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8x60 мм	т	4,544	0,00001	0,045
92	Канати прядив'яні просочені	т	4,544	0,0001	0,045
93	Кисень технічний газоподібний	м ³	4,544	1,95	8,86
94	Розчинник для лакофарбових матеріалів N 649	т	4,544	0,00006	0,272
95	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3,75 м, ширина 75-150 мм, товщина 16 мм, II сорт	м ³	4,544	0,0010	0,0045
96	Шпали просочені для залізниць широкої колії, обрізні та необрізні хвойні [крім модрини], тип II	шт	4,544	0,0800	0,363
97	Окремі конструктивні елементи будівель та споруд [колони, балки, ферми, зв'язки, ригелі, стояки тощо] з перевагою товстолистової сталі, середня маса складальної одиниці до 0,5 т	т	4,544	0,0105	47,7
98	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	4,544	0,00031	1,4
					460,72

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

Загальна маса обладнання і матеріалів для доставки становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{доп.мат}} + \Sigma M_{\text{доп.обл}} = 34787,1 + 460,72 + 3398 = 38646 \text{ (кг)}.$$

4.1.4 Склад робіт

1. Укладка фундаменту для монтажу великогабаритного обладнання.
2. Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування.
3. Розмітка місць прокладання шнеку і газоходів.
4. Монтаж парового котла КЕ-10-1,4 паливо тріска деревини.
5. Встановлення автоматики котла.
6. Встановлення системи паливоподачі “Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт.
7. Монтаж шнекового транспортеру в жолобі AgroHelix D-200мм L-16м .
8. Монтаж опорної конструкції під циклон.
9. Установка циклону типу ЦН-15-900х2УП.
10. Установка димососа ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв.
11. Прокладання газоходів 350х474мм і фасонних деталей.
12. Монтаж самонесучої димової труби D=1400мм.
13. Гідравлічне випробовування парових котлів
14. Влаштування теплової ізоляції з вапнянокремнезистих плит для котла
15. Повернення допоміжного обладнання на склад.

4.1.5 Об'єм робіт

1. Укладка фундаменту для монтажу великогабаритного обладнання. Одиниці вимірювання – 100 м³. Загальний об'єм фундаменту 36,6 м³. Отже, приймаємо $V=0,37$.
2. Транспортування деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання - тонна. Загальна вага усіх деталей 38646 кг . Приймаємо об'єм $V= 38,6$.
3. Розмітка місць прокладання шнекового транспортеру і газоходів. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі газоходів і транспортерів складає $L= 16 + 24,281 = 40,281$ м. Приймаємо $V=0,403$.
4. Монтаж парового котла КЕ-10-1,4. Одиниці вимірювання - тонна. У системі встановлюється 1 котел масою 18853 кг . Отже, приймаємо $V=18,9$.
5. Встановлення палинкової системи “Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт. Одиниці вимірювання - тонна. Встановлюється одна система масою 5150 кг. Отже, приймаємо $V=5,2$.
6. Монтаж шнекового транспортеру в жолобі AgroHelix D=220мм L=16м. Одиниці вимірювання - тонна. Довжина шнеку складає 16 м, маса шнеку 800 кг, отже, приймаємо $V=0,8$.
7. Монтаж опорної конструкції під циклон. Одиниці вимірювання - тонна. Маса металевої конструкції 233 кг, отже, приймаємо $V=0,23$.
8. Установка циклону типу ЦН-15-900х2УП. Одиниці вимірювання – 10 шт. У системі встановлюється два циклони. Отже, приймаємо $V=0,2$.
9. Установка димососа ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв. Одиниці вимірювання – 1 шт. У системі встановлюється один димосос, отже, приймаємо $V=1$.
10. Прокладання газоходів 350х474мм і фасонних деталей. Одиниці вимірювання – 100 м² поверхні газоходів. Загальна площа поверхні газоходів 69. Приймаємо об'єм $V= 0,69$.

11. Монтаж самонесучої димової труби $D=1400\text{мм}$. Одиниці вимірювання – тонна конструкції. Загальна вага димової труби 4544 кг . Приймаємо об’єм $V= 4,544$.

12. Гідравлічне випробовування парових котлів. Одиниці вимірювання комплект. Для випробування котла обираємо 1 комплект. Приймаємо $V=1$.

13. Монтаж ізоляції теплової з вапнянокремнезистих плит у два шари. Одиниця виміру - 1 м^3 . Загальний об’єм поверхні, яку ізолюють $54,74\text{ м}^3$.

Отже, приймаємо $V=54,74$.

14. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання - тонна. Загальна вага допоміжного обладнання 3398 кг . Приймаємо об’єм $V= 3,4$.

4.1.6 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Для доставки обладнання, матеріалів і виробів для монтажу парового котла і іншого габаритного обладнання доставляється централізовано автомашиною тягач “MAN TGX” з 12-метровим контейнером. Оскільки загальна вага усього обладнання і допоміжних матеріалів становить 38,392 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за два рази. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики “MAN TGX” з 12-метровим контейнером [34]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об’єм	м^3	68
Вантажопідйомність	т	20-28
Габарити: Довжина Ширина Висота	м	12 2,4 2,4

Необхідна кількість пального для пересування транспорта

$$Q_1 = q_1 \cdot 2 \cdot n \cdot L / 100, \quad (4.1)$$

$$Q_1 = 20,6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 40 / 100 = 32,96 \text{ л.}$$

де n – кількість ходок;

L – відстань від монтажного майданчику до заготівельного складу, км.

Для розвантажування і переміщення габаритного обладнання використовується автомобільний кран КС-3575А з характеристиками які наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомобільного крану КС-3575А [35]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Висота підйому	м	15
Вантажопідйомність	т	10
Висота стріли	м	15,5

$$Q_1 = q_1 \cdot 2 \cdot n \cdot L / 100,$$

$$Q_1 = 50 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 40 / 100 = 40 \text{ л.}$$

Необхідна кількість пального для роботи автокрану КС-3575А

$$Q = q \cdot \tau, \quad (4.2)$$

$$Q = 6 \cdot 3,42 = 20,52 \text{ л.}$$

де q – норма на роботу автокрану, л/год;

τ – тривалість роботи автокрану, год.

Для розвантажування і переміщення габаритного обладнання використовується автомобільний кран МАЗ КС-4571 з характеристиками які наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики автомобільного крану МАЗ КС-4571 [36]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Висота підйому	м	28
Вантажопідйомність	т	20
Висота стріли	м	24

$$Q_1 = q_1 \cdot 2 \cdot n \cdot L / 100,$$

$$Q_1 = 50 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 40 / 100 = 40 \text{ л.}$$

Необхідна кількість пального для роботи автокрану МАЗ КС-4571

$$Q = q \cdot \tau, \quad (4.3)$$

$$Q = 6 \cdot 5,17 = 31,02 \text{ л.}$$

Для виконання зварювальних робіт використовуємо зварювальний апарат Mächtz MWM-315 MIG/MAG/MMA/TIG, напівавтомат 4 в 1 (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики зварювального апарату [37]

Величина	Одиниця виміру	Значення
Потужність	кВт	7,8
Напруга	В	160-250
ККД	%	90
Діаметр електродів	мм	1-5
Мінімальний зварювальний ток	А	20
Мінімальний діаметр дроту	мм	0,6
Максимальний діаметр дроту	мм	1
Габаритні розміри	мм	220 x 460 x 280
Вага	кг	10,8

Витрата електроенергії на роботи електроприладів

$$N = P \cdot \tau, \quad (4.4)$$

$$N = 7,8 \cdot 225 = 1755 \text{ (кВт·год)}.$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – тривалість роботи приладу, год;

Тривалість роботи зварювального апарату

$$\tau = (16+0,988+0,543+3,26+3,26+1,475+0,388+2,2) \cdot 8 = 225 \text{ (год)}.$$

Для монтажу автоматики котла обираємо гайковерт електричний Metabo SSW 650 з такими технічними характеристиками [31]:

- Крутний момент – 600 Нм;
- Розмір посадкового місця – 1/2;
- максимальна кількість ударів – 2800 уд/хв.
- число обертів – 2100 об/хв ;
- потужність – 650 Вт;
- вага – 3 кг.

$$N = P \cdot \tau,$$

$$N = 0,650 \cdot 6,6 = 4,29 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Тривалість роботи електричного гайковерту

$$\tau = 0,825 \cdot 8 = 6,6 \text{ (год)}.$$

Гідравлічне випробування парового котла на міцність та щільність виконуємо за допомогою електричного опресовувача ROTHENBERGER RP PRO III [32]. Його характеристики: потужність – 1,3 кВт; продуктивність – 6 л/мин; максимальний тиск – 40 бар; габарити – 380x286x298 мм; вага обладнання – 17,5 кг.

$$N = P \cdot \tau,$$

$$N = 1,3 \cdot 23 = 29,9 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Тривалість роботи електричного опресовувача

$$\tau = (1,44+1,418) \cdot 8 = 23 \text{ (год)}.$$

Для виконання такелажних робіт використовуємо лебідку електричну монтажну ATK KCD-HD. З характеристиками вказаних в таблиці 4.6

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики лебідки електричної ATK KCD-HD [33]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кг	5000
Швидкість навивки каната	м/хв	12
Діаметр троса	мм	15
Канатоємність	м	80
Потужність двигуна	кВт	7,5
Габарити:		
Довжина	мм	1080
Ширина	мм	540
Висота	мм	630
Маса	кг	350

$$N = P \cdot \tau,$$

$$N = 7,5 \cdot 168 = 1268 \text{ (кВт·год)}.$$

Тривалість роботи електричного опресовувача

$$\tau = (5,53+14,73+0,84) \cdot 8 = 168 \text{ (год)}.$$

Для пересування котла до місця монтажу використовуємо лебідку маневрову ЛЕМ-20. З характеристиками вказаних в таблиці 5.6

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики лебідки електричної ЛЕМ-20 [34]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля	т	20
Діаметр канату	мм	39
Канатоємність	м	До 200
Потужність двигуна	кВт	30
Габарити:		
Довжина	мм	2250
Ширина	мм	2690
Висота	мм	1700
Маса	кг	3000

Витрата електроенергії на роботи електроприладів

$$N = P \cdot \tau,$$

$$N = 30 \cdot 32 = 960 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Тривалість роботи електричної лебідки

$$\tau = 3,969 \cdot 8 = 32 \text{ (год)}.$$

Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів загальна маса такого набору становить 11,75 кг.

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає:

$$\Sigma M_{\text{інст.}} = 10,8 + 5 + 17,5 + 350 + 11,75 + 3 + 3000 = 3398,05 \text{ (кг)}.$$

4.1.7 Визначення складу ланок для виконання монтажних робіт

1. Укладка фундаменту для монтажу великогабаритного обладнання – будівельник 3 розряду (3 люд.), 4 розряду (1 люд.).
2. Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування – 1 водій і вантажник (2 люд.).
3. Розмітка місць прокладання шнеку і газоходів – монтажник 6 і 3 розрядів (по 1 люд.).
4. Монтаж парового котла КЕ-10-1,4 паливо тріска деревини – монтажник 6,5 розрядів (по 1 люд.) і 4,3 розрядів (по 2 люд.).
5. Встановлення автоматики котла – монтажник 3 і 6 розрядів (по 1 люд.).
6. Встановлення системи паливopодачі “ Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт – монтажник 3 розряду (3 люд.), 4 розряду (3 люд.) і 6 розряду (1 люд.).
7. Монтаж шнекового транспортеру в жолобі AgroHelix D=200мм L=16м – монтажник 2,3,4 і 5 розрядів (по 1 люд.).
8. Монтаж опорної конструкції під циклон – монтажник 2,3,4 і 5 розрядів (по 1 люд.).
9. Установка циклону типу ЦН-15-900х2УП – монтажник 3,4 і 6 розрядів (по 1 люд.).
10. Установка димососа ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв – монтажник 2,3,4 і 6 розрядів (по 1 люд.).
11. Прокладання газоходів 350х474мм і фасонних частин – монтажник 2,3,4 і 5 розрядів (по 1 люд.).
12. Монтаж самонесучої димової труби D=1400мм – будівельник 6,4 і 3 розрядів (по 1 люд.).
13. Гідравлічне випробовування парових котлів – монтажник 6 і 4 розряду (1люд.).

14. Влаштування теплової ізоляції з вапнянокремнезистих плит для котла – монтажник 3 розряду (3 люд.), 2 розряду (2люд.) і 4 розряду (1люд.).

15. Повернення допоміжного обладнання на склад - 1 водій і вантажник.

4.1.8 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Результати розрахунків трудомісткості виконання монтажних робіт наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Визначення трудомісткості виконання робіт

№ роботи	Найменування робіт	Об'єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд.-год	Тривалість, днів	Кількість	
						Виконавців	Змін
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Укладка фундаменту для монтажу великогабаритного обладнання	0,37	253	11,7	3,9	3	1
2	Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування	38,6	4,4	21,23	7,1	3	1
3	Розмітка місць прокладання шнеку і газоходів	0,403	4	0,201	0,101	2	1
4	Монтаж парового котла КЕ-10-1,4 паливо тріска деревини	18,9	48.02	113,4	9,45	6	2
5	Встановлення автоматики котла	1	11,2	1,4	0,35	4	1
6	Встановлення системи паливоподачі “Wichlacz BIOPAL-NIK” потужністю 5 MWt	5,2	166,08	108	15,4	7	1

Продовження табл.4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Монтаж опорної конструкції під циклон	0,23	74,08	2,13	0,53	4	1
8	Монтаж шнекового транспортеру в жолобі AgroHelix D=200мм L=16м	0,8	56	5,6	1,4	4	1
9	Установка циклону типу ЦН-15-900х2УП	0,2	384,2	9,6	3,2	3	1
10	Установка димососа ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв	1	35	4,4	1,1	4	1
11	Прокладання газоходів 350х474мм і фасонних частин	0,26	348,5	11,3	2,8	4	1
12	Монтаж самонесучої димової труби D=1400мм	4,52	83,52	47,2	7,9	6	1
13	Гідравлічне випробовування парових котлів	1	98	12,25	6,12	2	1
14	Влаштування теплової ізоляції з вапнянокремнезистих плит для котла	54,75	17,76	121,54	8,103	5	3
15	Повернення допоміжного обладнання на склад	3,4	4,4	1,87	0,935	2	1

4.2 Функціональна схема автоматизації парогенератора KE-10-1,4

4.2.1 Характеристика технологічного обладнання

Незалежно від модифікації, паровий котел призначений для отримання пари високої температури. При цьому тиск води, що знаходиться в газоподібному стані всередині котла, завжди перевищує атмосферний.

