

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

на тему: **АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ
БІОПАЛИВНИХ КОТЕЛЕНЬ**

Виконав: студент групи 601МНТ
спеціальності
144 Теплоенергетика
Шульженко Р.О.

Керівник к.т.н., доц. Чернецька І.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Собівчак М.М.
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою к.т.н. проф., Голік Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії Голік Ю.С.

"___" _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

ШУЛЬЖЕНКО Роман Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень

керівник проекту (роботи) Чернецька І.В. к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу №986-фа від "4" 09.2023 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) План роботи, складений керівником роботи, каталоги обладнання, літературні джерела

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Аналіз потенціалу біомаси. Дослідження принципу роботи біопаливних котелень. Технічні вимоги. Постановка задачі, вибір методів досліджень. Тепловий розрахунок котла. Аналіз обладнання біопаливних котелень. Економічна доцільність переходу на біомасу. Охорона праці та безпека. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мета та задачі дослідження. Аналіз схем роботи котелень на біомасі. Теплова схема котельні. Обладнання котельні на біомасі. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<u>Аналіз потенціалу біомаси. Дослідження принципу роботи біопаливних котелень. Технічні вимоги.</u>	09.2023р.	
2.	<u>Постановка задачі, вибір методів досліджень. Тепловий розрахунок котла.</u>	10.2023р.	
3.	<u>Аналіз обладнання біопаливних котелень. Теплова схема котельні</u>	11.2023р.	
4.	<u>Економічна доцільність переходу на біомасу. Виконання креслень. Охорона праці. Висновки.</u>	12.2023р.	

Студент _____
(підпис)

Шульженко Р.О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Чернецька І.В. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: с., рис., табл., додатків, джерел.

Об'єкт дослідження – котельні на біомасі.

Предмет дослідження – особливості обладнання та проектування котелень на біомасі.

Мета роботи – аналіз роботи котелень на біомасі та узагальнення їх особливостей, які мають враховуватися при проектуванні.

Методи досліджень – системний аналіз, теоретичний розрахунковий експеримент, техніко-економічне порівняння та прогнозування.

Проаналізовано потенціал використання біомаси, принцип роботи котелень на біомасі, вимоги до котлів та приміщень для зберігання запасів палива.

Виконано розрахунки теплотворної здатності тріски залежно від її вологості.

Виконано тепловий розрахунок котла на біомасі без економайзера та з конденсаційним економайзером.

Підтверджено доцільність застосування економайзера, як дієвого засобу підвищення ефективності виробництва теплової енергії.

КОТЕЛЬНЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО,
БИОМАСА, ТРИСКА, КОТЕЛ, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	3
1.1 Аналіз потенціалу використання біомаси на котельнях комунальних підприємств.....	3
1.2 Принцип роботи котелень на біопаливі	5
1.3 Особливості зберігання біомаси та технології її подачі в котли	9
1.4 Основні технічні вимоги до котлів на біомасі	11
1.5 Аналіз особливостей сумісної роботи біопаливних котлів з газовими.	26
2. Розрахунок витрат гарячої води для житлового будинку. Визначення теплового навантаження на гаряче водопостачання житлового будинку.....	27
2.1 Методика розрахунку котлів на біомасі	27
2.2 Основні засади розрахунку процесу горіння	35
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Аналіз впливу вологості біомаси на її теплотворну здатність.....	37
3.2 Дослідження котла на біомасі.....	40
3.3 Економічна ефективність реконструкції	64
3.4 Одержання та обґрунтування основних науково-технічних результатів досліджень	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
4.2 Сигналізація і автоматизація	70
4.3 Пожежна сигналізація	71
ВИСНОВКИ.....	74

						601МНТ-10700827-МР		
<i>Зм.</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Шульженко Р.О.</i>				<i>Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Чернецька І.В.</i>					2	78	
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>					НУ«ПП ім. Ю.Кондратюка»		
<i>Н. контр.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>							

ВСТУП

Одним з ключових напрямків енергетичної політики України є використання відновлюваних джерел енергії, що сприяє ефективному використанню традиційних паливних ресурсів та поліпшенню стану довкілля. Біоенергетична галузь володіє значним потенціалом розвитку, враховуючи сприятливі кліматичні умови, потужний аграрний та лісовий сектори, а також наявність кваліфікованої робочої сили.

Біомаса вже зараз займає четверте місце серед енергетичних джерел у світі, забезпечуючи 14% від загального обсягу виробництва первинних енергоносіїв. Потенціал використання біомаси в Україні оцінюється від 10,6 до 17,6 мільйонів тонн у.о.е. щорічно. Серед перспективних видів біомаси виділяються відходи сільського господарства, деревообробної промисловості та саме деревина. Ресурси відходів деревини в Україні, включаючи кору, лісове господарство та деревопереробну промисловість, становлять потенційно 3743 тисячі м³ або 984 тисячі тонн у.о.е. щорічно. Загальний обсяг невикористаних ресурсів відходів деревини становить 2858 тисяч м³ або 0,75 мільйона тонн у.о.е. Відсоток внеску деревини в енергетичний баланс країни складає близько 0,4%.

Відповідно питання особливостей проектування котелень на біомасі є дуже актуальним і потребує детального вивчення.

Посилення використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі України сприятиме диверсифікації джерел енергоносіїв і зміцненню енергетичної незалежності країни.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							2
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз потенціалу використання біомаси на котельнях комунальних підприємств

Енергетичні рішення на основі біомаси та біопалива забезпечують чисту та поновлювану енергію. Підприємства, що турбуються про довкілля, сьогодні використовують біопаливо для пом'якшення впливу своєї діяльності на навколишнє середовище за рахунок зменшення викидів парникових газів. При цьому суттєво знижуються об'єми використання газу, вартість якого постійно зростає. Альтернативне паливо може допомогти зменшити кількість CO₂, скоротити викиди, а також зменшити витрати на експлуатацію та купівлю традиційного палива. Разом з тим відбувається економія коштів на оплату електроенергії, яка може вироблятися підприємством самостійно й реалізовуватися за «зеленим» тарифом.

Значна кількість біомаси утворюється при виробництві і переробці продукції рослинництва (солома від зернових, лузга, качани кукурудзи та ін.). До біомаси відносять також рослинний матеріал, який спеціально вирощується в енергетичних цілях, наприклад, плантації тополі, верби, міскантусу, мальви та інших енергетичних рослин.

Відповідно до свого складу біомаса поділяється на:

- вуглецемістку (рослинний матеріал, деревна тріска, тирса, морські водорості, зерно, папір, пакувальна тара)
- цукромістку (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго).

Ферментація 1 тонни органіки дозволяє отримати 150-500 м³ паливного газу з питомою теплотою спалювання 4300-6000 ккал/м³. На глобальному рівні біомаса може покрити 22 ЕДж кінцевого споживання тепла в промисловості (15% загального обсягу) і 24 ЕДж у будівельній галузі (20% загального обсягу) до 2050 року [4].

У Європі спостерігається динамічне зростання виробництва пристроїв та агрегатів для пелетування та брикетування біомаси з одного боку, і збільшення кількості твердопаливних котлів та камінів для спалювання такого виду палива з

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							3
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

іншого. Одним із найважливіших факторів, що впливає на їх поширення, є нижча ціна, ніж у традиційних палив, але свою роль відіграють також доступність, екологічність та необхідність утилізації вже наявної біомаси. Найпростішим способом виробництва теплової енергії з біомаси є її пряме спалювання – тепла енергія 1 кг соломи з вологістю 15 % становить біля 14,3 МДж, що відповідає запасам теплової енергії 0,81 кг деревини для опалення, 0,75 кг бурого вугілля або 0,41 м³ природного газу [4].

Увагу привертає енергетичний аспект вирощування верби, як цілий напрямок сільськогосподарського виробництва, що є досить прибутковим. Енергетична сировина з верболозу, у принципі, є невичерпним і швидко відтворюваним джерелом енергії. Спалювана деревина значно менш шкідлива для навколишнього середовища, ніж продукти спалювання вугілля. 1 кг брикету із зрубів чагарникової верби за калорійністю відповідає 0,7 кг кам'яного вугілля, а коштує вповнину дешевше [2]. Отже, найбільш вживаними технологіями використання біомаси сільськогосподарського походження є пряме спалювання у твердопаливних котлах та камінах, а також утилізація у біогазових установках.

У багатьох країнах успішно функціонують пелетні виробництва, де населення широко використовує білі деревні пелети для опалення та гарячого водопостачання. На численних теплоелектростанціях та теплоцентралях великі обсяги низькоякісних сірих пелет спалюються у великих кількостях. Деревообробні та сільськогосподарські підприємства економно пресують власні відходи та використовують отримане при їх згорянні тепло та електроенергію для виробничих потреб [3]. Це бурхливе розвиток галузі став можливим завдяки комплексу об'єктивних факторів, таких як боротьба за поліпшення екології, зниження викидів вуглекислого газу та зростання цін на викопне паливо. Більш того, пелети відносяться до поновлюваних видів палива, а при їх спалюванні в атмосферу потрапляє стільки CO₂, скільки поглинули рослини під час зростання. Таким чином, деревина та продукти її переробки є безпечним видом палива, використання якого не спричинює парникового ефекту.

Згідно з дослідженням Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), тепла й електрична енергія, отримана з біомаси, вже може конкурувати за

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							4
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обсягами з видобутком викопного палива. Однією з головних переваг є широке поширення ресурсів біомаси та їх теоретична необмеженість. Основні види біомаси, такі як деревина, деревне вугілля, сільськогосподарські та тваринницькі відходи, вже забезпечують тепловою енергією 2-3 мільярди людей у світі [5].

Прогнозується збільшення світового попиту на енергоресурси у 2035 р. на 37% порівняно з 2010 р. та подальший ріст у середньому на 1,4% в рік. Дослідження Міжнародного агентства IRENA свідчать, що використання біомаси до 2030 р. в усьому світі може подвоїтися порівняно 2015 р. та скласти 60 % від загального обсягу використання ПДЕ, що становитиме біля 20 % світових поставок первинної енергії. Відповідно до цього біомаса може стати одним із основних видів ПДЕ. Очікуються підвищення частки біомаси в енергетичних і транспортних секторах до 29 % від загального обсягу споживання, а також у комбінованому виробництві тепла та електроенергії на ТЕЦ – до 1/3 загального обсягу енергоспоживання в 2030 році [7].

Разом із тенденцією посилення екологічних норм централізованої генерації, очевидна тенденція використання біомаси в промислових виробництвах.

У зв'язку з наявністю дешевої місцевої сировини, яку надають комунальні служби міст у вигляді відходів від обрізки зелених насаджень, теплогенеруючі підприємства України часто надають перевагу наступним видам біопалива:

- 1) дерев'яна щепка (тріска), з максимальним розміром до 40 x 40 x 20 мм;
- 2) суміш дерев'яної щепи та тирси (50% x 50%).

При цьому постачальники палива не гарантують, що зможуть забезпечити дерев'яну тріску тільки відповідних розмірів, тому необхідно встановлення сепаратора для відсіювання домішок великого розміру.

1.2 Принцип роботи котелень на біопаливі

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							5
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Біопаливні котельні комплекси за останні 15-20 років стали дедалі ширше використовуватись на підприємствах нашої держави. Такі твердопаливні котельні бувають різних типів та конструкцій.

За енергоносієм, що виробляється в котлоагрегаті, їх поділяють на 3 класи:

- парові;
- водогрійні;
- комбіновані.

Технологічний процес спалювання біомаси обумовлює типові вимоги до котельного обладнання: рухливий колосник, розрахована швидкість проходження газів через котел (тому що температура прилипання золи становить 760 °С), золовидалення, очищення димових газів за допомогою циклонів і парових скрубберів, застосування рекуператорів для підігріву повітря на горіння і економайзерів для підігріву живильної води (на парових котлах). Потужність парових та водогрійних котелень на біомасі може становити від 5 до 100 МВт [8].

Основні елементи котельні на біомасі показані на рис. 1.1.

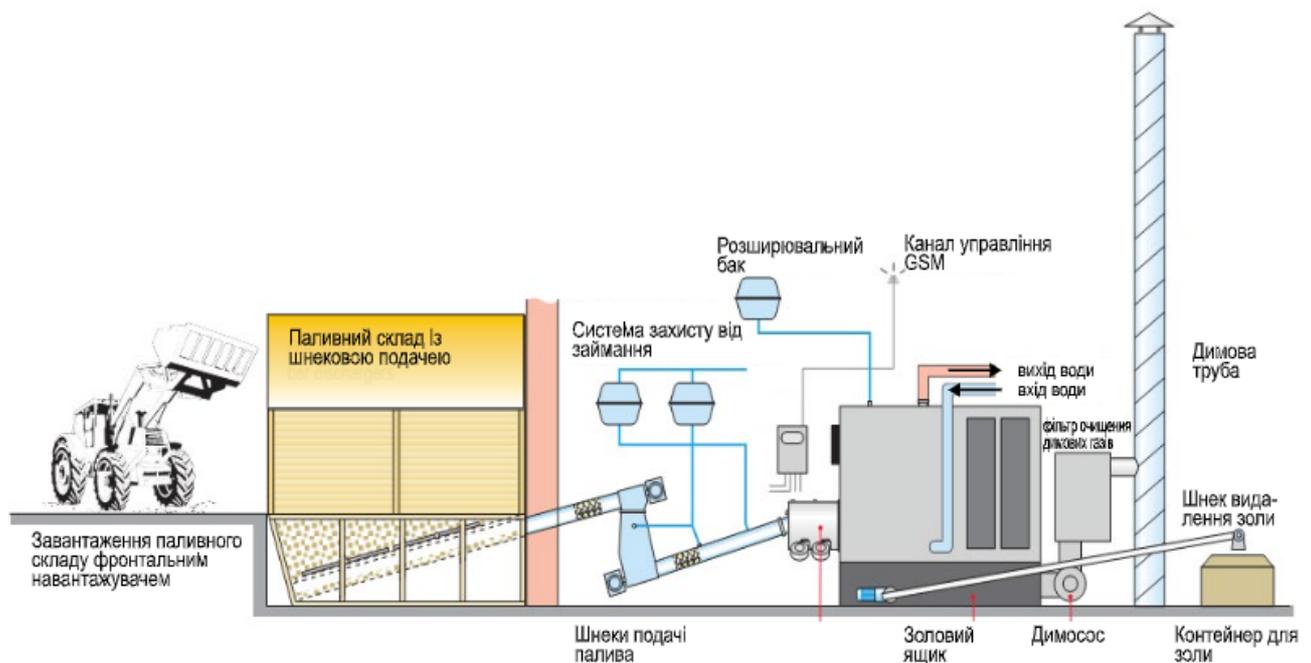


Рисунок 1.1 – Основні елементи котельні на біомасі

Система подачі біопалива

Для попереднього приготування та складування палива використовуються рубильний та завантажувальний машинні механізми. Зберігання палива

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		6

передбачається на паливному складі, який оснащується автоматичною системою подачі палива в топку.

За допомогою рухомої підлоги паливо подається на розподільувач, а далі поступає на сепаратор. Після сепаратора паливо подається на систему ланцюгових скребкових транспортерів, які здійснюють транспортування палива в бункер топки.

Система видалення димових газів

Система видалення димових газів складається із системи газоходів, вентиляторів та проектованої димової труби і призначається для видалення з попередньою очисткою димових газів в атмосферу. Для очистки димових газів проектом передбачається встановлення мульти-циклонів

Система видалення золи з топки та мультициклону

Система видалення золи топки призначена для видалення твердих продуктів згоряння з біомаси топки, транспортуючи їх в тракторний причіп, розташований зовні. Система видалення золи повністю автоматизована.

Система видалення золи топки складається з наступних пристроїв:

1. Гідравлічний транспортер золи.
2. Ланцюговий гідравлічний конвеєр.
3. Спіральний конвеєр для золи.

Система видалення золи з мультициклону збирає тверді частинки з нижньої його частини і переміщує їх в зольні контейнери за допомогою зольного дозувального клапана і спірального транспортера для золи.

Система стисненого повітря

Система стисненого повітря складається з повітряного компресора, ресивера, адсорбційного осушувача, масловіддільника.

Система стисненого повітря використовується для очистки водогрійного котла з біопаливною топкою, конденсаційного економайзера, управління клапанами з пневматичними приводами газоходів, управління клапаном з пневматичним приводом для системи пожежогасіння системи паливоподачі топки та для вимірювальних пристроїв.

Система аварійного електропостачання

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							7
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Котельня підключається до міської електромережі і дизель-генератора. Дизель електрогенератор вмикається тоді, коли з якоїсь причини котельня не може бути забезпечена електроенергією від міської мережі.

Для аварійної роботи котла і під час аварійної зупинки, основні пристрої повинні бути забезпечені електроенергією від дизельного генератора.

Витрата теплоносія не регулюється. Температура теплоносія змінюється відповідно до температури зовнішнього повітря.

Принцип роботи системи автоматичного спалювання відходів деревини

Обладнання працює за таким принципом: подрібнене паливо засипається в бункер. З бункера паливо за допомогою шнека подається в необхідній кількості в камеру попереднього спалювання. Туди ж подається газ, підпалюється, вогонь надходить в твердопаливний котел, де відбувається нагрів теплоносія до заданої температури. Температура теплоносія регулюється автоматично. У топці водогрійного котла здійснюється примусова тяга димових газів.

Для спалювання придатні такі види відходів деревини: кора, тирса, стружка, тріска, паливні пелети, торфобрикети; а також відходи сільськогосподарської діяльності: шкаралупа горіхів, стебла соняшнику, солома та інші види біомаси (рис. 2).



Рисунок 1.2 – Види біомаси

Робота САС здійснюється автоматично:

Сипуче паливо подається до камери попереднього спалювання в потрібній кількості.

Пропорційно кількості подачі палива здійснюється примусовий піддув нагрітого повітря в камеру попереднього спалювання.

Автоматично регулюється задана температура теплоносія.

У топці водогрійного котла здійснюється примусова тяга димових газів.

При всіх перевагах, потрібно знати й про недоліки:

- твердопаливні котли мають велику вагу.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		8

- для зберігання палива (пелети, дров, брикетів) потрібно мати додаткове приміщення.

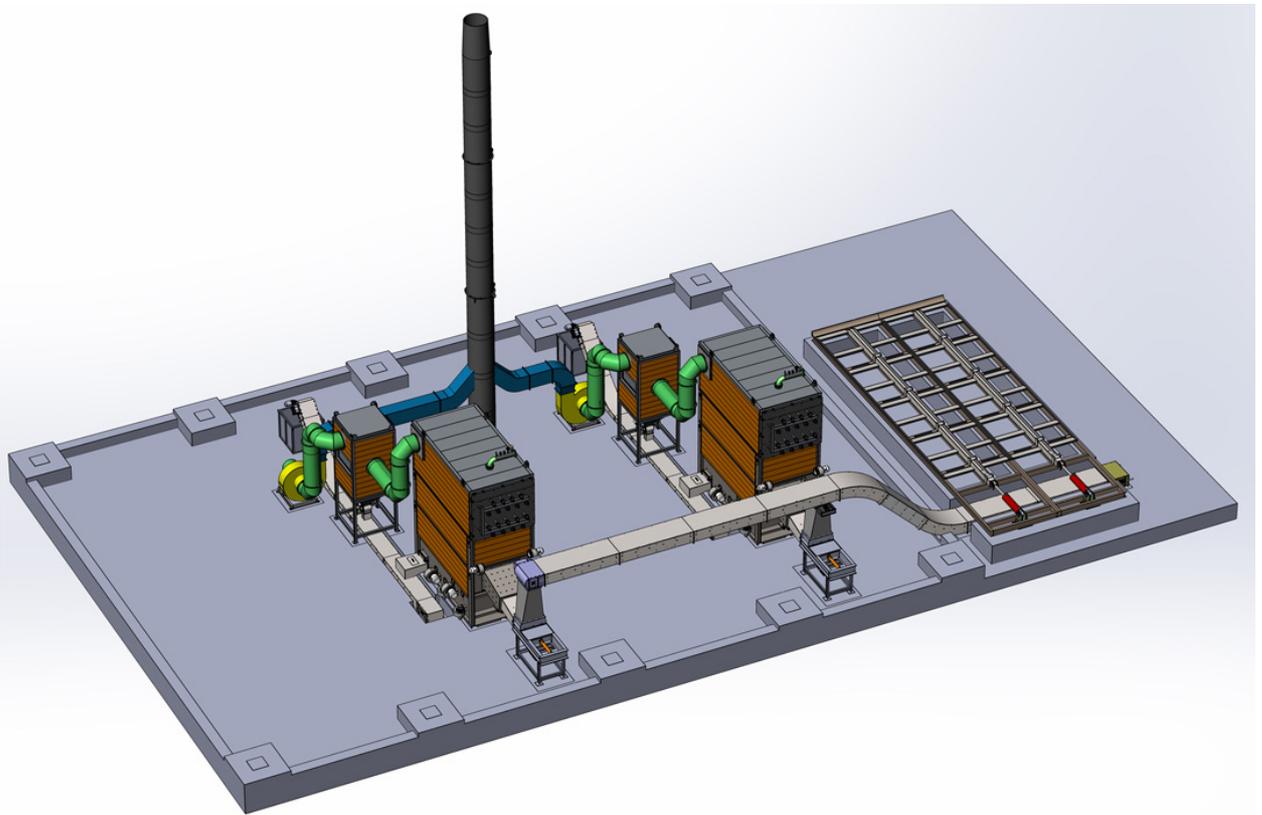


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд котельні на біомасі

1.3 Особливості зберігання біомаси та технології її подачі в котли

Зберігання палива передбачається на паливному складі об'ємом 330 м³ з фундаментом, стінами, дахом, внутрішньою системою вентиляції, водопостачання та каналізації, електричним обладнанням та освітленням, системою автоматичного пожежогасіння, пожежним гідрантом та дренажною системою. Перед запуском на складі зберігання сировини накопичується деревинна тріска, якої вистачає на тиждень роботи при штатному навантаженні (активний резерв – 72 години). Деревинна тріска регулярно надходить на склад у міру використання сировини, поповнюючи таким чином необхідні запаси.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		9

Склад зберігання палива має рухоме дно та систему автоматичної паливоподачі до котла (рис. 1.8, 1.9). Для подрібнення деревини використовується пересувна машина (рубильна машина), включаючи сітку для видалення та рециркуляції щепи з розмірами, які перевищують максимальні. Завантаження сировини виконує спеціальний навантажувач дерев'яної щепи на колісному ході з ручним керуванням.