Твердопаливний паровий котел KE 10-14 - двобарабанный, вертикально-водотрубний котел з природною циркуляцією, обладнаний шаровими механічними топками зворотного ходу. Завантаження палива та видалення золи механізовані. Для роботи на альтернативних видах палива (тріска деревини, лушпиння соняшника, пелети

і т.д.) обладнується спеціально призначеним для цього твердопаливним предтопком відповідної потужності.

Всі котли серії КЕ мають механічну шарову топку, де відбувається процес горіння твердого палива і камеру догорання, розділені між собою цегляною стіною. Саме камера догорання дозволяє підвищити ККД котла до 85% за рахунок згорання в ній горючих газів. Парові котли серії КЕ можуть працювати як на вугіллі, так і на альтернативних видах палива. Твердопаливні котли серії «(КЕ)», ряд переваг, а саме: Водоохолоджувальний передній фронт, який дає додаткову поверхню теплообміну, покращує циркуляцію теплоносія і знижує температуру поверхні переднього фронту; газощільна конструкція трубної частини; легка теплоізоляція; з'ємне облицювання котла; товщина верхнього барабана 14 мм; високоефективний паросепараційний пристрій; надійні європейські комплектуючі; можливість роботи з похило-перештовхувальними ґратками та вихровими топками для спалювання біопалива.

4.2.2 Опис технологічного процесу

Вода з економайзера надходить у верхній барабан і змішується з котловою водою. Частина води з верхнього барабана по циркуляційним трубам кип'ятильного пучка надходить в нижній барабан. Далі вода піднімається, нагріваючись, по пароводяним з'єднанням і потрапляє в верхній барабан. Частина води направляється в нижні колектори по опускним трубам. Далі вода, піднімаючись в верхній барабан, нагрівається в екранних трубах і в верхньому барабані утворюється пара. Пара проходить через сепараційні механізми для відділення вологи. Зневоднений пар готовий надходити для використання в технологічних процесах або ж в пароперегрівач для досягнення більш високих температур.

4.2.3 Регулювання рівня в барабані котла

При відхиленні рівня можливе перегорання екранних труб (при падінні рівня) чи закидання води в пароперегрівник і турбіну, що в загальному приведе до аварійної ситуації. У динамічному відношенні барабанний котел, як об'єкт регулювання, має деякі особливості, що утруднюють його автоматизацію.

Вимоги до якості:

$$\Delta L_6 = 70 \div 100 \text{ мм};$$

У наслідок того, що зміна рівня безпосередньо не відбивається на витраті пари чи подачі води, самовирівнювання об'єкта відсутнє як на припливі, так і на стоці. Положення рівня в барабані залежить не тільки від кількості води, акумульованої в його внутрішньому обсязі, але і від змісту в цьому обсязі пазирів пари, що утворюються при обігріві зовнішніх поверхонь екранних труб топковими газами. Чим інтенсивніша передача тепла через поверхні нагрівання, тим більше вмісту пари в паровій суміші (емульсії), що заповнює обсяг котла.

У сталому стані котел знаходиться в динамічній рівновазі: зміст пари в емульсії постійний в часі і за умови, що приплив живильної води в котел дорівнює витраті пари, рівень у барабані знаходиться в одному положенні.

На рис. 4.2 показана спрощена модель барабана-сепаратора, як об'єкта керування.

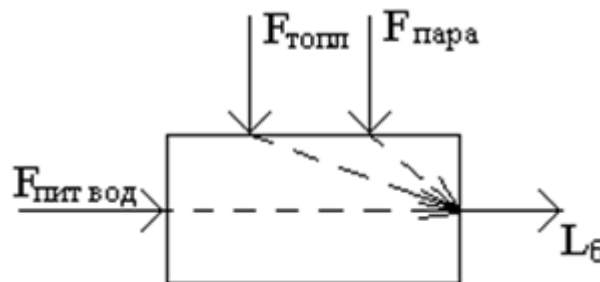


Рисунок. 4.2 - Спрощена модель барабана

Динамічні властивості котла, як об'єкта регулювання зображено на кривих розгону на рис. 4.3 - за рахунок однократної східчастої зміни витрати живильної води $F_{\text{пит}}$ і на рис. 4.4 - за рахунок аналогічної зміни витрати пари.

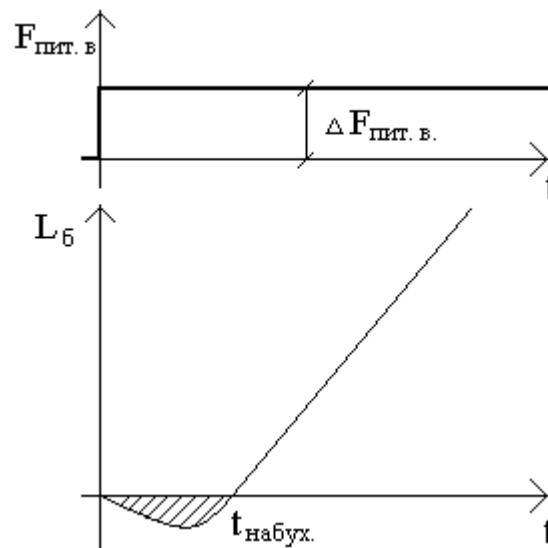


Рисунок 4.3 - Крива розгону при однократній східчастій зміні витрати живильної води

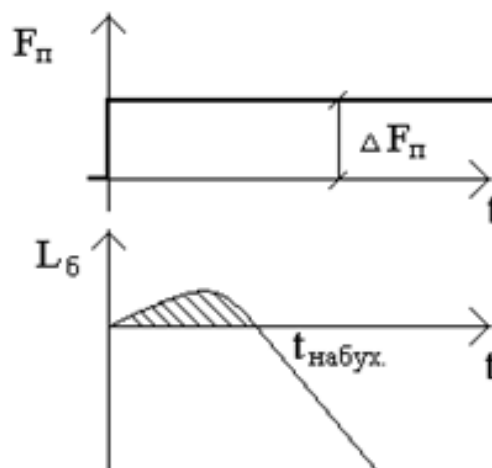


Рисунок 4.4 - Крива розгону при однократній східчастій зміні витрати пари

З графіка на рис. 4.3 видно, що збурювання первісно викликало відхилення рівня в негативному напрямку внаслідок охолоджувальної дії води, що на початку, через

зменшення питомого обсягу пароводяної суміші, викликає зниження рівня, незважаючи на те, що приплив після збурювання перевищує витрату пари. Тільки в момент $t_{\text{набух}}$ почалося закономірне підвищення рівня, що поступово прийняло форму прямої, характерної для об'єктів без самовирівнювання. Це явище називається ефектом набрякання.

Аналогічно, неадекватне характеру впливу поведінки спостерігається і на рис. 4.4.

Порушення сталого теплового стану об'єкта також приводить до зміни вмісту пазирів пари в частинах котла, що обігриваються. Це викликає зміни щільності пароводяної емульсії, а отже, й займаного нею обсягу. При цьому рівень відхиляється від рівноважного положення незалежно від того, наскільки точно підтримується матеріальний баланс по робочому тілу (воді) і пари.

Варто помітити, що особливості динаміки рівня води в барабані-сепараторі більше виявляються зі зниженням робочого тиску пари, через те, що різниця живильної води і насиченої пари тим більше, чим нижче тиск. Тому САК живлення на котлах низького тиску працюють у гірших умовах, чим при високому тиску.

У зв'язку з даними особливостями будуються багатоконтурові системи, однак, коли котли малопотужні, можливе застосування одноконтурових систем.

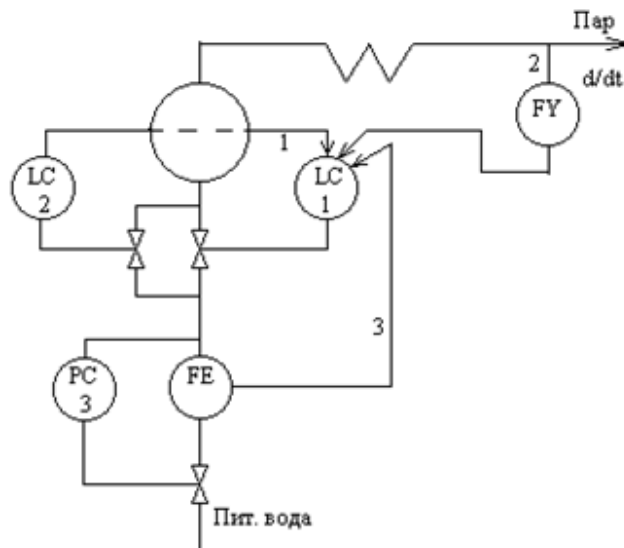


Рисунок 4.5 - Функціональна схема трьохконтурової системи керування

На рис. 4.5 показана функціональна схема трьохконтурової системи керування живленням барабанного котла, що є на сьогодні типовою для котлів великої продуктивності. Регулятор рівня 1 одержує інформацію про відхилення рівня води від заданого в барабані - сепараторі, про витраті пари від диференціатора 2 і витраті живильної води 3. Така система виявляється інваріантною по відношенню до збурювання, що йде з боку регулюючого впливу - витрати води, і з боку парового навантаження.

Вплив по витраті пари корегує роботу регулятора рівня 1 при змінах парового навантаження ще до появи відхилення. Імпульс по витраті живильної води також дозволяє випередити порушення матеріального балансу між живильною водою і паром.

Вплив по рівню необхідний для динамічної стабілізації процесу регулювання, а також для зменшення помилок, що з'являються за рахунок неточного обліку впливу змін витрати води і пара. Іноді застосовують схеми регулювання зі стабілізацією параметру тиску на регулюючому живильному клапані - контур 4. У цьому випадку, положення рівня, підтримуваного регулятором живлення 1 чи 5, не залежить від коливання тиску води в живильних магістралях.

4.2.4 Регулювання тиску пари на виході з барабана котла

Теплове навантаження - це кількість тепла, подаваного до котлової установки у вигляді палива.

Парове навантаження - кількість пари, споживаної споживачем.

При регулюванні навантаження парових установок необхідно підтримувати витрату палива відповідно до парового навантаження котлів.

САР теплового навантаження будується за умови забезпечення теплового балансу, дотримання якого контролюється по тиску пари в якій-небудь точці паропроводу.

Вимоги по пари: відхилення тиску пари, подаваної споживачу, не повинне перевищувати 3-5% від номінального.

Динамічні властивості об'єкта:



Рисунок. 4.6 - Паровий котел, як об'єкт регулювання теплового навантаження.

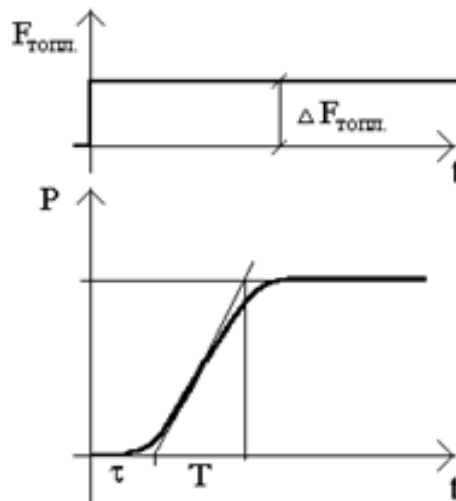


Рисунок.4.7 - Крива розгону по каналу: витрата палива - тиск пари.

$$\frac{\tau}{T} = 0,2 \div 0,4;$$

$$T = 10 \div 300 \text{ с.}$$

Зі збільшенням подачі палива збільшується паротворення, отже, тиск росте, але з підвищенням тиску температура падає і при цьому величина тиску стає постійною.

У випадку блокового компонування будується одноконтурова система. Коли збурювання йдуть з боку подачі палива, то застосовують каскадні системи. Якщо мі-

няється теплотворна здатність палива, то застосовують додатковий сигнал по швидкості зміни тиску в барабані РУ. Завдання ускладнюється, якщо використовують тверде паливо, але тому що САК тепловим навантаженням, як правило, розробляється разом із САК горіння (співвідношення паливо-повітря), тому специфіка використання твердого палива враховується в САК горіння.

При дотриманні балансу між тепловим і паровим навантаженнями забезпечується сталість тиску в якій-небудь точці парового тракту між котлом і турбіною.

4.2.5 Керування процесами горіння в топці котла

Коефіцієнт витрати повітря необхідно підтримувати:

- Для пальників, що працюють на газовому паливі, $\alpha=1,05 \div 1,1$;
- Для пальників, що працюють на рідкому паливі, $\alpha=1,1 \div 1,2$;
- Для пальників, що працюють на твердому паливі, $\alpha=1,2 \div 1,4$.

При зміні витрати повітря виникають деякі проблеми через форму повітряпровода. Як правило, повітряпровід являє собою короб прямокутної форми. Така особливість спричиняє неможливість застосування звужуючих пристроїв. Тому витрату повітря оцінюють побічно за допомогою пневмометричних трубок або по перепаду тиску на якому-небудь опорі.

Однак дані способи вносять погрішності у вимір витрати повітря і тому широко поширене введення зворотного зв'язку по параметрах спалювання є проблематичним. Витрату повітря змінюють шляхом зміни продуктивності дуттєвого вентилятора за рахунок впливу на жалюзі направляючого апарату через виконавчий механізм за допомогою тиристорного перетворювача частоти.

4.2.6 Вибір засобів автоматизації

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

Контролери

Для керування роботою котла обираємо програмний логічний контролер Easy modicon M200 [66]

Easy modicon M200 - логічних контролерів з підтримкою до 168 входів/виходів і керуванням рухом по 2 осям. Цей логічний контролер має 16 звичайних входів, 4 швидких входи, 4 високошвидкісних входи, 16 вихідних транзисторних виходів, включаючи 2 швидких виходи. Напруга живлення 24 В постійного струму. Має 1 порт послідовного зв'язку (RS 485) та порт USB, призначений для програмування Цей контролер підходить за доступною ціною, без шкоди для простоти, надійності, доступності та сервісу. Він оснащений ПІД-регулятором процесу, валом відбору потужності, ШІМ і PLS-регулятором положення. Гранична напруга (з урахуванням пульсацій) становить від 20,4 до 28,8 В постійного струму. Максимальне споживання - 18 Вт. Розміри: 175 мм завширшки x 70 мм завглибшки x 90 мм заввишки. Вага 0,522 кг.