Рисунок 1.8 – Склад запасу біопалива

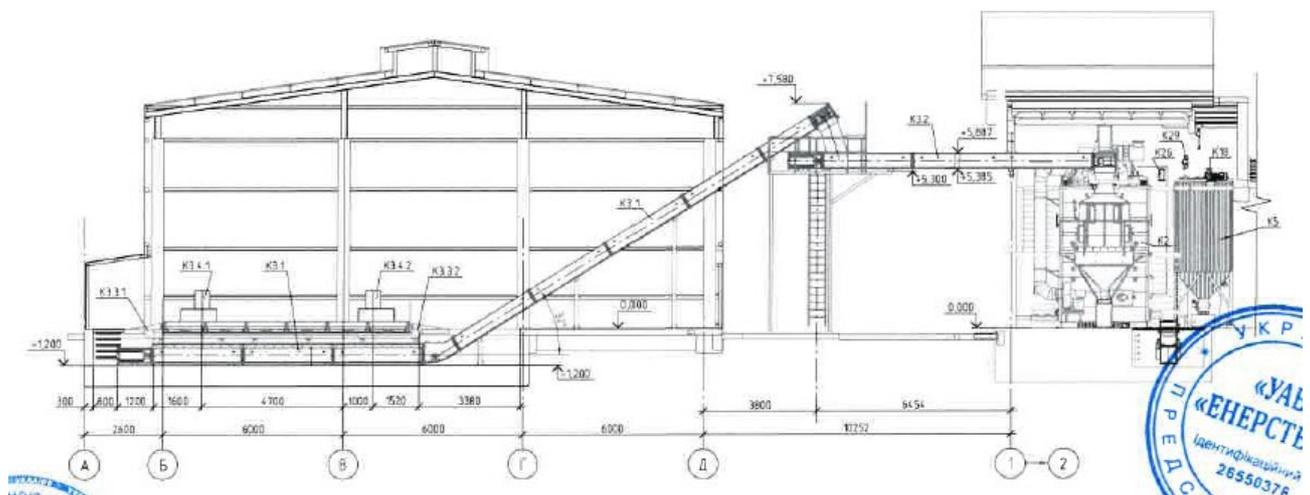


Рисунок 1.9 – Система подачі палива типу «Рухоме дно»

За допомогою рухомої підлоги паливо подається на розподілювач, а далі надходить на сепаратор. Сепаратор призначений для захисту від домішок розміром більше за 200x200x50мм. Після сепаратора паливо подається на систему ланцюгових скребкових транспортерів, які здійснюють транспортування палива в бункер топки.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		10

Паливозавантажувальна система обладнана пристроями для автоматичного гасіння вогню, які забезпечують зупинку поширення полум'я з топки на завантажувальний пристрій. Ця система активується за допомогою температурних датчиків, після чого розпочинається розбризкування водопровідної води.

Мінімальна температура теплоносія на вході в котел на біомасі становить 70 °С. Її підтримання на належному рівні забезпечує насос рециркуляції з усією необхідною запірною арматурою та зворотнім клапаном. Температура теплоносія на виході з котла регулюється відповідно до параметрів зовнішнього середовища. Всі температурні параметри роботи котлів фіксуються на комп'ютерному моніторі оператора котельні – рисунок 1.10.



Рисунок 1.10– Робоче місце оператора котельні

1.4 Основні технічні вимоги до котлів на біомасі

Котли на біопаливі повинні відповідати ряду технічних вимог. Перш за все вони мають працювати безперервно в існуючому приміщенні котельні відповідно до заданого температурного режиму та існуючих гідравлічних умов, використовуючи паливо, яке є найбільш доступним у даній місцевості.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Перелік основних технічних вимог до котлів на біомасі та супутнього обладнання:

ККД котла – 85% і вище на всіх діапазонах навантаження роботи котла (30-100%) при вологості палива 45%. ККД буде визначено методом зворотного балансу у відповідності до ГОСТ 30755-2001 «Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0.1 до 4.0 МВт. Общие технические условия».

Все електрообладнання твердопаливної установки повинне бути енергоефективним.

Котел повинен забезпечувати повне згорання палива при його максимальній дозволений вологості 55%. Вміст палива, що не згоріло, у донній золі не повинно перевищувати 1.5% вагових. Вміст палива, що не згоріло у летючій золі не повинно перевищувати 1.0% вагових.

Автоматична робота котла і плавне регулювання навантаження котла в діапазоні від 30% до 100% при вологості палива від 30% до 55%, а також автоматична робота котла на біопаливі в залежності від температури навколишнього повітря (погодозалежне регулювання).

Конструкцією котла повинно бути передбачено можливість легкого доступу для огляду димогарних труб.

Конструкція котла повинна передбачати люк для прямого доступу для огляду топки котла, без потреби демонтажу будь-якого обладнання. Також в котлі повинно бути передбачено оглядове вікно для візуального спостереження за процесом горіння палива

Елементи котла (передні двері, люк огляду топки), повинні мати ізоляцію, що витримує високі температури. Ізоляція вказаних елементів повинна мати конструкцію, яка передбачає її заміну (модульність, ремонтноздатність) без заміни металевих частин згадуваних елементів. Конструкція ізоляції (габарити, маса і т.д.) при необхідності її заміни не повинні вимагати додаткових підйомних механізмів (крани, потужні талі та тельфери).

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							12
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Максимальна робоча температура (котлової води) на виході з котла - 115оС, температура котлової води, при якій спрацьовує захист автоматики безпеки, - вище 115оС.
- Максимальний допустимий тиск котлової води – 10 бар.
- Температура димових газів 150 – 180°С.
- Конструкція котла повинна забезпечити його захист від низькотемпературної конденсації кислого конденсату з димових газів. Цей захист повинен бути надійним та дозволяти пуск системи з холодного стану після довгого прогріву всієї системи теплопостачання.
- Котел повинен забезпечувати утворення мінімальної кількості золи і автоматичне її видалення, а також мінімальний виніс золи з димовими газами.
- Для оптимізації процесу згоряння повинна застосовуватися технологія для зниження викидів оксиду азоту Low-NOx.
- Топка котла та колосникова решітка повинна бути розрахована на роботу у відповідних температурних режимах роботи протягом всього терміну експлуатації котла.
- Всі вентилятори та димососи повинні мати регулятори частоти обертання, які працюватимуть в залежності від навантаження котла на біопаливі.
- Котел повинен мати систему автоматичної пневматичної очистки поверхні нагрівання котла в комплекті з компресором.
- Має бути передбачено підігрів первинного повітря.
- Котел повинен обладнуватись не менше, ніж двома запобіжними клапанами, згідно з п.12.2 ДНАОП 0.00-1.26-96.
- Котел повинен бути обладнаний автоматикою, яка повинна забезпечувати безаварійну роботу котла.
- Автоматичне регулювання та система захисту котла повинні відповідати чинним діючим правилам та стандартам. Автоматика котла повинна фіксувати та запам'ятовувати першопричину виникнення аварійної ситуації (аварійний параметр спрацювання).
- Котел та всі його складові частини повинні працювати автоматично.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							13
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Тривалість безперервної роботи котла повинна бути не менше, ніж 8000 годин за рік.
- Термін служби котла повинен бути не менше, ніж 20 років.
- Котел повинен бути сертифікованим в Україні та мати дозвіл Держгіртехнагляду на використання в Україні. З котлом обов'язково повинна поставлятися технічна документація: технічний паспорт котла, інструкція з експлуатації, інструкція з монтажу. Паспорт котла повинен виконання вимог щодо надання розрахунків на міцність елементів котла.
- В цілому котел, його конструкція та його додаткове обладнання повинні відповідати всім вимогам чинних правил ДНАОП 0.00-1.26-96;
- Термоізоляція котла повинна забезпечити температуру поверхні не вище, ніж 45 °С, у місцях, до яких є доступ при нормальній роботі.
- Відключення подачі електроенергії не повинно спричинити пошкодження котла та трубопроводів внаслідок росту тиску та температури вище номінальних значень.
- Система очищення відпрацьованих газів повинна гарантувати значення викидів, відповідно до вимог Наказу Міністерства охорони навколишнього середовища України від 27.06.2006р. №309 «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел».
- Гідравлічна-конвеєрна система золовидалення для розвантаження та транспортування донної золи з камери згорання до контейнера донної золи повинна гарантувати безперервне видалення золи з топки котла та системи очистки відпрацьованих газів, а також її транспортування до контейнерів золи. Також необхідно передбачити герметичне обладнання для обробки золи приймаючи до уваги ризик запылення. Місткість кожного контейнера повинна бути достатньою для утримання золи від котла щонайменше впродовж 72 годин при його роботі при повному навантаженні. Розташування контейнерів золи повинно гарантувати легкий доступ транспортними засобами та завантаженню їх.
- Компенсатори термічного розширення, які використовуються у димоходах, повинні бути зроблені з металу чи з безазбестних матеріалів.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Компенсатори термічного розширення повинні мати дренажні випускні отвори. Всі секції димоходу відпрацьованих газів повинні бути герметичними та теплоізольованими.

Клас захисту електрообладнання IP 54.

У разі припинення постачання електроенергії необхідно забезпечити переведення системи котла у безпечний стан.

Система контролю повинна забезпечити автоматичний контроль параметрів основного процесу котла на біопаливі, необхідний захист та блокування електроприводів механізмів, а також технологічну, робочу та аварійну сигналізацію.

Автоматика управління та автоматика безпеки котла на біопаливі повинні відповідати вимогам стандартів ГОСТ 10617-83 та СніП 11-35-76 або аналогічним міжнародним стандартам.

Система управління, щонайменше, повинна мати наступні функціональні можливості:

- 1) Контроль регулювання потужності в діапазоні 30-100%.
- 2) Контроль і регулювання температури теплоносія в подаючому трубопроводі.
- 3) Контроль і регулювання температури теплоносія в зворотному трубопроводі (автоматичне підвищення температури теплоносія в зворотному трубопроводі на вході в котел).
- 4) Контроль температури вихідних газів.
- 5) Контроль швидкості подачі палива відповідно до заданого навантаження роботи котла.
- 6) Автоматичне управління 3-фазним електричним двигуном насосу рециркуляції котла.
- 7) Контроль приводу колосника (при використанні системи колосника).
- 8) Регулювання та контроль розрідження в камері згоряння: Регулювання проводиться за допомогою димососа, частота обертання якого регулюється за допомогою перетворювача частоти.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		15

9) Автоматичне управління витратою повітря згоряння відповідно до заданого теплового навантаження роботи котла.

10) Контроль наявності полум'я та його температури.

11) Індикація всіх необхідних поточних параметрів роботи котла.

12) Контроль тиску газу в камерах згоряння.

13) Автоматичне видалення донної та летючої золи.

14) Автоматичне керування системами зберігання та подачі палива.

15) Контроль тиску теплоносія на вході в котел.

16) Контроль тиску теплоносія на виході з котла.

17) Контроль витрати теплоносія через котел.

18) Технологічна та аварійна сигналізація.

Котел повинен бути оснащений дизель-генератором (в разі використання піролізного котла), який повинен автоматично включатися в роботу при зникненні електроживлення при одночасному вимкненні електромережі від системи електропостачання для забезпечення безпечної аварійної зупинки котла на біопаливі.

На дисплеї відображаються всі робочі параметри. Сигнали несправності відображаються у вигляді текстових повідомлень та подачі команди на включення звукової та світлової сигналізації.