Цей логічний контролер спеціально розроблений для текстильної промисловості, верстатобудування, пакування, опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, вантажно-розвантажувальних робіт, насосів, підйомників і машин для електронної збірки. Цей виріб сертифіковано CE, CSA, IACS E10, RCM та CULus. Він відповідає стандартам EN/IEC 61010-2-201 та EN/IEC 61131-2. Цей контролер сумісний з додатковими картриджами, які забезпечують розширення цифрових входів/виходів, аналогових входів/виходів і портів зв'язку Serial Link. Підтримує монтаж на DIN-рейку.

Вимірювання температури

Для вимірювання температури води, пари та газів вибираємо термометри опору типу Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000, які призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ в різних галузях промисловості. [65]

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики термометра опору Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000

Технічні характеристики	
Нижній діапазон температур	0
Верхній діапазон температур	100
Діаметр зонда	9
Приєднання до процесу	G 1/2
Вихід	Pt 100
Аналоговий вихід	4-20 mA
Матеріал корпусу	Алюміній

Датчики температури Endress+Hauser - це високоякісні прилади, які використовуються для вимірювання температури рідин, газів та інших середовищ.

Датчики Endress+Hauser виготовляються з високоякісних матеріалів та відповідають найвищим стандартам якості. Для підвищення надійності вимірювання температури, термоперетворювач опціонально комплектується нормувальним перетворювачем з різними типами проколу передачі даних (4/20mA, HART, Profibus PA, FOUNDATION Fieldbus). Різні приєднання до процесу і матеріали змочуваних частин забезпечують універсальність застосування.

Термодатчики Endress+Hauser доступні в різних моделях, які відрізняються діапазоном вимірювання, точністю та конструктивними особливостями. Датчики Endress+Hauser можуть бути виготовлені з різних матеріалів, в тому числі нержавіючої сталі, латуні та бронзи. Вони також можуть бути оснащені різними типами вимірювальних перетворювачів, в тому числі терморезисторами, термопарами та термоелементи.

Вимірювання тиску

Для вимірювання тиску вибираємо датчик тиску Danfoss MBS 1700

Перетворювачі тиску MBS 1700 складаються з первинного перетворювача й електронного пристрою. Середовище під тиском подається в камеру первинного перетворювача та деформує його мембрану, що призводить до зміни електричного опору розташованих на ній напівпровідникових тензорезисторів, доданих в електричний ланцюг ділителя напруги, внаслідок чого первинний перетворювач видає сигнал напруги. Електронний пристрій перетворює електричний сигнал на уніфікований струмовий вихідний сигнал [64] .

- Корпус і деталі, що контактують із середовищем, виготовлені з кислотостійкої неіржавкої сталі (AISI 316L);
- Діапазони надлишкового (відносного) тиску від 0 барів до 25 барів;
- Вихідний сигнал: 4 – 20 мА;
- З'єднання під тиском: G 1/4A & G 1/2A EN837 (MBS 1700) G 1/4 DIN 3852-E;
- Температурна компенсація та лазерне калібрування.

Зміна швидкості потоку робочого середовища в гідравлічних системах (у разі швидкого закривання клапанів або пуску та зупинки насосів) може викликати кавітацію, гідравлічні удари та різкі стрибки тиску. Ця проблема може виникати навіть за порівняно невеликих робочих тисків, причому як із боку входу, так і з боку виходу.

У разі наявності твердих частинок у робочих рідинах можливе засмічення штуцера. Встановлення перетворювача тиску у вертикальному положенні дає змогу мінімізувати ризик накопичення забруднень. В'язкість робочого середовища має дуже невеликий вплив на час реакції. Навіть у разі в'язкості до 100 сСт час реакції становитиме не більш ніж 4 мс.

Вимірювання перепаду тиску газів

Для вимірювання різниці тисків газів, парів і рідин обираємо перетворювач перепаду тиску PR-28 [63]

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

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики перетворювач перепаду тиску PR-28

Технічні характеристики	
Вихідний сигнал	4-20 mA
Ширина діапазону вимірювань	від (0 ÷ 1,6) кПа до (0 ÷ 2,5) МПа
Вибухозахист	Ga/GbExiaIICT4/T5/T6 X
Допустимий статичний тиск	25,32 або 41,3 МПа(4 МПа для приєднувального пристрою)
Діапазон температур навколишнього середовища	-50 - 85°C (-25 - 85°C для приєднувального пристрою)
Діапазон середовища вимірювання	-40 - 120°C
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь

Вимірювання витрати

Для вимірювання витрати пари обираємо вихровий лічильник-витратомір Yokogawa. [61]

Вихровий лічильник-витратомір Yokogawa серія DY - це інтелектуальний датчик витрати для вимірювання об'ємної витрати рідини, пари та газу.

Технічні особливості:

Технологія ssp (спектральна обробка сигналу): Ssp-фільтр вбудований у потужну електроніку приладу Digitalyewflo. Ssp аналізує стан середовища усередині витратоміра і використовує ці дані для автоматичного вибору оптимального підстроювання режимів обробки сигналу, забезпечуючи функції, раніше недосяжні для вихрових витратомірів. Ssp точно визначає вихори за малих витрат, забезпечуючи високу стабільність вимірювань.

Самодіагностика: Прогнозуються та відображаються такі нештатні умови процесу, як сильна вібрація трубопроводу та аномальний потік.

Висока точність: $\pm 0,75\%$ витрати (рідина); $(\pm 0,5\%$ витрати: типова похибка/не гарантовано) $\pm 1\%$ витрати (газ, пара).

Широкий спектр робочих температур: Высокотемпературная версия – до 450°C Криогенная версия – минимум -196°C . Вимірювання в умовах високого тиску. Тип фланця до ANSI Class 1500.

Простота завдання параметрів: Групування найчастіше використовуваних параметрів у форматі швидкого доступу скорочує час пусконаладки.

Аналоговий/імпульсний вихідний сигнал: Одночасний вихід для величини витрати або температури (опція /MV) та імпульсний вихід. Вихід сигналізації / стану (реле витрати). Вихід сигналізації за нештатної ситуації. Датчик з нержавіючої сталі без частин, що труться: висока міцність і надійність. Максимальна довжина сигнального кабелю 30 м. Вибухобезпечне виконання за стандартами TIIS/FM/ATEX/CSA/SAA (іскробезпечний), IECEx.

Контроль полум'я

Автомат контролю полум'я Siemens LFE10 використовується для виявлення і контролю полум'я іонізаційним електродом або фотодатчиком. [59]

Реле горіння газу та рідкого палива Siemens LFE10 для контролю й керування полум'ям у плавноступеневих і модульованих пальниках великої потужності — це автомати горіння серії LFE. У пристроях передбачений контроль тиску, керування подаванням повітря, програмоване настроювання часу. Автомат горіння LFE можна перезавантажити дистанційно. Виконувати так званий реперт. Є функція програмованого настроювання часу. Корпус приладу виготовлений із чорного негорючого удару міцного пластику. Пристрій контролю полум'я для пальників із періодичною роботою. Для контролю газового полум'я, що світиться або палає блакитним полум'ям рідкого палива. Застосовується для контролю й індикації горіння газу та рідкого палива. Системи контролю полум'я LEC 1 для постійної роботи. Контроль спільно з датчиком полум'я QRA... або електродом іонізації. Реле горіння газу та рідкого палива Siemens LFE10. Реле контролю горіння й індикації полум'я LFE10 застосовується під час спалювання газу/рідкого палива в поєднанні з автоматами горіння, датчиками контролю полум'я QRA або з електродами іонізації. Автоматичне тестування датчика полум'я за допомогою підвищення робочої напруги УФ- трубки впродовж періодів вимкнення пальника та під час продування автомата горіння LEC1.

Контроль полум'я із застосуванням електропровідності полум'я в поєднанні з ефектом випрямлення можливий тільки на газових пальниках і пальниках із синім полум'ям. Оскільки підсилювач сигналу полум'я реагує тільки на DC (постійний струм) складник сигналу полум'я (ток іонізації), коротке замикання між датчиком полум'я і функціональною землею не зможе змодельовати сигнал полум'я.

Фотодатчик Siemens RAR9 для автомату керування пальником Siemens LFE10 [60].

Датчик полум'я Siemens RAR9 - з селеновим фотоелементом застосовується з автоматами горіння Siemens для рідкого палива і здійснює контроль полум'я жовтого

кольору на палях великої топочної потужності. Селеновий фотоелемент є світлочутливим елементом нечутливим до інфрачервоного випромінювання, тому розжарена цегла в камері згорання не зможе створювати сигнал вогню.

Таблиця 4.11 – Фотодатчик Siemens RAR9 для автомату керування пальником Siemens LFE10.

Технічні характеристики	
Тип фотоелементу	селеновий
Клас безпеки	II
Ступінь захисту	IP20
Ступінь захисту під час використання AGG09	IP40
Монтажне становище	опосередковано
Кабельне з'єднання	Взяти гвинтові клеми для мін. 0,5 мм ² і max. 1,5 мм ²
Кабель з наконечником	Багатожильне сіяння
Температура навколишнього середовища	-20 °C ...+60 °C
Корпус	Блискучий дурупласт

Контроль вмісту кисню у відхідних газах

Для регулювання економічності котла з корегуючим сигналом по O₂ виберемо газоаналізатор стаціонарний OMS 420 Ex, який використовується для моніторингу і керування процесами горіння в котлах, печах та іншому обладнанні для спалювання палива для підтримання оптимального процесу згорання палива з максимальним для даного режиму ККД і мінімальними викидами в атмосферу CO і NO. Газоаналізатор вимірює об'ємну концентрацію O₂ і CO в димових газах спалювального обладнання.

Використання у таких небезпечних зонах: Зона 2 або Клас 1, Div 2, Gr A / B / C / D; Спеціальна шафа під тиском із захистом стандарту IP 65 та контролером z - очищення, що відповідає стандартам II 3G Ex pz II T3 Gc; Легка та швидка заміна детектора з датчиками (O₂ & CO_e); Інтегрований блок керування з дисплеєм з підсвічуванням, клавішами управління, подвійний гальванічний ізольований вихід 4 . . . 20 мА та цифровий вихід RS 485 (Modbus RTU); Нержавіюча сталь SS316Ti фланцевий 4 "ANSI - 150lbs з пропускними трубами зондування, від 250 мм до 2 м довжини; Унікальний сенсор гарячого твердого електроліту для горючого вимірювання CO_e, без необхідності розведення зразка повітрям, як це потрібно для каталітичних бортових датчиків (Pellistors) (опція); Унікальна система віддування для димових газів (опція); Інтегроване автоматичне калібрування для точних вимірювань (опція); Герметичний та водонепроникний корпус з додатковим нагрівачем ATEX для низьких температур навколишнього повітря або додатковий охолоджувач ATEX Vortec для високих температур навколишнього середовища. [58]

Контроль вмісту кисню у відхідних газах

Датчик-реле тиску газу (пресостати) компанії Madas (Italy) призначений для контролю та сигналізації надлишкового тиску природного газу та повітря. Встановлення заданого тиску здійснюється за допомогою лімбу [62]

Характеристики:

Діапазон налаштувань: 1 ÷ 500 mbar (залежно від моделі)

Температура довкілля: від -25 до +60°C

Вихід реле: 6 А, 250В

Максимальний робочий тиск: 500 мбар (для PSM500 - 600 мбар)

Ступінь захисту: IP54

Підключення: 1/4"

Матеріали:

корпус – алюміній

Датчики — реле тиску для повітря DL застосовуються для контролю надлишкового, диференційованого тиску та тиску розрядження повітря, димових та інших не горючих газів. Вони контролюють мінімальну різницю тиску та у разі досягнення встановлених значень забезпечують електровимкнення.

Характеристики:

Матеріал мембрани: NBR.

Матеріал корпусу: високоміцна пластмаса.

Робоча температура та температура газового середовища: від -15 до +80 °C.

Температура зберігання і транспортування: від -40 до +80 °C.

Ступінь захисту за IEC 529

IP 10 = будь-яке монтажне положення,

IP 21 = отвір у кришці спрямований вгору.

IP 42/44 = з кабельним сальником

Введення кабелю через розвантаження тяги.

Електропід'єднання: плоский роз'єм для штекерних гільз 6,3 мм через DIN 46244.

Контроль і сигналізація рівня

Для контролю рівня води в барабані виберемо реле контролю рівня рідини ADC-0310-31 [56]

Реле ADC-0310-31 - це спеціалізований пристрій для контролю рівня рідини, яка здійснює це завдання посередством кондуктометричних датчиків, які встановлюються користувачем на контрольних позначках.

Пристрій дозволяє контролювати до 3 датчиків рівня рідини і управляти технологічним обладнанням за допомогою вбудованих реле. Кількість вбудованих реле залежить від модифікації.

4.3 Висновки до розділу 4

У організаційно-технологічній частині надано характеристику об'єкту монтажу, а саме системи паливоподачі і системи очищення димових газів після котла KE-10-1,4 на твердому паливі. Обрано основне, допоміжне обладнання, матеріали та вироби необхідні для монтажу вказаної системи. Визначена загальна маса обладнання, основних матеріалів і виробів для монтажу 38646 кг, а допоміжних – 262,4 кг. Загальна витрата електроенергії на засоби механізації склала 960 кВт год. Розроблено календарний план монтажу системи паливоподачі і системи очищення димових газів, графік руху робітників, графік роботи машин та механізмів. Трудомісткість монтажних робіт загалом склала 471,52 люд.-дні. За календарним планом монтажні роботи тривають 69 днів. Для доставки деталей до місць монтажу використовуємо автомобіль “MAN TGX” з 12-метровим контейнером. Для виконання зварювальних робіт використовуємо зварювальний апарат Mächtz MWM-315 MIG/MAG/MMA/TIG, напівавтомат 4 в 1. Для пересування котла до місця монтажу використовуємо лебідку маневрову ЛЕМ-20. Для виконання такелажних робіт використовуємо лебідку електричну монтажну АТК KCD-HD. Для монтажу автоматики котла обираємо гайковерт електричний Metabo SSW 650.