Будь-яка несправна робота котла повинна супроводжуватись світловим та звуковим сигналами системи тривоги.

Моніторинг вимірювань та інформації щодо умов різних систем, які входять до обсягу поставки, повинен здійснюватись з щитів управління по місцю та/чи дисплеїв системи контролю.

Щонайменше, система захисного блокування повинна припинити подачу палива при:

1) Зменшенні тиску у котлі нижче допустимого значення (орієнтовно 5 бар);

2) Збільшенню тиску у котлі вище допустимого значення (орієнтовно 10 бар)

3) Збільшенню температури на виході котла вище 115 °С;

						<i>601MHT-10700827-MP</i>	Арк.
							16
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- 4) Збільшенні тиску у топці котла вище допустимого значення;
- 5) Зменшенні розрідження у котлі нижче допустимого значення;
- 6) Зменшенні витрати теплоносія через котел нижче допустимого значення;
- 7) При погасанні полум'я в топці котла.

Спрацювання захисного блокування повинне привести до зупинки вентиляторів паливного повітря, а також механізму завантаження палива в топку котла.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							17
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.4. Аналіз ринку виробників котельного обладнання

У таблиці 1.2 подано технічні характеристики імпортованих котлів на біомасі [3]. Для прикладу розглянуто найпопулярніших виробників.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							18
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики імпортованих котлів на біомасі [3]

Вид палива	Потужність, МВт	Технологія	Тиск, МПа	ККД, %
		"Viessmann"		
Дрова	0,02-0,11	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз	0,3	83-88
Тріска	0,15-1,7	Спалювання на рухомій решітці, ротаційна камера згорання	0,3-0,8	92
Гранули	0,006-1,7	Спалювання на рухомій решітці, ротаційна камера згорання	0,3-0,6	92-95
		"Buderus"		
Дрова	0,012-0,05	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз	0,4	78-82
Гранули	0,024-0,029	В пальнику	0,4	80
		"Protech"		
Дрова	0,012-0,3	Спалювання на нерухомій решітці	0,25	80
Тріска	0,03-1,2	Спалювання на нерухомій решітці, на реторті, в пальнику	0,25	83
Гранули	0,018-1,2	Спалювання на нерухомій решітці, на реторті, в пальнику	0,25	82-90,5
Агровідходи	0,018-1,2	Спалювання на нерухомій решітці, на реторті, в пальнику	0,25	83
		"Drewmet"		
Дрова	0,012-0,15	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз	0,3	80
Гранули	0,015-0,15	Пальник	0,25	82
		"Kalvis"		
Дрова	0,006-0,05	Спалювання на нерухомій решітці	0,2	82
Тріска	0,07-1,25	Спалювання на рухомій решітці	0,25	87
Гранули	0,07-1,25	Спалювання на рухомій решітці	0,25	87
		"Herz"		
Тріска	0,02-1	Спалювання на рухомій решітці	0,6	93
Гранули	0,01-1	Спалювання на рухомій решітці	0,6	93
		"Heizomat"		
Дрова	0,015-0,2	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз	3	90
Тріска	0,03-7	Спалювання на рухомій решітці, в пальнику, ротаційна камера згорання	3	90

У якості приклада більш детальні технічні характеристики котла Viessman показано в додатку А.

						<i>601MHT-10700827-MP</i>	Арк.
							19
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Слід враховувати, що котли, вироблені в Україні та в Європейському союзі, мають подібні технічні та економічні показники, але зазвичай котли однакової теплової потужності Європейського виробництва будуть у декілька разів дорожчими, тому, обираючи відповідне обладнання, особливу увагу варто приділити саме виробам української промисловості.

В Україні, наприклад, таке обладнання виробляє ТзОВ «Металіст», Львівська обл., див. рисунок 1.10.



Рисунок 1.10 – Спеціалізоване обладнання «Металіст» для спалювання відходів деревини потужністю від 100 до 1600 кВт

Котли виробництва Харківської компанії «ЧЕНКО-БУД» виконуються у вигляді самонесучої звареної коробчатої конструкції. У нижній частині котла знаходиться топкова камера з рухомими похилими ґратами. Решітка управляється гідравлічним механізмом і охолоджується подачею первинного зонального повітря. Над топкою розташований вузол високого тиску. Котел забезпечений тепловою ізоляцією, яка закрита металевим кожухом з пластмасовим покриттям. Паливо подається в котел за допомогою гідравлічного завантажувального преса через обігрівальний опалювальною водою тунель. У результаті цього відбувається попереднє підсушування палива перед його

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		20

подачею для спалювання на колосниковій решітці. Котел забезпечений автоматизованою системою управління, яка може працювати як в автоматичному режимі (без використання комп'ютера, що управляє), так і в режимі управління котельні центральним комп'ютером.

Котли спалюють біомасу на рухомий решітці, над якою, завдяки спеціально сформованому склепінню топки, відбувається протитечійне переміщення продуктів спалювання, яке сприяє скороченню часу висушування палива. Ця конструкція топки, спільно з використанням системи подачі палива гідравлічним транспортним конвеєром з великою пропускною здатністю, дозволяє спалювати і менш якісні дерев'яні матеріали, які утворюються при переробці дерева на лісопильних заводах, при заготівлі лісу, при рекультиваційних роботах в лісі.

До незабрудненої деревної маси відносять: деревну тріску, тирсу й стружку, деревні обрізки довжиною до 50 см, кору, торф.

Максимально допустима вологість – до 55%, зольність – 3%, щільність – 250-350 кг/м³.

Зовнішній вигляд водогрійних котлів Ченко-Буд показано на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Водогрійні котли «ЧЕНКО-БУД» 6,0 МВт та 2 МВт

Передбачена можливість самоочищення котла. Нахил решітки, форма керамічного зводу, викид попелу в контейнер без необхідності дроблення шлаку дозволяє спалювати і матеріали, що сильно спікаються. Велика камера догорання з правильно розрахованим нахилом зводу відокремлює майже 40%

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

летючого попелу. Охолодження продуктів згорання в камері догорання до температури нижчої, ніж температура плавлення летючого попелу запобігає спіканню золи на нагрівальних трубах теплообмінника. Вертикальне розташування нагрівальних трубок теплообмінника перешкоджає утворенню нагару на трубах і забезпечує пролітання золи, яка відводиться із зворотної камери в контейнер. У таблиці 1.3 наведені технічні характеристики котлів «ЧЕНКО-БУД».

Таблиця 1.3 – Основні технічні характеристики котлів «ЧЕНКО-БУД»

Параметри	Опалювальні котли									
	MW	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	
Номинальна потужність котла	MW	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	
Спалюване паливо	–	класифікація відповідно до EN 14961-1 «лісове, плантаційне і інше невикористане дерево»								
Вологість палива	%	35-55								
Теплотворна здатність	кй/кг	8000								
Макс. робочий надлишковий тиск	Мпа	0,6-1,0								
Мін. температура вхідної води	°C	80								
Макс. температура опалювальної води	°C	110								
КПД котла	%	мін.85 (при нормальному забрудненні)								
Температура димових газів	°C	макс.165 (при нормальному забрудненні)								
Споживання палива для	Кг.год	794	1058	1587	2116	2645	3175	3704	4233	
Власна (суха) вага	t	41,5	58,5	65	80	100	112	123	123	
Об'єм води в котлі	м³	8,4	14,8	18,3	25,3	28,4	34,3	37,2	37,2	
Експлуатаційна вага	t	49,9	73,3	83,3	105,3	128,4	146,3	160,2	160,2	
Основні розміри котлів										
Довжина котла	мм	5300	6600	7300	8100	11100	11100	11600	11600	
Ширина котла	мм	2450	2600	2600	2950	2950	3450	3450	3450	
Висота котла	мм	4550	5150	5370	5880	6590	6590	6870	6870	
Примітка: Продуктивність залишає за собою право зміни параметрів в зв'язку з модернізацією виробів.										

Котли ЧЕНКО-БУД мають високу пропускну здатність. Подача палива комплексно вирішена за допомогою транспортного конвеєра Велика з прямолінійним зворотно поступальним рухом гідравлічних вальців. Конвеєр має велику пропускну здатність (мінімальний профіль 1200 × 280 мм). Система подачі палива не має тенденцію до засмічення, на відміну від черв'ячного конвеєра або секторного живильника, які не здатні транспортувати необроблену кору і мають здатність засмічуватись під впливом джгутових волокон необробленої кори. Транспортна система може подавати і велику кількість негорючих домішок (каміння, шматки заліза і т.д.).

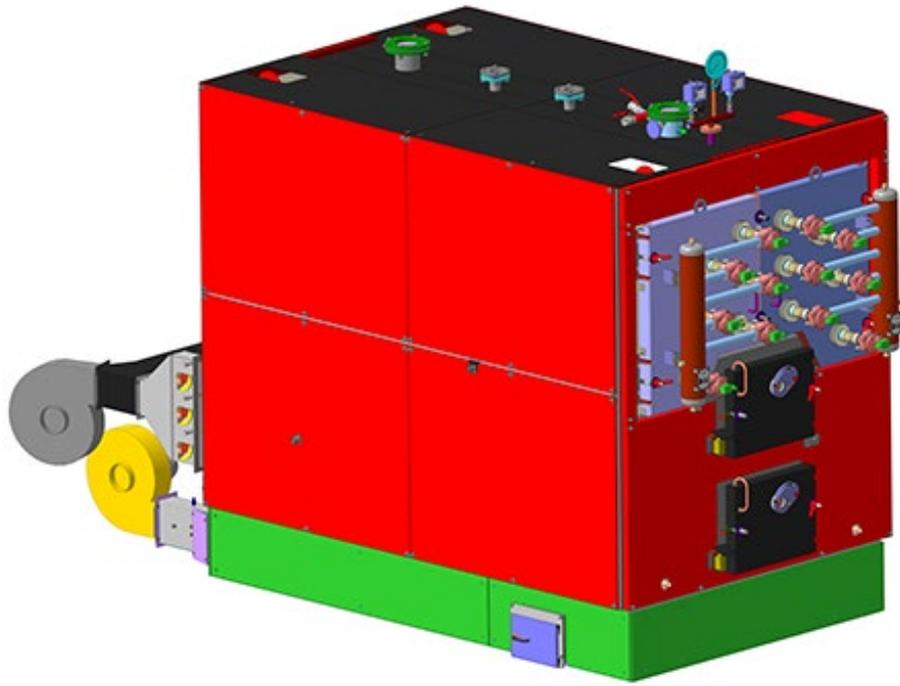


Рисунок 1.16 – Зовнішній вигляд котла KRIGER™ HYBRID

						<i>601MHT-10700827-MP</i>	Арк.
							24
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.3 – Основні параметри котла KRIGER™ HYBRID

Номінальна теплова потужність	300-3500 кВт
Діапазон регулювання теплової потужності котла	30-100 %
Коефіцієнт корисної дії	≥ 85%
Температура вихідних газів	160°C
Робочий тиск води	3-6 бар
Рівень звуку	≤ 80 дБ
Термін безперервної роботи котельної	≥ 8000 год/рік
Експлуатаційний термін служби	20 років
Напруга мережі 380 В	50 Гц

Одним із характерних об'єктів, де знайшов застосування біопаливний котел KRIGER™ HYBRID є котельня в Івано-Франківській області. Встановлено обладнання потужністю 2,5 МВт. Склад палива САТ 019 «Силос» має об'єм 100 м³. У якості палива можливе застосування відходів деревини, тріска, кора, тирса і стружка.