Розроблено функціональну схему автоматизації парового котла. Визначено склад необхідного обладнання автоматизації, підібрано апаратурно-технічні засоби: логічний контролер Easy modicon M200; термометр опору типу Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000, датчик тиску Danfoss MBS 1700 , перетворювач перепаду тиску PR-28, вихровий лічильник-витратомір Yokogawa, контролю полум'я Siemens LFE10, фотодатчик Siemens RAR9, газоаналізатор OMS 420 Ex, датчика-реле тиску газу PSM, датчика-реле тиску повітря DL2E-1, реле контролю рівня рідини ADC-0310-31.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Складання кошторисних документів на будівельні роботи

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

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

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

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

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

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

Додаток
до Настанови (пункт 3.11)

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.1 -Локальний кошторис на будівельні роботи № 04-001-002

на монтаж. котел, циклон, димосос

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

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	2878.134	тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	4.14305	тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	382.705	тис. грн.
Середній розряд робіт	4.5	розряд

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робіт- ників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітної плати	експлуа- тації машин	тих, що обслугову- ють машини	
					заробітної плати	в тому числі за- робітної плати			в тому числі за- робітної плати	на оди- ницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ20-39-5	Установлення циклонів масою до 3 т	10 шт циклонів	0.1	225107.79	119605.70	22511	7964	11961	1001.3000	100.13
2	КМ6-1-7	Монтаж каркаса і каркасних конструкцій, включаючи метало-конструкції шатра та щитову обшивку парових котлів	т	18.853	79643.40	29505.41	461812	205194	2951	286.0029	28.60
		Монтаж пальника	т	3.31	24495.39	8641.01			162909	117.6000	2217.11
3	КМ6-11-5	Монтаж пальника	т	3.31	10883.88	1953.04	57905	19833	36821	19.2142	362.25
4	1905-1058	Пальники	шт	1.0	17493.96	10753.71	278796		35595	71.4000	236.33
5	2403-5008	Бункер-живильник Т1-ВБШ-10-	шт	1.0	5991.89	2275.14			7531	25.0870	83.04
6	КБ9-4-4	Монтаж бункерів	1 т кон- струкцій	1.65	278796.33		91940				
7	2403-3028	Живильник для тріски деревини	шт	1.0	17224.50	11436.83	28420	6810	18871	48.4800	79.99
8	КБ9-4-2	Монтаж живильника	1 т кон- струкцій	0.2	4127.10	4305.01	348258		7103	42.0813	69.43
					348257.50		2309	1490	534	95.8400	19.17
					11545.67	2669.26			157	9.2069	1.84
					7448.68	785.87					

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	290220-3179	Транспортер шнековий	шт	1.0	157703.00		157703				
10	КБ45-17-2	улаштування плит теплоізоляційних ШПГ Т-450	1м3 обмурування	18.25	2134.91	166.16	38962	35139	3032	27.1800	496.04
					1925.43	44.25			808	0.5434	9.92
11	С130-29	Плита теплоізоляційна	шт	730.0	1325.85		967871				
12	КМ7-186-2	Монтаж димососа	шт	1.0	6306.93	1319.50	6307	3192	1320	39.2000	39.20
					3191.66	315.93			316	3.3067	3.31
13	КП7-38-3	Пристрої для збору і викиду димових газів. Труба димова	Гр.дим.	1.0	3059.84	-	3060	3060	-	28.0000	28.00
					3059.84	-			-	-	-
14	2203-1025	Самонесуча димова труба діаметром 1400 мм та висотою 31 м	шт	1.0	198983.05		198983				
15	КБ18-17-10	Установлення Перехід 512*390/350 * 474мм,	шт	1.0	1488.49	36.27	1488	134	36	1.6600	1.66
					133.65	10.72			11	0.1231	0.12
16	КБ18-17-10	Установлення Перехід 350 * 474/900 мм,	шт	1.0	1188.29	36.27	1188	134	36	1.6600	1.66
					133.65	10.72			11	0.1231	0.12
17	КБ18-17-10	Установлення Перехід 350 * 474/594*234мм,	шт	2.0	1383.29	36.27	2767	267	73	1.6600	3.32
					133.65	10.72			21	0.1231	0.25
18	КБ18-17-10	Установлення Перехід 540 /350*474 мм, 1	шт	1.0	1638.29	36.27	1638	134	36	1.6600	1.66
					133.65	10.72			11	0.1231	0.12
19	КБ18-17-10	Установлення трійника 540/540 мм, 1мм	шт	1.0	1087.99	36.27	1088	134	36	1.6600	1.66
					133.65	10.72			11	0.1231	0.12
20	КБ18-17-10	Установлення Коліно 350*474мм, 1 мм	шт	3.0	1029.49	36.27	3088	401	109	1.6600	4.98
					133.65	10.72			32	0.1231	0.37
21	КБ18-17-10	Установлення трійник 350*474/350*474мм	шт	1.0	1398.39	36.27	1398	134	36	1.6600	1.66
					133.65	10.72			11	0.1231	0.12
22	КБ20-8-3	Прокладання повітропроводу	100 м2 поверхні повітроводів	0.1508	19438.60	1321.31	2931	2061	199	180.2000	27.17
					13664.57	213.69			32	2.5960	0.39
Разом прямих витрат по кошторису							2680423	286081	234783		3259.74
									55827		560.00
Разом прямі витрати						грн.	2680423				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	1083879				
вартість ЕММ						грн.	234783				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		55827			

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		заробітна плата робітників				грн.		286081			
		Вартість устаткування				грн.	1075680				
		вартість нарахувань на устаткування				грн.	42241				
		Всього вартість устаткування				грн.	1117921				
		всього заробітна плата				грн.		341908			
		Загальновиробничі витрати				грн.	155470				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					323.31
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		40797			
		Всього по кошторису				грн.	2878134				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					4143.05
		Кошторисна заробітна плата				грн.		382705			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 04-001-001

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

ОСНОВА: креслення(специфікації) № _____, відомості тощо
Кошторисна вартість 687,413 тис. грн.
Складений в поточних цінах станом на 24 серпня 2024 р.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	2309-1002	Циклон ЦН 15-900*2УП	шт	1.0	408017.66	408018
2	2403-4004	Котел паровий КЕ 10-1,4	шт	1.0	125372.65	125373
3	2308-2039	Димосос ДН-9	шт	1.0	128048.04	128048
Разом						661439
Транспортні та заготівельно-складські витрати						25974
Всього по кошторису						687413

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

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

Додаток 5
до Настанови (пункти 3.24, 7.1)

Таблица 5.3 - Об'єктний кошторис № 04-001

на будівництво

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

Кошторисна вартість	3565.547	тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	4.14305	тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	382.705	тис. грн.
Вимірник одиничної вартості		

Складений в поточних цінах станом на 24 серпня 2024 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошто- рисних ро- зрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошто- рисна трудо- місткість, тис. люд.год	Кошто- рисна за- робітна плата, тис.грн.	Показники одиничної вартості
			будівель- них робіт	устатку- вання, меб- лів та ін- вентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	04-001-001	придбання обладнання		687.413	687.413	-		
2	04-001-002	монтаж	1760.213	1117.921	2878.134	4.14305	382.705	
		Всього по кошторису	1760.213	1805.334	3565.547	4.14305	382.705	

Склав

[посада,

підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада,

підпис (ініціали, прізвище)]

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

Таблиця 5.4 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	35,66
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	7,13
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	53,48
Проектування	2,5	4	89,14
Експертиза інноваційного рішення	1	1	35,66
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	71,31
Виготовлення нового виробу	100	6	3565,54
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	106,97
Витрати на підготовку кадрів	5	2	178,28
Всього		21	4143,16

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.5).

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

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-292,37	-3981,78	1986,96	2001,94	4132,67	3653,99	3199,94
2	Сальдо реальних грошей	-292,37	-3512,76	1986,96	1959,71	4090,44	3615,88	3165,95
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-292,37	-3805,14	-1818,18	141,53	4231,97	7847,85	11013,81
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-339,15	-3981,78	1712,89	1487,77	2647,63	2018,07	1523,53
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-339,15	-4320,94	-2608,04	-1120,28	1527,35	3545,42	5068,95

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

$$NV = 10701,35 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

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

де η_t - коефіцієнт дисконтування.

$NPV = 5068,95$ 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 отримують доходів на вкладений капітал.

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

Термін окупності інвестицій

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

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою

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

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн., CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.6.

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

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-339,15	-3981,78	1712,89	1487,77	2647,63	2018,07	1523,53
Кумулятивна	-339,15	-4320,94	-2608,04	-1120,28	1527,35	3545,42	5068,95

Як видно з таблиці 5.6 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T=2+1120,28/2647,63=2,42 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

Склали кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об'єктний коштрис. В кошторисах пораховано:

- Кошторисна вартість $K_b = 3565,547$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 382,705 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 4,14$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 1771,29 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 10701,35 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість – 5068,95 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 2,42 роки.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі виконано аналітичний огляд літератури з питань екологічної та енергетичної ефективності використання біомаси як палива для парової котлів. Проведено аналіз роботи теплової схеми парової котельні на поновлювальній трісці деревини, окреслені їх переваги та недоліки, розглянуто екологічні та економічні аспекти. За результатами огляду та аналізу літератури сформульовані мета і задачі досліджень.

Проведено розрахунок показників роботи теплової схеми котельні, що забезпечує потреби виробництва приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спеціалізованої продукції» та потреби теплофікації потужністю 300 кВт. Робоче паливо на котельні – тріска деревини. В максимальному опалювальному режимі витрата тріски деревини складає 0,304 кг/с, у середньоопалювальному режимі – 0,298 кг/с, а загальна за опалювальний сезон – 15259 т/рік. Коефіцієнт корисної дії котельні у максимальному режимі склав 0,684, а у середньоопалювальному – 0,627. Котельня відпускає протягом року 141635 ГДж теплоти з собівартістю 516,6 грн./ГДж. Проведено порівняння впливу на довкілля процесу виробництва теплоти на котельні за умови використання в якості палива природного газу та біомаси за допомогою програмного продукту SimaPro 9.6.0.1, встановлено що найменший вплив на якість екосистеми, вичерпання ресурсів та здоров'я людини має варіант спалювання тріски деревини із твердих порід.

Розроблено математичну модель для дослідження показників роботи циклону-утилізатора. Виконано моделювання циклону типу ЦН-15-900 і режимів роботи, циклон застосовується для очищення відхідних газів від твердопаливних котлів, що працюють на трісці деревини, в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. За результатами моделювання отримано фізичні величини, за якими визначено аеродинамічний опір циклона, тепловий потік теплообмінника, ступінь очищення димових газів. Аеродинамічний опір має тенденцію до зростання залежно від швидкості на вході в циклон зростає від найменшого значення 1112 Па до

максимального 7778,26 Па, зі збільшенням швидкості відхідних газів і температури в обох випадках зростає показник теплового потоку при температурі 200 °С і швидкості 21 м/с спостерігається максимальне значення 1200,185 (Вт/м²). Встановлено що ступінь очищення димових газів в циклопі підвищується із збільшенням швидкості газового потоку на вході в циклон.

У організаційно-технологічній частині надано характеристику об'єкту монтажу, а саме системи паливоподачі і системи очищення димових газів після котла КЕ-10-1,4 на твердому паливі. Обрано основне, допоміжне обладнання, матеріали та вироби необхідні для монтажу вказаної системи. Визначена загальна маса обладнання, основних матеріалів і виробів для монтажу 38646 кг, а допоміжних – 262,4 кг. Загальна витрата електроенергії на засоби механізації склала 960 кВт год. Розроблено календарний план монтажу системи паливоподачі і системи очищення димових газів, графік руху робітників, графік роботи машин та механізмів. Трудомісткість монтажних робіт загалом склала 471,52 люд.-дні. За календарним планом монтажні роботи тривають 69 днів.

Крім того у організаційно-технологічному розділі пояснено технологічні процеси, які відбуваються у паровому котлі КЕ-10-1,4, розроблено функціональну схему автоматизації парового котла. Визначено склад необхідного обладнання автоматизації, підбрано апаратурно-технічні засоби: логічний контролер Easy modicon M200; термометр опору типу Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000, датчик тиску Danfoss MBS 1700 , перетворювач перепаду тиску PR-28, вихровий лічильник-витратомір Yokogawa, контролю полум'я Siemens LFE10, фотодатчик Siemens RAR9, газоаналізатор OMS 420 Ex, датчика-реле тиску газу PSM, датчика-реле тиску повітря DL2E-1, реле контролю рівня рідини ADC-0310-31.

В розділі економічна частина складено локальний кошторис, в якому визначено: кошторисна вартість Кв = 3565,547 тис. грн., кошторисна заробітна плата ЗП = 382,705 тис. грн., кошторисна трудомісткість Т = 4,14 тис. люд.– год., вартість матеріалів – 1771,29 тис. грн. Визначені основні показники ефективності інвестицій в проект впровадження альтернативних джерел енергії: чисті грошові надходження – 10701,35 тис. грн.; чиста поточна вартість – 5068,95 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Глеба Я.О., Степанова Н.Д. Техніко-економічні аспекти вибору палива для парової котельні. Матеріали ЛІІ Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ, 21 – 23 червня 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17733> (дата звернення 09.10.2024).
2. Степанова Н.Д., Глеба Я.О., Чорнобай О.С. Екологічні та економічні питання переведення промислової парової котельні на спалювання біомаси. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023», 21 – 23 листопада 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19481> (дата звернення 09.10.2024).
3. Степанова Н.Д., Гуменюк С.Є, Глеба Я.О. Ефективність переведення парогенератора ДКВР–20–23 на спалювання біогазу. Матеріали ЛІІ Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ, 21 – 23 червня 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17716> (дата звернення 09.10.2024).
4. Степанова Н. Д. Аналіз екологічних та експлуатаційних показників роботи двопаливної водогрійної котельні / Н. Д. Степанова, М. В. Древинський, Я. О. Глеба // Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві", Вінниця, 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16791/13991> (дата звернення 09.10.2024).
5. Степанова Н. Д. Сезонна ефективність двопаливної водогрійної котельні / Н. Д. Степанова, М. В. Древинський, Я. О. Глеба // Доповідь на ЛІ Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, Вінниця, 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17733>

fbtegr-2022/paper/view/15170/12784 (дата звернення 09.10.2024).

6. Степанова Н.Д., Глеба Я.О. Ефективність очищення димових газів в циклоні-утилізаторі після парогенератора на біомасі. Матеріали LIII Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ, 20 – 22 березня 2024 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegr/all-fbtegr-2023/paper/view/17733> (дата звернення 09.10.2024).

7. Степанова Н.Д., Глеба Я.О., Паламарчук М.О. Утилізація теплоти димових газів після парогенератора на біомасі. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві – 2024 , 20 – 22 листопада 2024 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22679/18720> (дата звернення 09.10.2024).

8. Добрянська Н. П. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні: Український журнал прикладної економіки. Одеса: ОНТУ, 2020. С. 206 – 213.

9. Використання відновлювальних джерел енергії на підприємствах України. URL: <https://cdn.hneu.edu.ua/rozvitok19/thesis02-21.html> (дата звернення: 10.10.2024 р.).

10. Акименко О. Ю., Костюченко І. А. Перспективи впровадження альтернативних джерел енергії як крок до міжнародного співробітництва. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2020. № 4(24). С. 43-50.

11. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Матвєєв Ю. Б., Жовтомір М. М. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні. Промислова теплотехніка. 2006. Т.28, № 4. С. 85-93.

12. Дзядикевич Ю. В., Розум Р. І., Буряк М. В. Особливості процесу спалювання деревної біомаси та шляхи його покращення. Енергозбереження. Енергетика. Енерго-аудит. 2010. № 10(80). С. 41-45.

13. Левицька О. Г., Січевий О. В. Порівняльний аналіз викидів шкідливих речовин при застосуванні альтернативних природному газу біопалив. Вісник ЛДУБЖД. 2019. № 20. С. 90-95.

14. Посібник підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/posibnyk-onovlenyi-2016.pdf> (дата звернення: 10.10.2024 р.).
15. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
16. Приходько І. В., Ігнатишин В. І., Приходько Ю. Б. Особливості розвитку відновлюваної енергетики в Україні та світі. Економіка та суспільство. 2024. Випуск № 62. С. 95-106.
17. Кузнецов М. П., Мельник О. А. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електроний ресурс]. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. С. 304.
18. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.10.2024 р.).
19. Закон України про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17#Text> (дата звернення: 11.11.2024).
20. Енергоаудит та показники енергоефективності на прикладі систем паливовикористовуючого обладнання URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD7Z.pdf (дата звернення: 11.11.2024).
21. Дорундяк Л. Результати дослідження ефективності процесу пиловловлення у циклоні для системи перекачування деревних відходів. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.14. С. 152 – 157.
22. Ляшеник А. В., Тисовський Л. О., Дорундяк Л. М., Дадак Ю. Р. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі. Ринок енергетики: сучасні тенденції. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.9. С. 119 – 126.

23. Циклону типу ЦН-15-900х2УП. URL: https://ventus.ua/s/9133_tsiklon-tsn-15-900kh2up. (дата звернення: 11.11.2024 р.).
24. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів: навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 158 с.
25. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
26. Котел КЕ-10-1,4. URL: <https://teplolider.com.ua/ua/p855482744-parovoj-tverdoplivnyj-kotel.html>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
27. Характеристики автомобіля «MAN TGX» з 12-метровим контейнером. URL: <https://perevozka-negabarita.com/gabaritnyie-razmeryi-gruzovogo-avtomobilya-20-tonnik-s-40-futovyim-konteynerom>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
28. Характеристики автомобільного крану КС-3575А. URL: <https://kranavto.kiev.ua/avtokran-ks-3575a.html>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
29. Характеристики автомобільного крану МАЗ КС-4571. URL: <https://ukrtruck.ua/ru/product/avtokran-ks-4571/>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
30. Зварювальний апарат Mächtz MWM-315 MIG/MAG/MMA/TIG, напівавтомат 4 в 1. URL: <https://i-tools.com.ua/ua/p1154106521-svarochnyj-apparat-mchtz.html>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
31. Гайковерт електричний Metabo SSW 650. URL: https://rozetka.com.ua/ua/metabo_602204000/p12318518/characteristics/. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
32. Електричний опресовувач ROTHENBERGER RP PRO III. URL: <https://santlux.com.ua/opressovshchik-elektricheskii-rothenberger-rp-pro-iii>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
33. Лебідка електрична ЛЕМ-20. URL: <https://globalprom.com.ua/ua/lebedka-jelektricheskaja-manevrovaja-do-17-vagonov-tl-20m-ljem-20>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
34. Лебідка електрична АТК КСД-НД. URL: <https://tucans.com.ua/elektrichna-lebidka-atk-kcd-hd-5t-380v>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
35. Циклону типу ЦН-15-900х2УП. URL: https://ventus.ua/s/9133_tsiklon-tsn-15-900kh2up. (дата звернення: 10.10.2024 р.).

36. Шнековий транспортер в жолобі AgroHelix D-200мм L-16м. URL: <https://agro-helix.com.ua/ru/shnekoviy-transporter-v-zholobi-agrohelix-d-200-mm-l-16-m/>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
37. Теплоізоляційні плити . URL: <https://mrc.org.ua/ogneupornie-materialy/63-plity-450>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
38. Повітропровід оцинкований, 350x474мм, $\delta = 1$ мм. URL: https://prom.ua/p909031924-vozduhovod-otsinkovannojs-tali.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0J3--d8Uq4GGd1r63bxL4DLeeTBIu72_Q2eVBT28et01tNUhE7kWvhoCodoQAvD_BwE (дата звернення: 10.10.2024 р.).
39. Димова труба самонесуча D=1400мм. URL: <https://tekoma-zavod.com.ua/ua/p1020474689-dymovaya-truba-samonesuschaya.html>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
40. Димосос ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв. URL: <https://ovk.ua/shop/product/dn-9-15-kvt-1500>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
41. Система паливоподачі “Wichlacz BIOPALNIK” потужністю 5 МВт. URL: <https://ateplo.com.ua/p114950975-gorelka-wichlacz-biopalnik.html>. (дата звернення: 10.10.2024 р.).
42. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 6. Теплосилове устаткування. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 190 с. URL: <https://econstruction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/3d756bb9-88ac-4278-bc69-f8a09d09652a.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).
43. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 57 с. URL: <https://econstruction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/c464e588-eedb-417b-8d9f83a4e5d3df86.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).
44. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на

будівельні роботи. Збірник 9. Металеві конструкції. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 141 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/399b64a5-df06-4b5d-bacb-ab93c3408a2a.pdf>

(дата звернення: 10.10.2024).

45. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування повітря. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 150 с. URL: <https://econstruction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/d55e5c6b-59be-464f-a9f6-0c2555f5ad79.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).

46. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. Чинний від 2021-12-31. Київ: Мінрегіон України, 2021. 62 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).

47. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 11. Прилади, засоби атоматизації та обчислювальної техніки. Чинний від 2021-12-31. Київ: Мінрегіон України, 2021. 33 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/bdc9769d-606a-4c8c-ac94-799e1c504283.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).

48. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 6. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. Чинний від 2021-12-31. Київ: Мінрегіон України, 2021. 19 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/68e480d0-673b-406b-a4ec-b0040bdbe9d9.pdf> (дата звернення: 10.10.2024).

49. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів: Чинний від 01.01.2014 р. Київ: Мінрегіон України, 2014. 39 с. (Національний стандарт України).

50. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

51. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : Чинний від 2012-04-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 112 с. (Державні будівельні норми України).
52. Ельперін І.В., Пупена О. М., Сідлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів. Київ: Ліра-К, 2015. 378 с.
53. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів: ДСТУ Б.А.2.4-3-95. – [Чинний від 1995 -04-06 № 65]. – К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 42 с.
54. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах: ДСТУ Б А.2.4-16:2008. - [Чинний від 2008 - 06-27 № 271]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.
55. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок» / Уклад. Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 38 с.
56. Реле контролю рівня рідини ADC-0310-31. URL: https://nasos-m.com.ua/ua/prinadlezhnosti/rele_kontrolya_urovnya_zhidkosti_atsp_0310-31/ (дата звернення: 11.04.2024 р.).
57. Датчика-реле тиску повітря DL2E-1. URL: <https://tdfavorit.com.ua/ua/p803084857-datchik-rele-davleniya.html> (дата звернення: 11.04.2024 р.).
58. Газоаналізатор стаціонарного OMS 420 Ex. URL: <https://ua.all.biz/uk/stacionarnyj-gazoanalizator-oms-420-ex-g17137624> (дата звернення: 11.04.2024 р.).
59. Автомат контролю полум'я Siemens LFE10. URL: <https://tdfavorit.com.ua/ua/p470092681-ustrojstvo-kontrolya-plameni.html> (дата звернення: 11.04.2024 р.).
60. Фотодатчик Siemens RAR9. URL: <https://prom.ua/ua/p1645379098-datchik-plameni->

siemens.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw65-zBhBkEiwAjrQRMFp5WYnxu1tp2KtIABvJhHAfftR3fvGasb0UIAjdTAdwLTvqEzeVhRoC55QQA_vD_BwE (дата звернення: 11.04.2024 р.).

61. Вихровий лічильник-витратомір Yokogawa. URL: <https://trade-control.com.ua/ua/products/yokogawa-digitalyewflo-dy> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

62. Датчик-реле тиску газу PSM Madas. URL: <https://armakip.com.ua/index.php?id=134> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

63. Перетворювач перепаду тиску PR-28. URL: <https://aplisens.com.ua/product/pr-28/> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

64. Перетворювач тиску MBS 1700 . URL: <https://politex.com.ua/datchik-davleniya-danfoss-mbs-1700-060g6105-0---10-1-2> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

65. Датчик температури Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000. URL: <https://peko.com.ua/process-sensors/temperature-sensors/endress-hauser-tr10-aba1casx2a000> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

66. Логічний контролер Easy modicon M200. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product/TM200C40T/%D0%BF%D0%BB%D0%BA-m200-40%D0%B2%D1%85-%D0%B2%D0%B8%D1%8524%D0%B2-24-%D0%B2%D1%85-16-%D1%82%D1%80-pnp/?range=62882-easy-modicon-m200&parent-subcategory-id=3910&selectedNodeId=12366660846> (дата звернення: 11.04.2024 р.).

ДОДАТКИ

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ
МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спеціалізованої"

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

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

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ, група ТЕ-23м

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник к.т.н., доцент Степанова Н.Д.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	84%
Загальна схожість	16%

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)

Глеба Я.О.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або

установи

Підпис

Ініціали і прізвище

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов

підпис



“20” “09” 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на тему:

**«ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ
ЕНЕРГІЇ НА КОТЕЛЬНІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
“ГНІВАНСЬКИЙ ЗАВОД СПЕЦЗАЛІЗОБЕТОНУ”»**

08-15.МКР.002.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

К.т.н., доц. кафедри ТЕ,

10.09.24 [Signature] Н.Д.Степанова

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-23м

[Signature] Я. О. Глеба

Вінниця 2024

1. Підстава для виконання роботи:

Робота проводиться на підставі наказу ректора ВНТУ від 17.09.2024 року № 310.

Дата початку роботи – 20.09.2024 р.

Дата закінчення роботи – 11.12.2024 р.

2. Мета і призначення НДР

Метою МКР – є заміщення викопних джерел енергії, підвищення екологічної ефективності виробництва теплоти шляхом запровадження технології спалювання біомаси на промисловій паровій котельні.

Об'єкт дослідження – процеси в елементах теплової схеми котельні на твердому виді палива та циклоні-утилізаторі, що забезпечують підвищення ефективності енерговикористання в котельні.

Предметом дослідження є ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спеціалізованої продукції”.

Узагальнений науковий результат:

Набули подальшого розвитку дослідження ефективності роботи теплових схем парових котелень. Доведено ефективність заміщення на паровій котельні природного газу біомасою. Показано, що використання біомаси дозволить знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище протягом життєвого циклу на 95,9% у порівнянні із природним газом, а використання циклону-утилізатора дозволяє знизити викиди твердих частинок з димовими газами у навколишнє середовище.

3. Вихідні дані для проведення НДР

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

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.

2. Приходько І. В., Ігнатишин В. І., Приходько Ю. Б. Особливості розвитку відновлюваної енергетики в Україні та світі. Економіка та суспільство. 2024. Випуск № 62. С. 95-1063.

3 Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 57 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/c464e588-eedb-417b-8d9f83a4e5d3df86.pdf> (дата звернення: 10.10.2023).

4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок» / Уклад. Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 38 с.

5. Ляшеник А. В., Тисовський Л. О., Дорундяк Л. М., Дадак Ю. Р. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі. Ринок енергетики: сучасні тенденції. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.9. С. 119 – 126.

4. Виконавці НДР

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

5. Вимоги до виконання НДР

Водогрійна котельня з альтернативними видами палива повинна розглядатися як велика ієрархічна багаторівнева система, що супроводжується протягом життєвого циклу техногенними ризиками.

Слід врахувати при плануванні досліджень стан розробки парової промислової котельні Приватного акціонерного товариства “Тнівський завод спеціалізованого бетону”.

У процесі виконання НДР потрібно застосовувати математичне моделювання та концепцію оцінки життєвого циклу у програмному продукті SimaPro 9.6.0.1, під час виконання комп'ютерного експерименту використати програму Solidworks Flow Simulation.