Рисунок 1.17 – Зовнішній вигляд котельні з котлом на біомасі KRIGER HYBRID

1.5 Аналіз особливостей сумісної роботи біопаливних котлів з газовими

Функцію прогріву і запуску тепла виконують газові котли. Після виходу котельні на регламентовану потужність, вони автоматично вимикаються з роботи, а постачання теплової енергії споживачам забезпечує котлоагрегат на біомасі, заощаджуючи високовартісний природний газ. Надалі газові котли автоматично вмикаються лише під час пікових навантажень відповідно до температурних показників зовнішнього середовища.

Витрата теплоносія не регулюється. Температура теплоносія змінюється відповідно до зовнішньої температури.

Регулюючий двохходовий клапан з електроприводом відповідно до потреби теплової енергії регулює потік води в системі опалення через котел. Крім того, він отримує сигнал від теплового лічильника. Топка підтримує температуру води в котлі відповідно до заданого значення. Регулювання процесу горіння в топці здійснюється автоматично. Рециркуляційний насос підтримує температуру води в котлі для виконання наступних умов:

Температура води на вході в котел має бути не менше 70 °С, різниця температур води на виході з котла і на вході не більше 25 °С. Система охолодження топки підтримує температуру води у її внутрішньому контурі не вище 70 °С та запобігає перегріву топки у випадку аварійної зупинки котла, забезпечуючи її поступове охолодження. Мережеві насоси керуються системою автоматики залежно від перепаду тиску в системі теплопостачання. Для дренажа котла передбачено дренажний насос із поплавковим клапаном.

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							26
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.Розрахунок витрат гарячої води для житлового будинку. Визначення теплового навантаження на гаряче водопостачання житлового будинку.

2.1 Методика розрахунку котлів на біомасі

Розрізняють 2 види теплового розрахунку котлів:

- 1) конструктивний (задана тільки конструктивна схема та основні параметри теплоносіїв в характерних точках і слід визначити розміри поверхонь всіх елементів);
- 2) перевірочний (відома конструкція котлоагрегату і потрібно визначити основні параметри для певних навантажень або інших видів палива).

Розрахунки поверхонь нагріву базуються на емпіричних значеннях втрат теплоти через хімічну та механічну неповноту згорання, а також втрати теплоти через стіни котла, які отримані на основі досвіду котлобудування. Об'єми та ентальпії продуктів згорання розраховуються на основі стехіометричних коефіцієнтів. Величина коефіцієнта надлишку повітря визначається. Всі поверхні теплообміну розраховуються з використанням балансових та емпіричних рівнянь для визначення інтенсивності тепловіддачі.

Теплові розрахунки котлоагрегату виконуються за нормативним методом [зазначте посилання] у табличному вигляді. У таблиці наведені розрахункові величини, їх позначення, розмірність, загальна формула, числові значення, та остаточні результати обчислень. Значення багатьох величин у таблиці приймаються орієнтовно, з подальшим уточненням за допомогою таблиць, номограм та інших довідкових даних, якщо це необхідно.

Вихідними даними для теплового розрахунку котла є:

- ✓ типорозмір (серія котла);
- ✓ продуктивність, т/год., кг/с;

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							27
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- ✓ параметри пари (тиск, МПа; температура, °С);
- ✓ вид палива і його основні характеристики;
- ✓ компонування хвостових поверхонь нагріву (економайзера і повітропідігрівника);
- ✓ температури: живильної води, відхідних газів, повітря на вході в повітропідігрівник і на виході з нього, °С.

Тепловий розрахунок котлоагрегату оформлюється за вимогами [15].

Можуть входити також компонувальні ескізи, схеми окремих вузлів або елементів котлоагрегату тощо.

Перед тим як розпочати тепловий розрахунок, треба насамперед уявити загальне компонування котлоагрегату і напрямки руху димових газів і теплоносіїв (води, пари, повітря). Для цього складають схему котлоагрегату, на якій зображують топкову камеру, газоходи з розташуванням відповідних поверхонь нагріву. Для котлоагрегатів з горизонтальними газоходами бажано схему скласти в двох проекціях. На схему наносять значення відомих тисків і температур.

Теплообмін в топці

Джерелом випромінювання в топці є поверхня шару палива – для шарових топок та об'єм факела – для камерних топок. Основною випромінюючою складовою є полум'я летких речовин. Поле температур в топці нерівномірне. Максимальна температура досягається в ядрі факела. Там вона близька до адіабатичної температури горіння, тобто такої температури, до якої можуть догрітися гази, якщо вся виділена теплота йде на їх нагрів, °С

$$\vartheta_a = \frac{Q_T}{(V_T \cdot C_{cp})}, \quad (3.1)$$

де Q_T – корисне тепловиділення в топці, кДж/кг або кДж/м³;

V_T, C_{cp} – об'єм та середня теплоємність димових газів, м³/м³ або м³/кг

та кДж/(м³·К);

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							28
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Корисне тепловиділення в топці визначається за наявною теплотою Q_H та теплотою внесеною з повітрям $Q_{пов}$, кДж/м³ або кДж/кг

$$Q_T = Q_H \frac{100 - (q_3 + q_4 + q_6)}{100 - q_4} + Q_{пов} . \quad (3.2)$$

Температура газів на виході з топки ϑ_m'' є мінімальною температурою в об'ємі топки. Вона на 700...800 °С нижча адіабатичної. Різниця температур в центрі топки та біля екранів сягає 200...300 °С.

Метою теплового розрахунку топки є визначення температури ϑ_m'' , що може бути виконано за формулою:

$$\vartheta_m'' = \frac{T_m}{M \left(\frac{5,7 \cdot 10^{-11} \xi H_n \alpha_m T_m^3}{\varphi B_p V c_{\text{п}}} \right)^{0,6} + 1} - 273 ,$$

де T_T – абсолютна теоретична температура горіння палива в топці, К;
 M – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від розташування максимуму температури в топці; при пошаровому згорянні твердих палив $M = 0,3 \dots 0,5$;

ξ - умовний коефіцієнт засмічення променесприймаючих поверхонь (для гладкотрубних екранів приймається 0,6 при згорянні твердих палив);

$\alpha_T = 0,2 \dots 0,9$ – ступень чорноти топки;

H_n – променесприймаюча поверхня нагріву, м²;

φ - коефіцієнт збереження тепла;

B_p – розрахункова витрата палива, кг/с;

V_{cp} – середня сумарна теплоємність продуктів згорання 1 кг (1 м³) палива в інтервалі температур $\vartheta_m - \vartheta_m''$, кДж/(кг К).

Променесприймаюча поверхня нагріву топки

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							29
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$H_n = \frac{B_p Q_{\text{пл}}}{5,7 \cdot 10^{-11} M_{\xi}^2 \alpha_m T_T T_T^3} \sqrt{\frac{1}{M^2} \left(\frac{T_m}{T_m''} - 1 \right)^2}$$

Де T_m'' - абсолютна температура газів на виході з топки, К.

Розрахована за температурою ϑ_m'' ентальпія I_m'' використовується в рівнянні теплового балансу топки для визначення променистого теплосприйняття топки, кДж/м³ або кДж/кг

$$Q_{\text{пр}} = \varphi \cdot (Q_T - I_T''), \quad (3.3)$$

де φ – коефіцієнт збереження теплоти, що визначається за формулою

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{(\eta_k + q_5)}$$

З іншого боку, променисте теплосприйняття топки можна визначити за наслідками закону Стефана – Больцмана, кДж/м³ або кДж/кг

$$Q_{\text{пр}} = a_T \cdot c_0 \cdot \Psi \cdot F_{\text{ст}} \cdot (\bar{T}^4 - T_T^4) \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

						<i>601МНТ-10700827-МР</i>	Арк.
							30
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

де a_r – міра чорноти топки;

c_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/(м²·К⁴);

ψ – коефіцієнт теплової ефективності; $F_{ст}$ – площа стін топки;

— T – середня температура продуктів згорання, К;

$T_{ст}$ – середня температура поверхні нагріву, К

Теплообмін у конвективних поверхнях

Конвективні поверхні нагріву виконують у вигляді пучків труб з коридорним або шаховим розташуванням труб, що омиваються ззовні димовими газами. В цих поверхнях перенесення теплоти відбувається переважно конвекцією. Теплосприйняття таких поверхонь може визначатись з теплового балансу зі сторони газів, теплоносія (вода, пара або повітря) та за основним рівнянням теплопередачі.

Теплосприйняття поверхні зі сторони газів, кДж/кг або кДж/м³

$$Q_T = \varphi \cdot (I'_r - I''_r + \Delta\alpha_{прс} \cdot I_{хп}^0),$$

де I'_r , I''_r – ентальпії димових газів на вході і виході з елемента котла, кДж/кг або кДж/м³;

$\Delta\alpha_{прс}$ – частка підсмоктувань в елементах котла.

Теплосприйняття поверхні зі сторони теплоносія, кДж/кг або кДж/м³

$$Q_T = \frac{G}{B_p} \cdot (h'' - h'),$$

де h' , h'' – ентальпії теплоносія (води або пари) на вході і виході з еле-

									Арк.
									31
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	601МНТ-10700827-МР			

G – витрата теплоносія, кг/с.

Теплосприйняття за рівнянням теплопередачі, кДж/кг або кДж/м³

$$Q_T = k \cdot H \cdot \bar{\Delta t} / B_p, \quad (3.8)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі в елементі котла, Вт/(м²·К);

H – площа поверхні нагріву, м²;

$\bar{\Delta t}$ – середньотемпературний напір в елементі, °С.

Коефіцієнт теплопередачі в елементах котлів визначається за спрощеними формулами, наведеними нижче, Вт/(м²·К):

– в гладкотрубних економайзерах, кип'ятільних та конвективних пучках парових та водогрійних котлів

$$k = \psi \cdot \alpha_1; \quad (3.9)$$

– в інших гладкотрубних поверхнях

$$k = \frac{\psi \cdot \alpha_1}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}}, \quad (3.10)$$

де ψ – коефіцієнт теплової ефективності, який для твердого палива знаходиться за рисунком 3.3;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки, Вт/(м²·К)

$$\alpha_1 = \xi \cdot (\alpha_k + \alpha_{пр}), \quad (3.11)$$

де ξ – коефіцієнт використання поверхні нагріву, який для пучків, що омиваються поперечним потоком газів, приймають рівним 1;

α_k – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від газів до стінки, Вт/(м²·К), що визначається за номограмами додатку В;

$\alpha_{пр}$ – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням від газів до стінки, Вт/(м²·К), визначається за номограмами [3 – 5].

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до теплоносія, Вт/(м²·К), який визначається за номограмами додатку В [6].

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							32
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

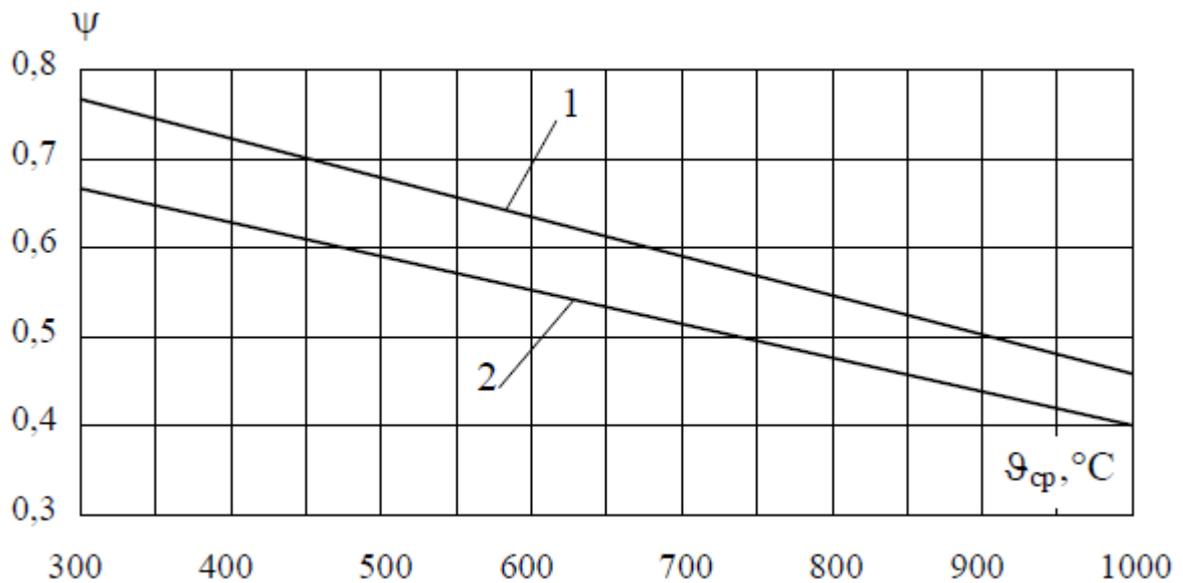


Рисунок 3.3 – Коефіцієнт теплової ефективності конвективних поверхонь котлів на твердому паливі від середньої температури газів: 1 – палива, що помірно забруднюють поверхні; 2 – палива, що сильно забруднюють поверхні
Економайзери

Водяні економайзери та повітропідігрівники відносяться до "хвостових поверхонь котла" і розташовуються в опускній конвективній шахті.

Теплосприйняття економайзера може розраховуватись за залежностями (3.6) – (3.8), крім того, складають залишковий баланс теплоти.

$$Q_{ек} = Q_{н} \cdot \eta_{к} \cdot \frac{100 - q_4}{100} - (Q_{пр} + Q_{ф} + Q_{кп} + Q_{пп}), \quad (3.10)$$

де $Q_{пр}$, $Q_{ф}$, $Q_{кп}$, $Q_{пп}$ – теплосприйняття відповідно топки, фестона, кип'ятильних пучків, пароперегрівників, кДж/кг або кДж/м³.

Метод розрахунку індексу енергоефективності

1. Індекс енергоефективності (EEI) твердопаливних котлів розраховується для рекомендованого палива та округлюється до найближчого цілого числа:

$$EEI = \eta_{son} \times 100 \times BLF - F(1) - F(2) \times 100 + F(3) \times 100,$$

де:

η_{son} – сезонна енергоефективність обігріву приміщення в активному режимі, розрахована згідно з підпунктом 2 пункту 3 додатку 8 до Технічного регламенту енергетичного маркування твердопаливних котлів та комплектів з твердопаливного котла, додаткових нагрівачів, регуляторів температури та сонячних установок (далі – Технічний регламент);

BLF – це маркерний коефіцієнт біомаси, який становить 1,45 для котлів, що працюють на біомасі, та 1 для котлів, що працюють на вичорпаному паливі;

F(1) – величина, яка показує, на скільки зменшується індекс енергоефективності внаслідок впливу регуляторів температури; F(1) = 3;

F(2) – величина, яка показує, на скільки зменшується індекс енергоефективності внаслідок впливу додаткового споживання електроенергії, і розраховується за формулами, зазначеними у підпункті 3 пункту 3 додатку 8 до Технічного регламенту;

F(3) – величина, яка показує, на скільки збільшується індекс енергоефективності за рахунок електричної ефективності когенераційних твердопаливних котлів, і розраховується за такою формулою:

$$F(3) = 2,5 \times \eta_{el,n}$$

Для заміщення 1000 м³ природного газу, за умови однакової ефективності котельного обладнання, необхідно використати таку кількість палива:

Дрова, у повітряно-сухому стані	кг	2520
	м ³	5-6,3
Тріска деревна, вологість 40%	кг	3340
	м ³	11-14
Стружка деревна, вологість 7-15%	кг	2270
	м ³	16-21,6
Тирса деревна, вологість 33-38%	кг	2960
	м ³	17,4
Гранули з дерева	кг	1970
	м ³	3-3,6
Гранули з соломи	кг	2200
	м ³	4-4,4
Гранули з лущиння соняшника	кг	1890
	м ³	3-3,4
Солома зернових в тюках	кг	2360
	м ³	13-26

Визначення економії вартості паливної складової при переході на інші види палива. Доцільність переходу на інші види палива можна визначити простим

						601MHT-10700827-MP	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		34

розрахунком на основі порівняння вартості паливної складової 1 Гкал теплоти. Паливна складова в базовому та пропонованому варіантах визначається:

$$A_1 = 4,19 \cdot \frac{Ц_1 \cdot 100}{Q_n^p(1) \cdot \eta_1}; \quad A_2 = 4,19 \cdot \frac{Ц_2 \cdot 100}{Q_n^p(2) \cdot \eta_2}$$

де A_1 ; A_2 – паливна складова вартості теплоти відповідно в базовому та новому варіантах, грн./Гкал;

$Ц_1$; $Ц_2$ – ціна палива відповідно в базовому та новому варіантах, грн./т (грн./тис.м³);

$Q(1)$; $Q(2)$ – нижча теплотворна здатність палива відповідно в базовому та новому варіантах, МДж/кг (МДж/м³);

η_1 ; η_2 – коефіцієнт корисної дії котла відповідно в базовому та новому варіантах, %.

Показником доцільності переходу на нове паливо є виконання рівності:

$$A_2 < A_1 .$$

2.2 Основні засади розрахунку процесу горіння

Експлуатація котельного агрегату передбачає забезпечення рівноваги між виробленою та споживаною енергією. Процеси паротворення і передачі енергії в котлоагрегаті тісно пов'язані з кількістю речовини в потоках робочого тіла і теплоносія.

Горіння палива є фізико-хімічним процесом, який включає окислення його горючих елементів киснем, що супроводжується виділенням тепла. Інтенсивність горіння та економічність процесу залежать від способу подачі повітря між частками палива. Процес горіння можна розділити на три стадії: запалювання, горіння і догорання.

Розрахунок горіння полягає у визначенні кількості повітря, необхідного для згорання одиниці маси або об'єму палива. Також важливим є визначення температури горіння.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							35
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Тепловіддача полягає в передачі теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива, воді для отримання пари або підвищення температури. Процес теплообміну в котлі відбувається через теплопровідні стінки, що називаються поверхнею нагрівання. Ці поверхні виконуються у вигляді труб, в яких вода циркулює, а зовні труби обмиваються гарячими газами. Таким чином, в котлоагрегаті відбувається теплопередача через теплопровідність, конвекцію і випромінювання.

Інтенсивність коефіцієнта теплопередачі залежить від різниці температур теплоносіїв, їхньої швидкості руху та чистоти поверхні.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							36
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз впливу вологості біомаси на її теплотворну здатність

Для оцінювання впливу вологості палива на його теплотворну здатність виконаємо розрахунки теплотворної здатності тріски при різній вологості за методикою, описаною в розділі 2.3. Значення теплоти конденсації всієї водяної пари, що утворюється при згоранні одиниці палива $Q_{\text{повн}}$ розраховано для різної вологості дерев'яної тріски. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.2 та на рис. 3.3. На основі отриманих даних побудовано графік залежності нижчої теплоти згорання тріски від вологості палива (рис. 3.4).

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
							37
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Инв. № подл.	Подп. та дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. та дата

Таблиця 3.2—Нижча та вища теплота згорання тріски та теплота конденсації всієї водяної пари, що утворюється при згоранні одиниці палива (Q_k повн) для тріски різної вологості. Результати розрахунків

Елементарний склад палива							Q_H^p	Q_B^p	Q_k повн (доп. до Q_{cp}^p)	Q_k повн (доп. до Q_{cp}^p)	ККД максимальний за Q_H^p
W^p	S^p	H^p	O^p	%	N^p	C^p	МДж/кг	МДж/кг	%	%	%
0	0,00	6,00	41,83	1,00	0,67	50,50	18,7081	20,06	7,3	6,8	107,3
5	0,00	5,70	39,74	0,95	0,63	47,98	17,6471	19,06	8,0	7,4	108,0
10	0,00	5,40	37,65	0,90	0,60	45,45	16,5861	18,06	8,9	8,2	108,9
15	0,00	5,10	35,56	0,85	0,57	42,93	15,5251	17,06	9,9	9,0	109,9
20	0,00	4,80	33,47	0,80	0,53	40,40	14,4641	16,05	11,0	9,9	111,0
25	0,00	4,50	31,38	0,75	0,50	37,88	13,4031	15,05	12,3	10,9	112,3
30	0,00	4,20	29,28	0,70	0,47	35,35	12,342	14,05	13,8	12,1	113,8
35	0,00	3,90	27,19	0,65	0,43	32,83	11,281	13,04	15,6	13,5	115,6
40	0	3,6	25,1	0,6	0,4	30,3	10,22	12,04	17,8	15,1	117,8
45	0,00	3,30	23,01	0,55	0,37	27,78	9,16	11,04	20,5	17,0	120,5
50	0,00	3,00	20,92	0,50	0,33	25,25	8,10	10,03	23,9	19,3	123,9
55	0,00	2,70	18,83	0,45	0,30	22,73	7,04	9,03	28,3	22,1	128,3
60	0,00	2,40	16,73	0,40	0,27	20,20	5,98	8,03	34,3	25,5	134,3
65	0,00	2,10	14,64	0,35	0,23	17,68	4,91	7,02	42,9	30,0	142,9
70	0,00	1,80	12,55	0,30	0,20	15,15	3,85	6,02	56,2	36,0	156,2

601МНТ-10700827-МР

завдяки високій середній температурі в топці. З іншого боку, зі зростанням температури газів Q_m'' збільшується необхідність ефективного теплообміну в конвективних поверхнях. Це може призвести до збільшення температурних напорів у всіх елементах, що вимагає збільшення площі конвективних поверхонь для забезпечення оптимального ККД. Таким чином, оптимальна температура газів на виході з топки визначається розрахунками, які враховують техніко-економічні параметри.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		42

Инв. № подл.	Подп. та дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Гідлис.	
Дата	

Таблиця 3.5 — Розрахунок процесу горіння тріски

Розрахунок повного згорання тріски										
Ком-по- нент	Палива, г в 100 г	Теплотехнологічна реакція	Повітря, кмоль/100кг палива			Продукти згорання, кмоль/ 100кг палива				
			O ₂	N ₂	VB-XA	RO ₂	O ₂	N ₂	H ₂ O	VIIP. 3Г
<u>Cp</u>	30,3	C+O ₂ =CO ₂	2,525	9,494	12,019	2,525	-	9,494	-	12,019
<u>Hp</u>	3,6	H ₂ +0,5O ₂ =H ₂ O	0,9	3,384	4,284	0	-	3,384	1,8	5,184
<u>Op</u>	25,1	-	-0,784	-2,949	-3,733	0	-	-2,949	-	-2,949
<u>Np</u>	0,4	-	-	-	-	-	-	0,014	-	0,014
<u>Sp</u>	0	S+O ₂ =SO ₂	0	0	0	0	-	0	-	0
<u>Ap</u>	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Wp</u>	40	-	-	-	-	-	-	-	2,222	2,222
	100,0		A	Б	B	Г		Д	Е	Ж
		<u>I пов сух</u>	2,641	9,929	12,569	2,525	0	9,943	4,022	16,490
ϵ'	0,156	<u>I пов вол</u>	2,641	9,929	12,726	2,525	0	9,943	4,179	16,647
α	1,4	<u>I,4 пов сух</u>	3,697	13,900	17,816	2,525	1,056	13,915	4,022	21,518
ϵ''	0,219	<u>I,4 пов вол</u>	3,697	13,900	18,035	2,525	1,056	13,915	4,241	21,737

601MHT-10700827-MP

3.2 Тепловий розрахунок котла на біомасі

Розрахунок теплового балансу котлоагрегату

Вихідні дані до розрахунку

– Габаритні розміри котла: $a = 2,862$ м, $b = 2,3$ м, $c = 5,828$ м.