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

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

Додаток В
(обов'язковий)

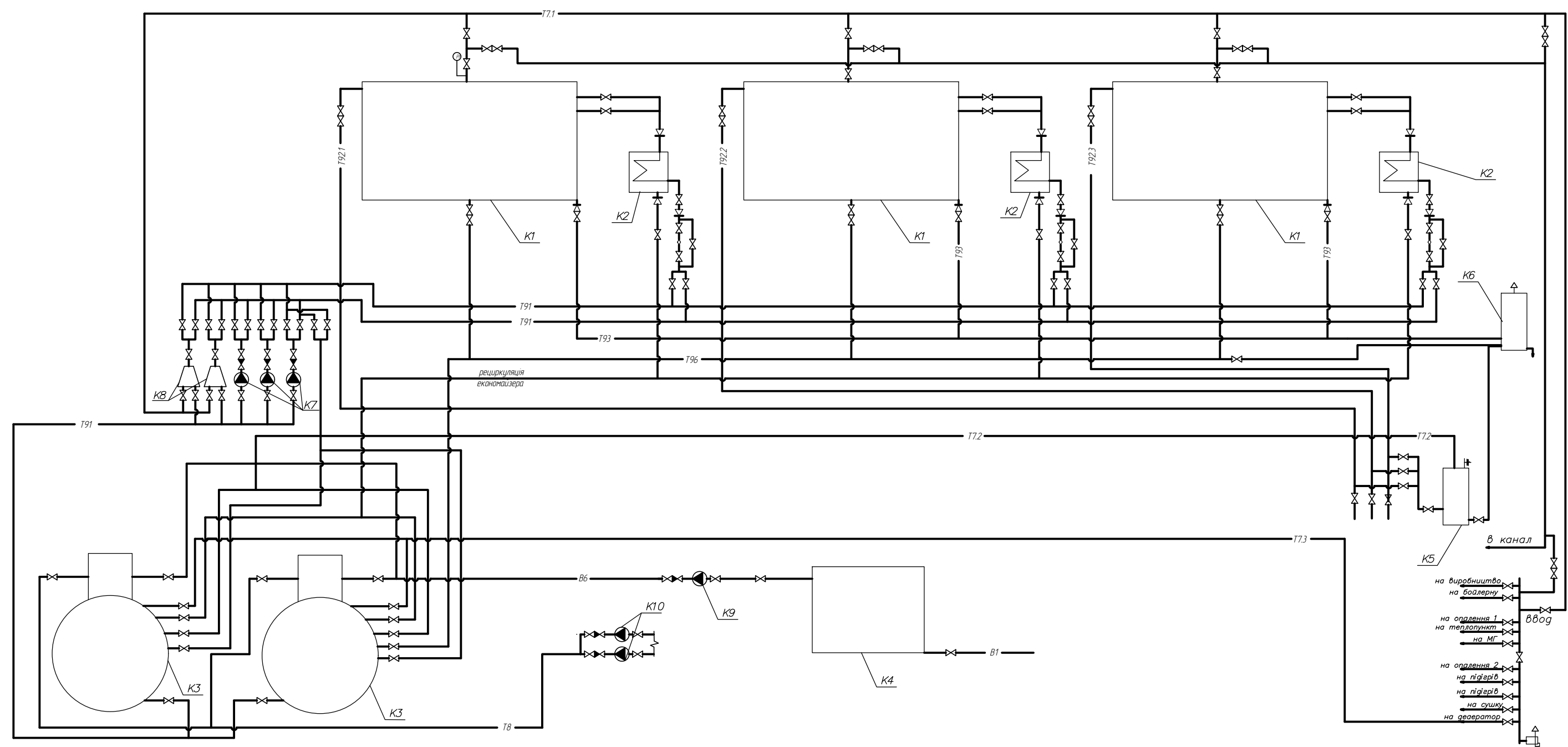
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА
КОТЕЛЬНІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
“ГНІВАНСЬКИЙ ЗАВОД СПЕЦЗАЛІЗОБЕТОНУ”

Перв. примен.		Поз. обозна-чение	Наименование				Кол.	Примечание				
			Перелік елементів									
Справ. №		K1	Котел паровий ДКВР-20-13				3					
		K2	Економайзер чавунний				3					
		K3	Деаератор атмосферний				2					
		K4	Система хімічного очищення води				1					
		K5	Сепаратор продувки				1					
		K6	Барботер				1					
		K7	Насос живильний				3					
		K8	Насос паровий				2					
		K9	Насос хімічищеної води				1					
		K10	Конденсатний насос				2					
Подп. и дата												
Взам. инв. №												
Подп. и дата												
Инв. № подл.							08-15.МКР.002.01.00.000					
		Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата						
		Виконав	Глеба Я.О.									
		Перевірив	Степанова Н. Д.									
		Опонент	Христич О.В.									
		Н.контр.	Степанова Н.Д.									
		Затвердив	Степанов Д.В.									
		Схема котельні теплова принципова						Літ.	Лист	Листів		
										1		
								ВНТУ, зр. ТЕ-23М				

Копировал

Формат А4



Позначення трубопроводів

- B1 – Трубопровід вхідної води*

T91 – Трубопровід живильної води

T93 – Трубопровід періодичної продувки

T7 – Паропровід
- B6 – Трубопровід пом'якшення води*

T92 – Трубопровід безперервної продувки

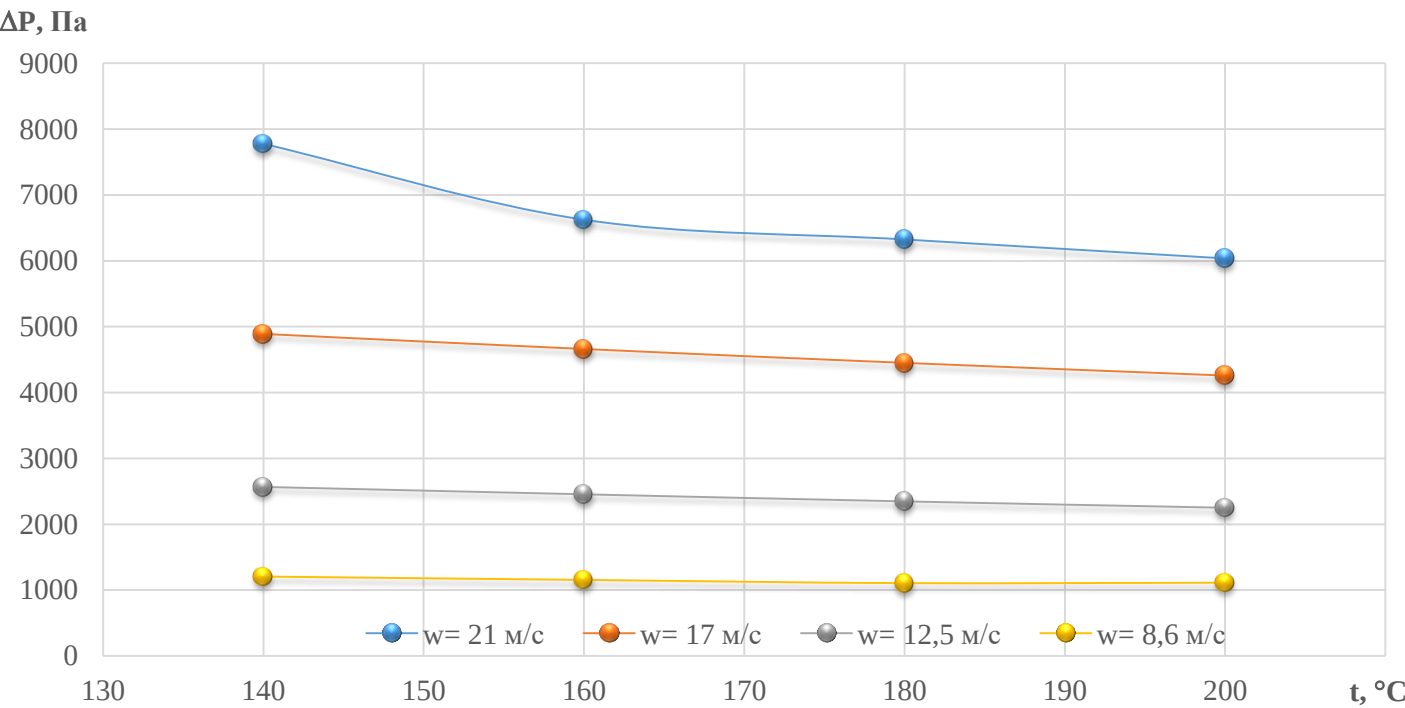
T96 – Трубопровід скидний, безнапірний

T8 – Конденсатопровід

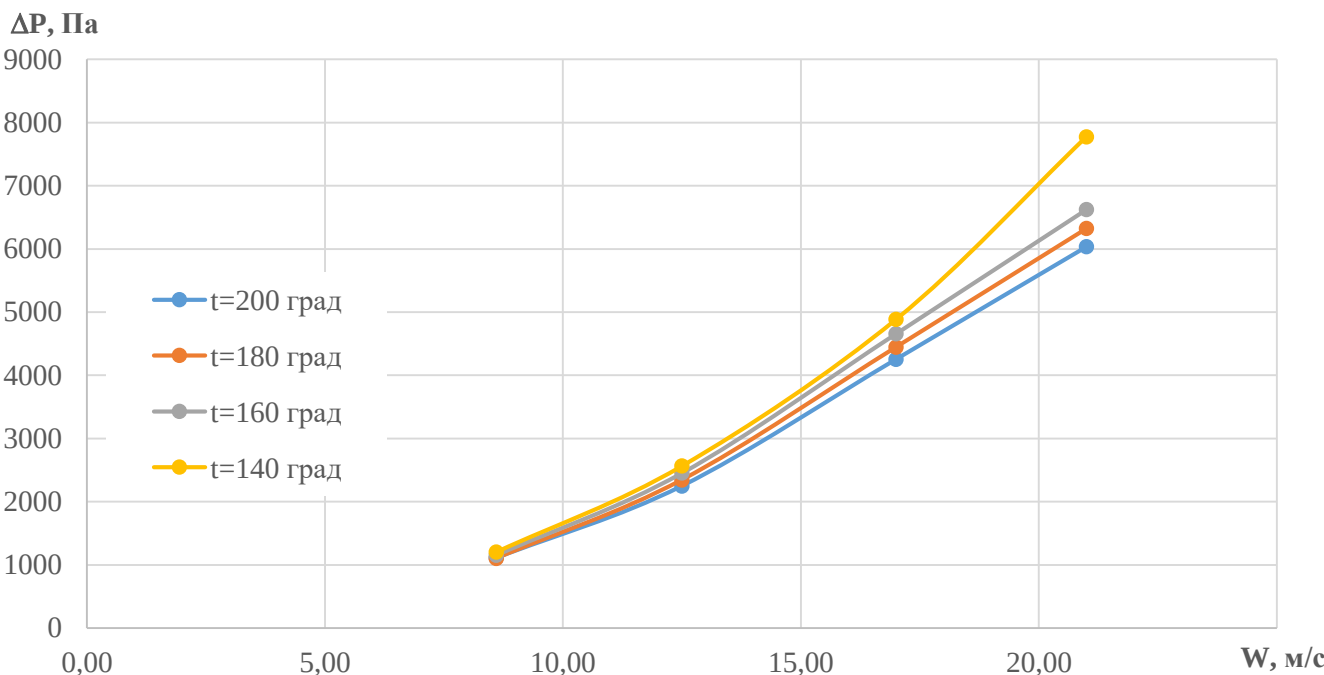
						08-15.МКР.002.01.00.000 Т3						
						Схема котельні теплова принципова	Лім.		Маса		Масштаб	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата							
Виконав		Глеба Я.О.										
Перевірив		Степанова Н.Д.										
Т. контр							Аркуш 1		Аркушів			
Опонент		Христич О.В.					ВНТУ, гр. ТЕ-23м					
Н. контр		Степанова Н.Д.										
Затвердив		Степанов Д.В.										

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ І ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ЦИКЛОНУ-УТИЛІЗАТОРА

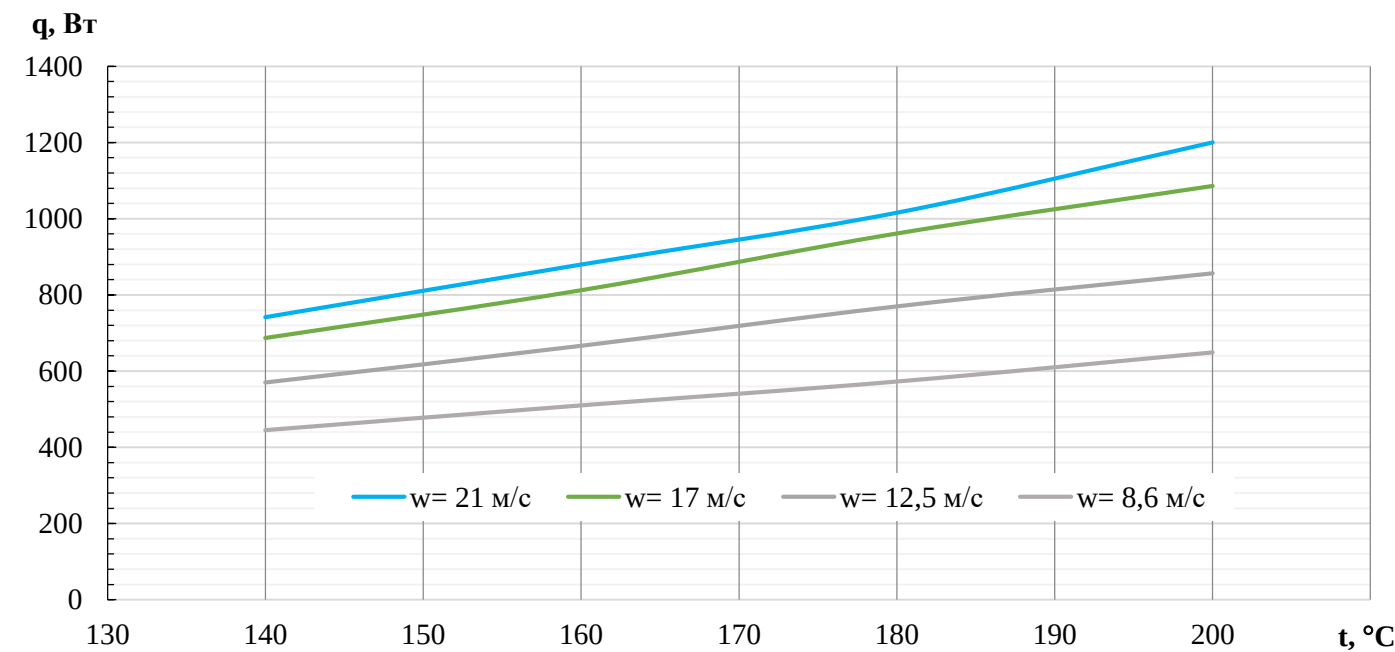
Залежність аеродинамічного опору (ΔP) від температури газів на вході (t)



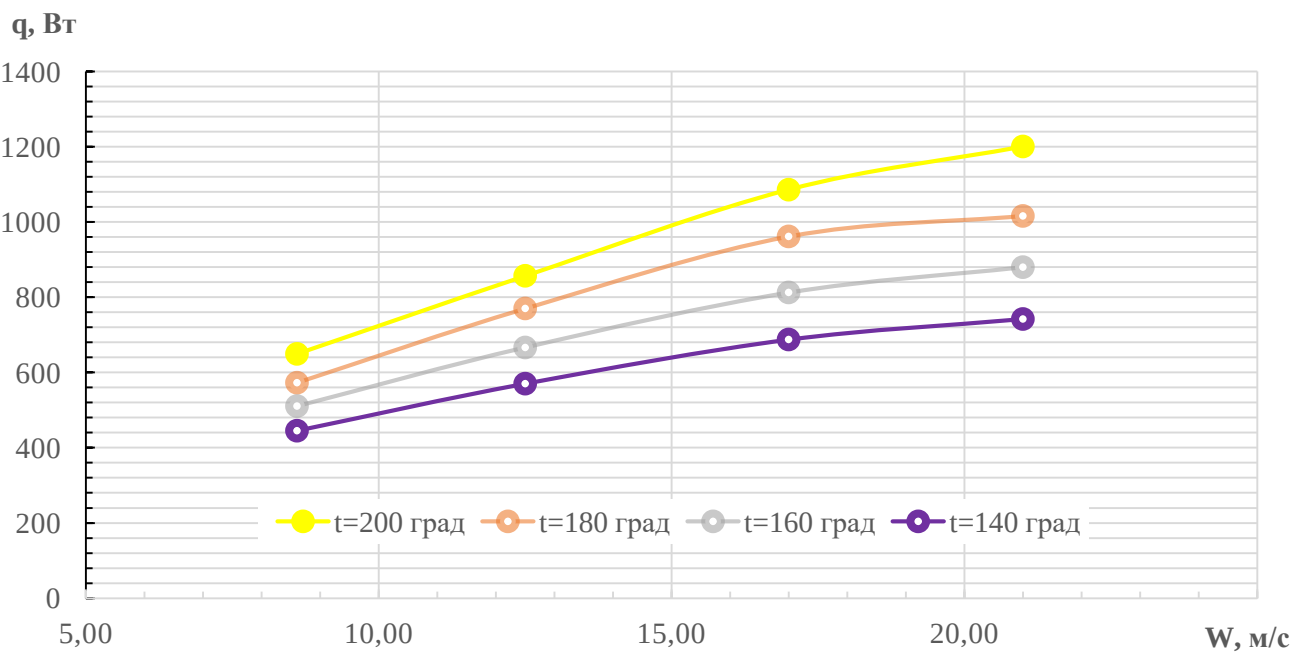
Залежність аеродинамічного опору (ΔP) від швидкості газів на вході (W)



Залежність теплового потоку (q) від температури газів на вході (t)

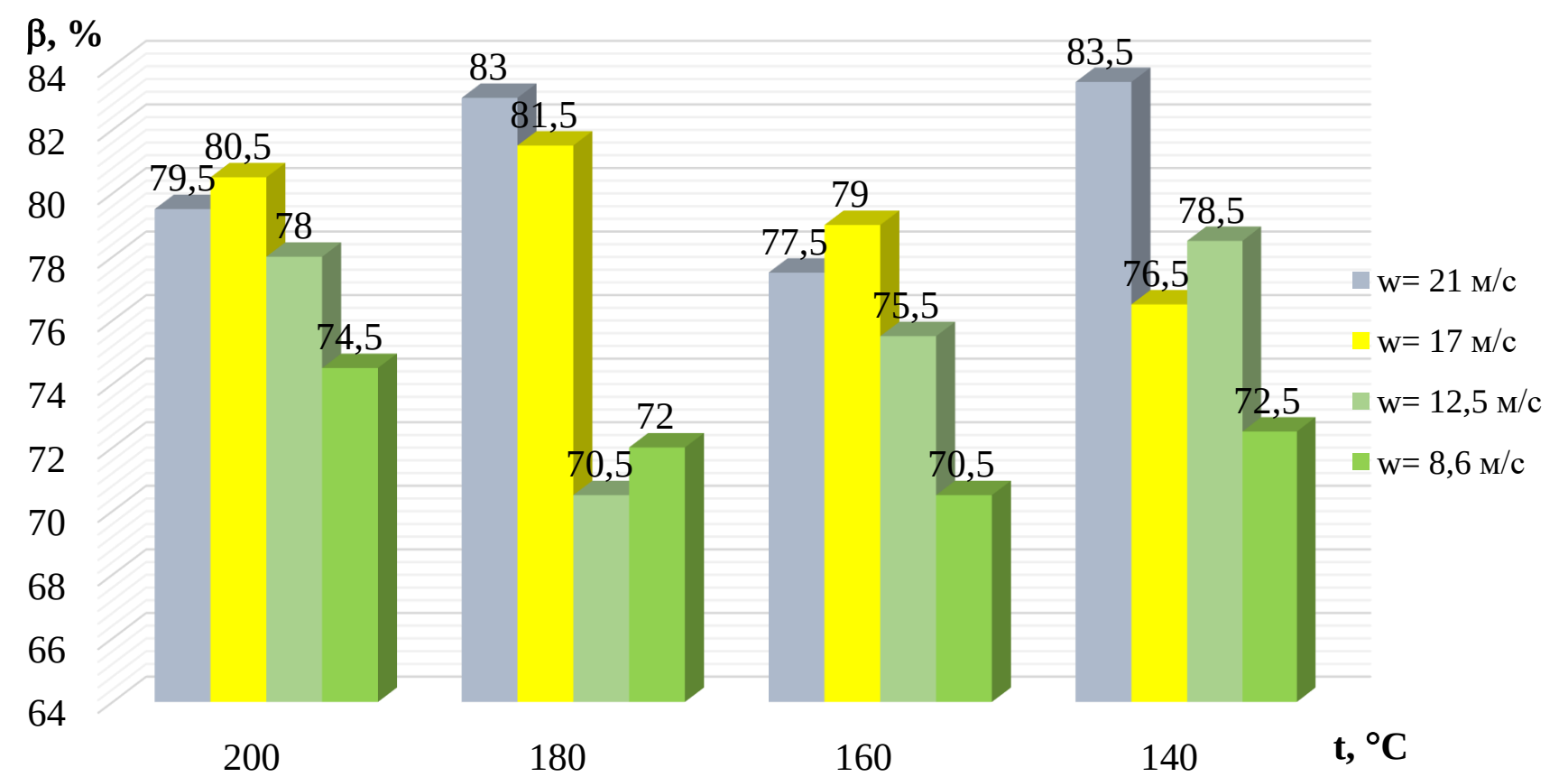


Залежність теплового потоку (q) від швидкості газів на вході (W)

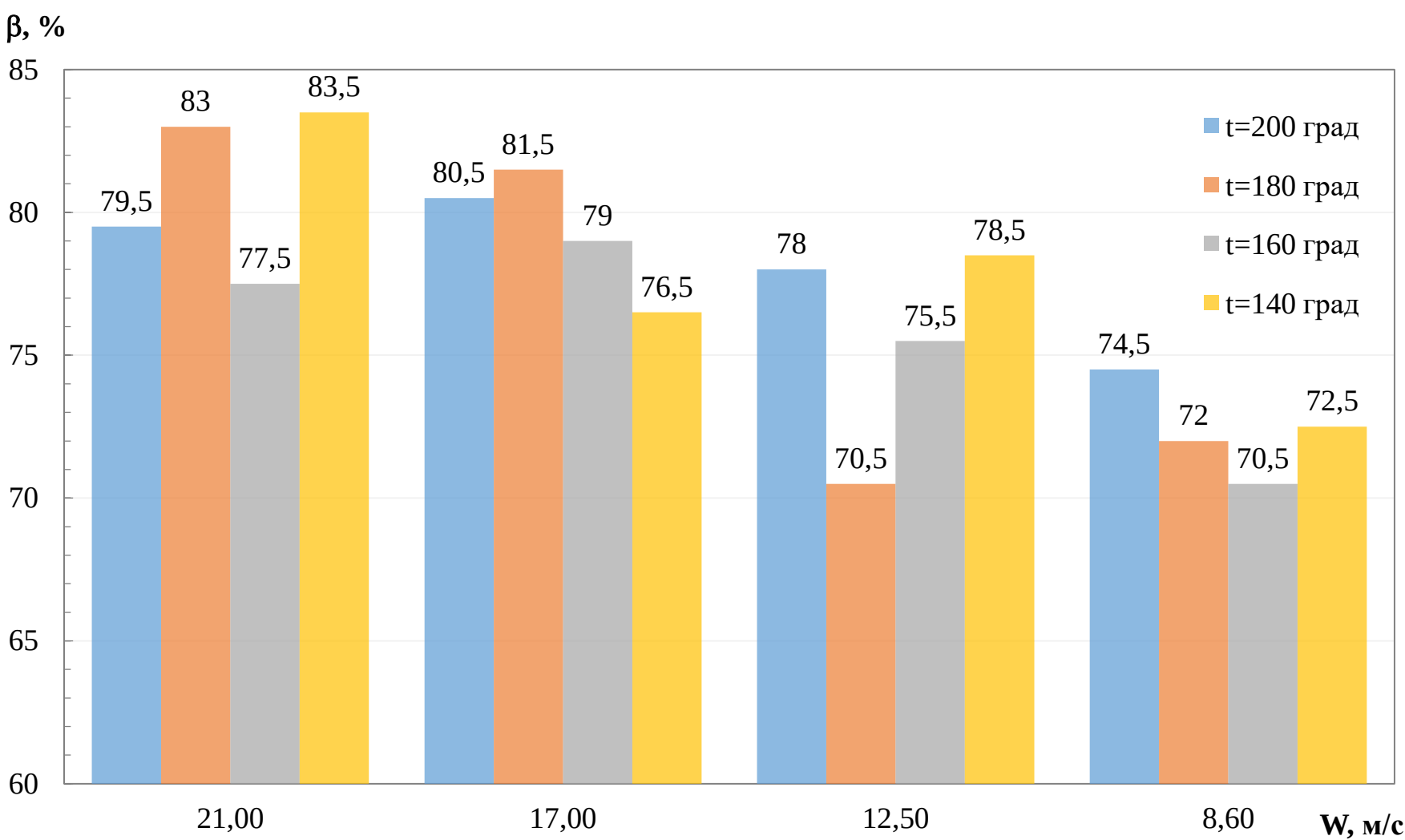


**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ
ГАЗІВ В ЦИКЛОНІ-УТИЛІЗАТОР**

Залежність ступеня очищення (β) від температури газів на вході (t)



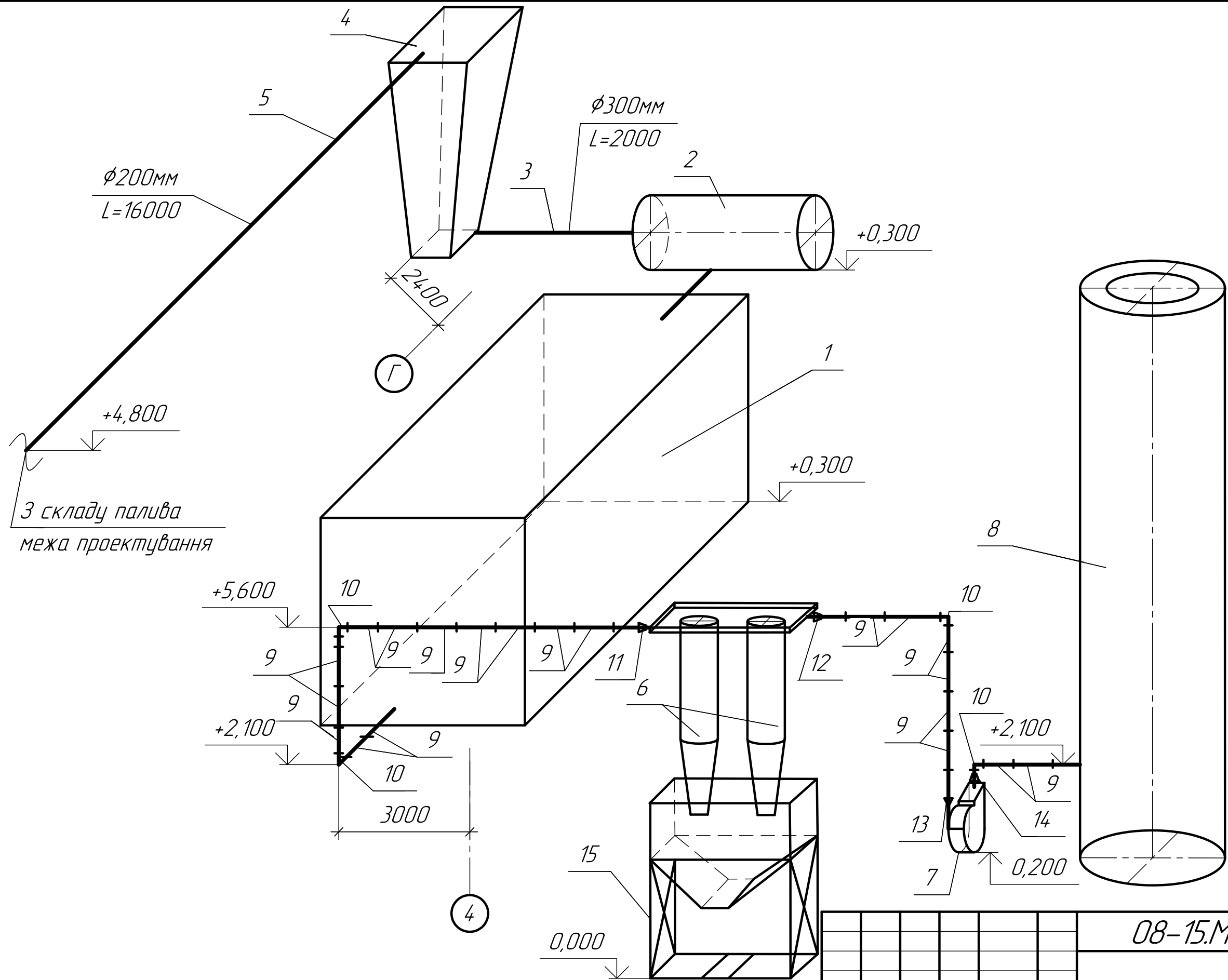
Залежність ступеня очищення (β) від швидкості газів на вході (W)



Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
		Перелік елементів								
Справ. №	1	Паровий котел КЕ-10-1,4	1							
	2	Пальник для спалювання тріски	1							
	3	Живильник для тріски деревини	1							
	4	Бункер живильний	1							
	5	Шнековий транспортер в жолобі Ø200мм L=16м	1							
	6	Циклон типу ЦН-15-900х2УП	1							
	7	Димосос ДН-9 з двигуном 15 кВт/1500об.хв.	1							
	8	Димова труба самонесуча D=1400мм	1							
	9	Повітропровід оцинкований 350х4 74, Ø=1мм	20							
	10	Коліно 90°, 350х4 74, Ø=1мм	3							
	11	Перехід 350х4 74/594х234, L=300мм, Ø=1мм	1							
	12	Перехід 540/350х4 74, L=400мм, Ø=1мм	1							
	13	Перехід 350х4 74/900мм, L=300мм, Ø=1мм	1							
	14	Перехід 512х390/350х4 74, L=300мм, Ø=1мм	1							
	15	Опорна конструкція під циклон	1							
Підп. и дата										
Инв. № дцкл.										
Взам. инв. №										
Підп. и дата										
Инв. № подл.	Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-15.МКР.002.02.00.000	Схема системи паливоподачі та очищення димових газів монтажна аксонометрична	Літ.	Лист	Листів
	Виконав	Глеба Я.О.								1
	Перевірив	Степанова Н. Д.								
	Опонент	Христич О.В.								
	Н.контр.	Степанова Н.Д.								
	Затвердив	Степанов Д.В.								
ВНТУ, зр. ТЕ-23м										

Согласовано

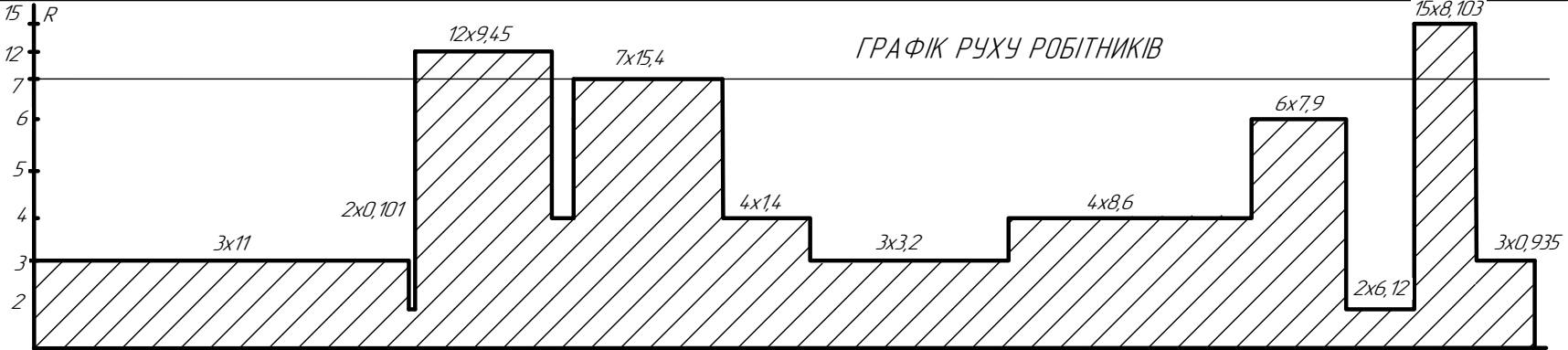
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	



						08-15.МКР.002.02.00.000 Г5			
						м. Гнівань			
Зм.	Кол.ч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спеціалізабетону"	Стадія	Арк.	Аркцшів
Розробив	Глеба Я.О.								1
Перевірив	Степанова Н.Д.								
Т.контр.						Схема системи паливободачі та очищення димових газів монтажна аксонометрична	ВНТУ гр. ТЕ-23м		
Опонент	Христин О.В.								
Н.контр.	Степанова Н.Д.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖНИХ РОБІТ

Номер	Найменування робіт	Одиниця вимірюван ня	Об'єми	Норма часу, год-год	Трудоміс ткість	Склад бригади	Кількіс ть працівн иків	Тривал ість	Вересень								Жовтень						Листопад						Грудень				
									11	12	13	14	15	18	25	26	6	9	10	27	30	31	1	2	3	5	7	15	16	28	5	14	15
									1	2	3	4	5	6...	11	12...	20	21	22...	35	36	37	38	39	40	41	42...	48	49...	57	61	69	70
1	Укладка фундаменту під монтаж великогабаритного обладнання	100м ³	0,37	253	11,7	будівельник 3 (2 люд.) і 4 розр.	3	3,9	3x3,9																								
2	Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування	т	38,6	4,4	21,23	водій, 2 вантажник	3	7,1	3x7,1																								
3	Розмітка місць прокладання транспортувального шнеку і газоходів	100м	0,403	4	0,201	монтажник 6 і 3 розр.	2	0,101	2x0,101																								
4	Монтаж парового котла КЕ-10-14	шт	18,9	48,02	113,4	монтажник 6,5 (по 1 люд.) і 4,3 (по 2 люд.)	12	9,45	12x9,45																								
5	Монтаж автоматики котла	шт	1	11,2	14	монтажник 3 (по 1 люд.) і 6 (по 1 люд.)	4	0,35	4x0,35																								
6	Монтаж паливкової системи "Wichlacz BIOPALNIK" 5 мВт	шт	5,2	166,08	108	монтажник 3 (3 люд.), 4 (3 люд.) і 6 розр.	7	15,4	7x15,4																								
7	Прокладання шнекового транспортера AgroHelix D=220мм L=16м	м	0,8	56	5,6	монтажник 2,3,4 і 5 розр.	4	1,4									4x1,4																
8	Монтаж опорної конструкції під циклон	т	0,23	74,08	2,13	монтажник 2,3,4 і 5 розр.	4	0,53									4x0,53																
9	Монтаж циклону ЦН-15-900х2УП	шт	0,2	384,2	9,6	монтажник 3, 4 і 6 розр.	3	3,2									3x3,2						4x1,1										
10	Монтаж димососу ДН-9 з двигуном 15кВт/1500 об.хв	шт	1	35	4,4	монтажник 2,3,4 і 6 розр.	4	1,1															4x7,5										
11	Прокладання газоходів і фасонних деталей	100м ²	0,69	348,5	30,05	монтажник 2,3,4 і 5 розр.	4	7,5																									
12	Монтаж димової труди	т	4,52	83,52	47,2	будівельник 6,4 і 3 розр.	6	7,9															6x7,9						2x6,12				
13	Гідравлічне випробування парового котла	комплект	1	98	12,25	монтажник 6 і 4 розр.	2	6,12																					15x8,103				
14	Влаштування теплової ізоляції котла	1м ³	54,75	17,76	121,54	монтажник 3 (3 люд.), 2 (2 люд.) і 4 розр.	15	8,103																					3x0,935				
15	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	3,4	4,4	1,87	водій, 1 вантажник	2	0,935																									



ГРАФІК РУХУ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Автомобіль MAN TGX	9x4,32																												9x0,425		
Автокран МАЗ КС-4571	9x2,36																														
Автокран КС-3575А	9x1,48																														
Ледідка ЛЕМ-20	9x3,969																														
Ледідка АТК КСД-НД	9x14,73																												9x0,84		
Гайковерт Metabo SSW 650	9x0,825																														
Зварювальний апарат Machtz MWM-315	9x19,2																												9x2,2		
Опресовувач ROTHENBERGER RP PRO 3	9x1,44																												9x14,75		

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№ п/п	Позначення	Формула	Результат	Одиниці виміру
1	$Q_{зог}$		465,73	люд.-дні
2	$T_{зог}$		70	дні
3	R_{max}		15	люд.
4	$R_{сер}$	$Q_{зог}/T_{зог}$	6,85	люд.
5	$T_{встан}$		10	дні
6	$\pm_1$	$R_{сер}/R_{max}$	0,46	
7	$\pm_2$	$T_{встан}/T_{зог}$	0,143	

						08-15.МКР.002.03.00.000 КП			
						М. Гнівань			
Зм.	Кол.ч.	Арк.	№док.	Підп.	Дата	Ефективність використання поновлювальних джерел енергії на котельні приватного акціонерного товариства, Гніванський завод спеціалізованого	Стадія	Арк.	Аркцнів
Розробив	Глеба Я.О.								1
Перевірів	Степанова Н.Д.								
Т.контр.									
ОпONENT	Христич О.В.					Календарний план монтажу системи паливоподачі та очищення димових газів	ВНТУ, гр. ТЕ-23м		
Н.контр.	Степанова Н.Д.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.		Поз. обозна-чение	Наименование				Кол.	Примечание					
			Перелік елементів										
Справ. №		1	Контролер Edison modison 200				1						
		2-4	Манометр МТИ-1,0 кгс/см ² МТИ-0,6 кгс/см ²				3						
		5,6	Термометр опоры Endress+Hauser TR10-ABA1CASX2A000				2						
		7	Реле максимального тиску повітря				1						
		8	Сигналізатор рівня рідини				1						
		9	Датчик-реле тиску газу				1						
		10-12	Датчик ротаційний SE-10F-AC				3						
		13,14	Датчик рівня				2						
		15	Датчик концентрації				1						
		16,17	Датчик тиску Danfoss MBS 1700				2						
Подп. и дата													
Взам. инв. №													
Подп. и дата													
Инв. № подл.							08-15.МКР.002.04.00.00.						
		Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата							
		Виконав	Глеба Я.О.				Фукціональна схема автоматизації парогенератора КЕ-10-1,4			Літ.	Лист	Листів	
		Перевірив	Степанова Н.Д.									1	
		Опонент	Христич О.В.										
		Н.контр.	Степанова Н.Д.										
		Затвердив	Степанов Д.В.										
								ВНТУ, зр. ТЕ-23М					

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

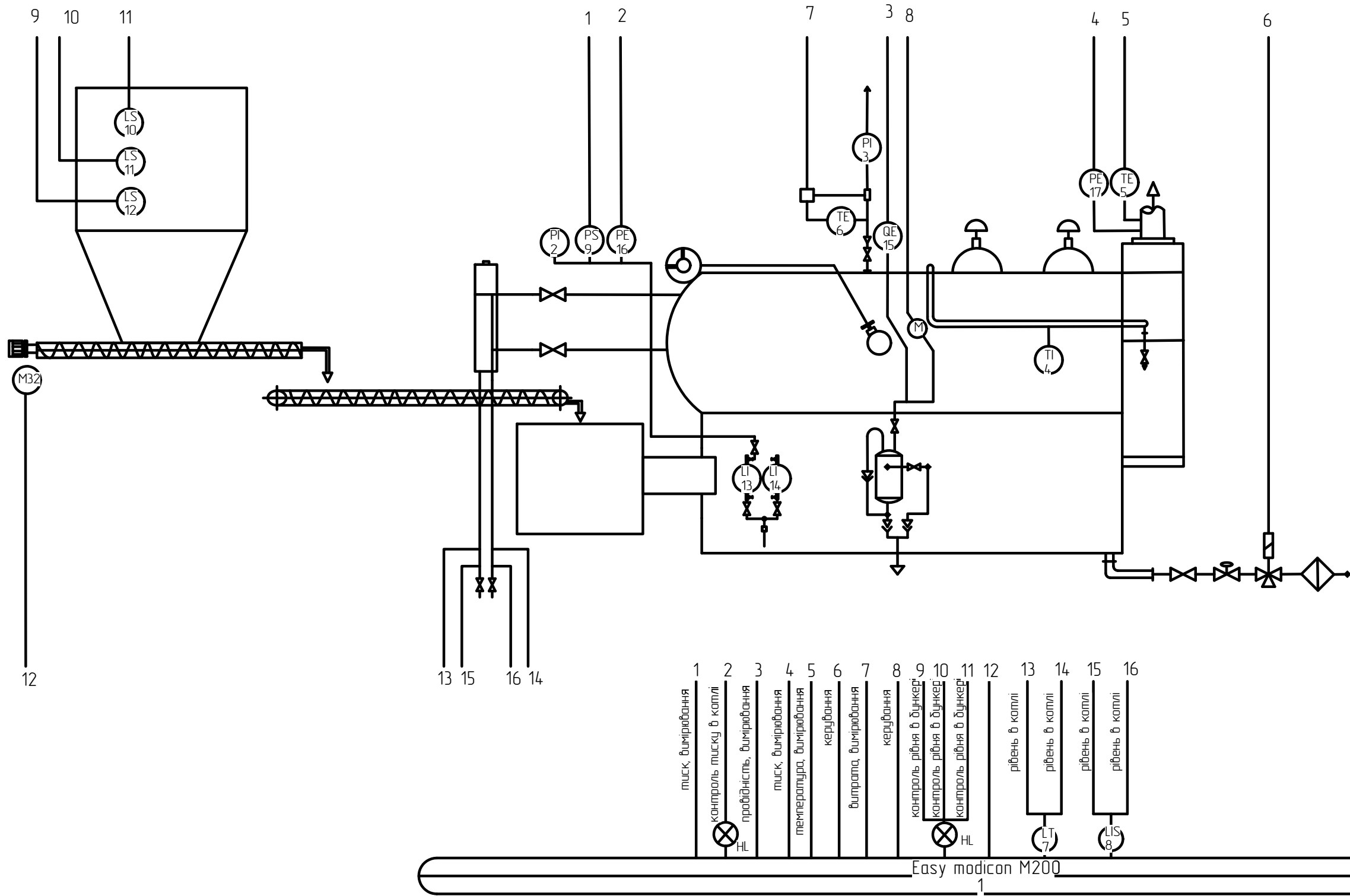
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-15.МКР.002.04.00.000



08-15.МКР.002.04.00.000					Функциональная схема автоматизации парогенератора КЕ-10-14		
Зм.	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Виконав	Глеба Я.О.						
Перевірив	Степанова Н.Д.				Аркцш	Арцшів	1
Т.контр.					ВНТУ, гр. ТЕ-23м		
Опонент	Христич О.В.						
Н.контр.	Степанова Н.Д.						
Затвердив	Степанов Д.В.						

Копировал

Формат А3