– Габаритні розміри економайзера: $d=0,9$ м, $h=11,65$ м .

Температура димових газів перед економайзером – 100 °С

Витрата тріски при вологості $W=40\%$ - 2044 кг/год.

Параметри води, що нагрівається в котлі :

$$t'_g = 70 \text{ °С}$$

$$t''_g = 90 \text{ °С}$$

Витрата води $D_B = 130$ м³/год.

Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha_{вих}^k = 1,4$

Розрахунок ентальпій виконано за рекомендаціями нормативного метода теплового розрахунку котельних установок [23] на 1 кг твердого палива. Вихідні дані беремо з попередніх розрахунків. Обчислення проводимо в табличному редакторі Excel.

Результати розрахунків питомих ентальпій вуглекислого газу, азоту, кисню, водяних парів, вологого повітря, золи та ентальпій димових газів і повітря наведено в табл. 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 — Питомі ентальпії вуглекислого газу, азоту, кисню, водяних парів, вологого повітря та золи

Температура димових газів, ϑ , °С	$(c\vartheta)_{CO_2}$, кДж/м ³	$(c\vartheta)_N$, кДж/м ³	$(c\vartheta)_O_2$, кДж/м ³	$(c\vartheta)_{H_2O}$, кДж/м ³	$(c\vartheta)_{нов}$, кДж/м ³	$(c\vartheta)_{зл}$, кДж/м ³
100	170	130	132	151	132	81
200	357	260	267	304	266	169

3.3 Економічна ефективність реконструкції

Економія палива за рахунок встановлення економайзера при номінальному режимі :

$$\Delta B = B_k - B$$

$$\Delta B = 0,537 - 0,47 = 0,067 \text{ кг/с} = 241,2 \text{ кг/год}$$

- при розрахунковому режимі :

$$\Delta B_p = B_{pk} - B_p$$

$$\Delta B_p = 0,316 - 0,28 = 0,036 \text{ кг/с} = 129,6 \text{ кг/год}$$

Максимальна потужність системи «котел економайзер»

$$\Delta Q = Q + Q_{ск}$$

$$\Delta Q = 5000 + 1358,4 = 6358,4 \text{ кВт.}$$

Підвищення ККД системи «котел-економайзер» порівняно з ККД котла при розрахунку ККД за нижчою теплотою згоряння палива

$$\Delta \eta_n = \eta_c^n - \eta_k^n$$

$$\Delta \eta = 99,7 - 86,1 = 13,6 \%$$

при розрахунку ККД за вищою теплотою згоряння палива

$$\Delta \eta_e = \eta_c^e - \eta_k^e$$

$$\Delta \eta = 86,5 - 72,9 = 13,6 \%$$

Якщо витрата палива в системі «котел-економайзер» залишається сталою, то кількість корисно використаної в ній теплоти

$$Q_{сист} = B \cdot Q_p^B \cdot \eta_c^B / 100;$$

- при номінальному режимі (потужність котла – 5000 кВт)

$$Q_{сист} = 0,537 * 12,04 * 86,5 / 100 = 5,7 \text{ МВт}$$

									Арк.
									64
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				

601МНТ-10700827-МР

Відведення дренажних виробничих вод котельні запроектовано у систему зовнішньої каналізації з підключення до охолоджуючого колодязя.

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		73

ДОДАТКИ

						601МНТ-10700827-МР	Арк.
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		77

Инв № подл	Подп. та дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата

ДОДАТОК А

Схема трубопроводної підключення системи охолодження баластної топки

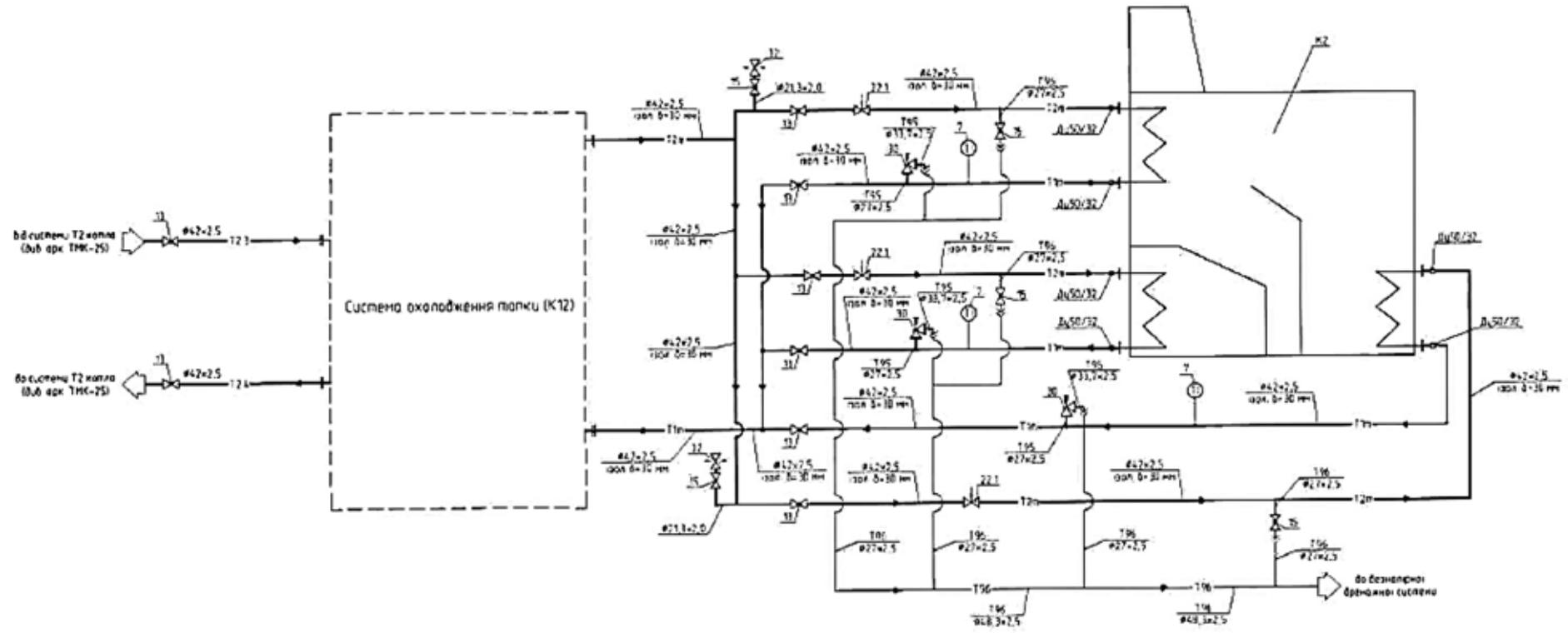


Рисунок А.1 – Підключення системи охолодження топки котла на біопаливі

601MHT-10700827-MP

Инв № подл	Подп. та дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. та дата

Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис.	Дата

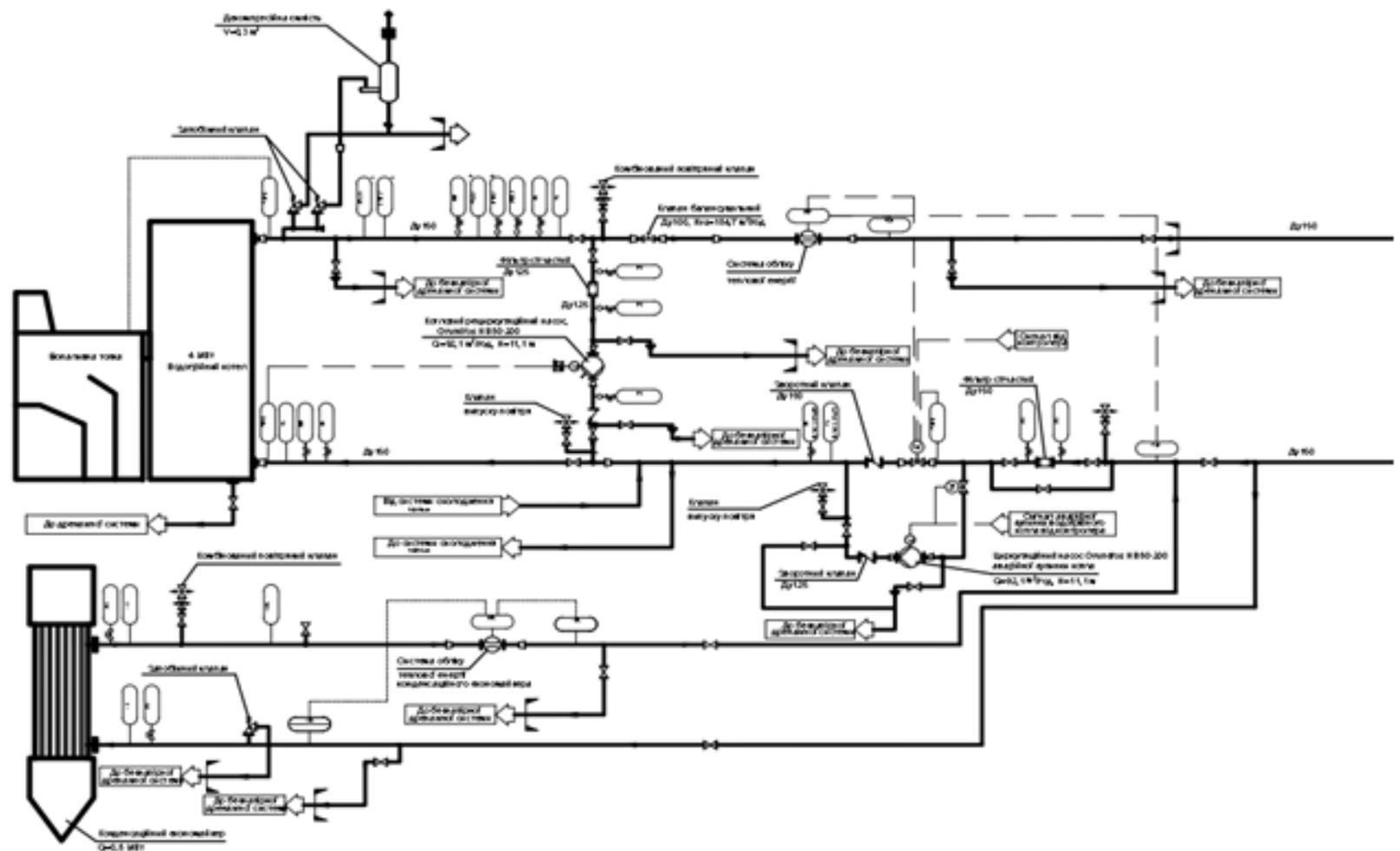


Рисунок А.2 – Підключення котла на біомасі

601MHT-10700827-MP

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ БІОПАЛИВНИХ КОТЕЛЕНЬ

МЕТА РОБОТИ – аналіз роботи діючої котельні та розроблення заходів для підвищення ефективності її роботи за рахунок використання біомаси.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

проаналізувати види біомаси та її характеристики як альтернативного палива;

- проаналізувати світовий досвід використання біомаси для генерації теплової енергії в котельнях;
- дослідити технологічне обладнання діючої котельні та проаналізувати показники її роботи;
- побудувати теплову схему котельні;
- виконати креслення газової котельні за адресою вул. Шишацька, 80а в м. Миргород;
- проаналізувати компоновку котельні, розробити технічне рішення для використання на котельні біомаси;
- виконати оцінку економічної ефективності переходу з газового палива на біомасу.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – котельня за адресою вул. Гоголя, 181 у м. Миргород.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – підвищення ефективності генерації теплової енергії за рахунок біомаси.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ:

- систематизовано інформацію щодо видів біомаси та її енергетичної ефективності;
- досліджено діючу котельню та запропоновано реконструкцію для заміни старого котла на біопаливний аналогічної потужності.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ:

- виконано дослідження перспектив переходу на біомасу в якості палива для генерації тепла на прикладі котельні;
- рекомендується до впровадження на КП "Тепловодсервіс";
- пропонується запровадити результати досліджень у навчальний процес на кафедрі.

					2024	601-МНТ.10700827.МР		
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Шульженко Р.О.				Р	1	8
Перевірив		Чернецька І.В.						
						Мета і задачі дослідження		
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Н. контроль		Галк Ю.С.						
Зав. кафедри		Галк Ю.С.						

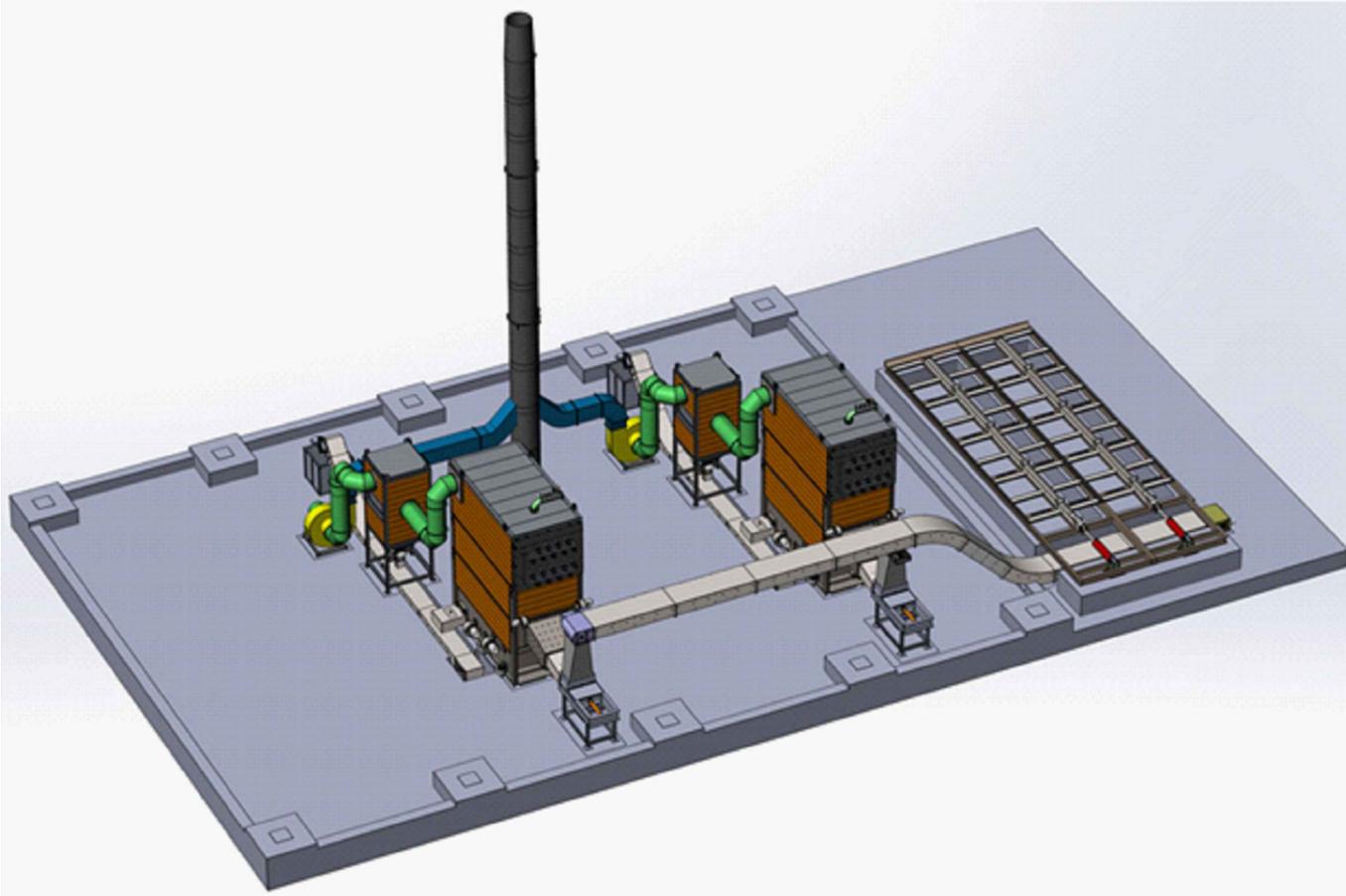
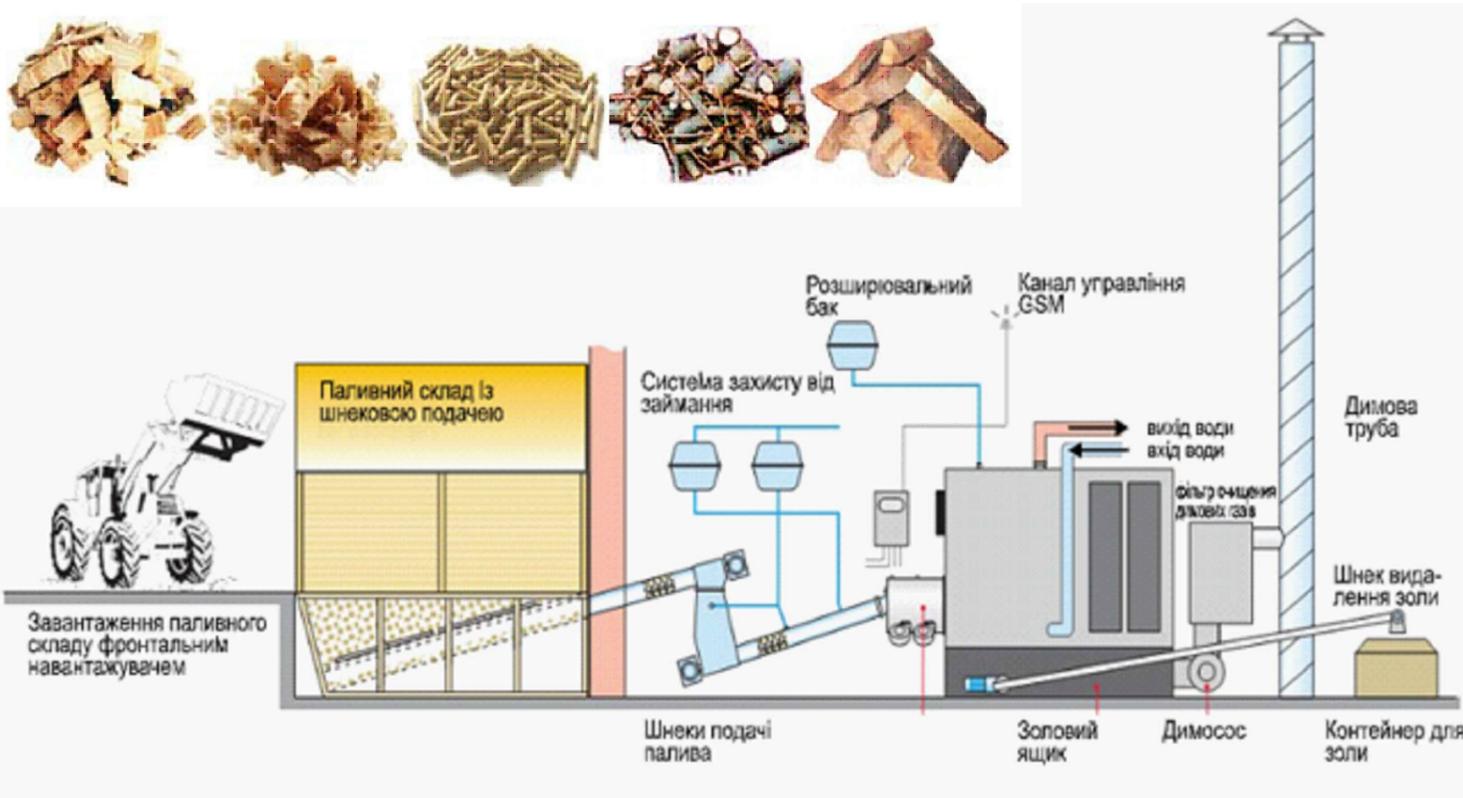
Погоджено:

Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

Принцип роботи котелень на біомасі



Погоджено:

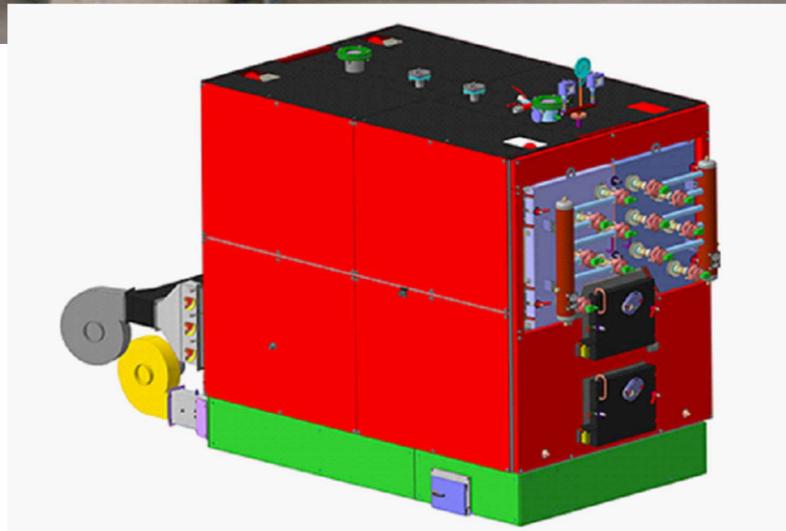
Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

					2024	601-МНТ.10700827.МР		
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шульженко Р.О.		Р	2	8
Перевірив				Чернецька І.В.				
Н. контроль						Принцип роботи котелень на біомасі		
Зав. кафедри						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

Загальний вигляд котлів та котельня на біомасі



Погоджено:

Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

2024

601-МНТ.10700827.МР

Аналіз особливостей проектування біопаливних котельень

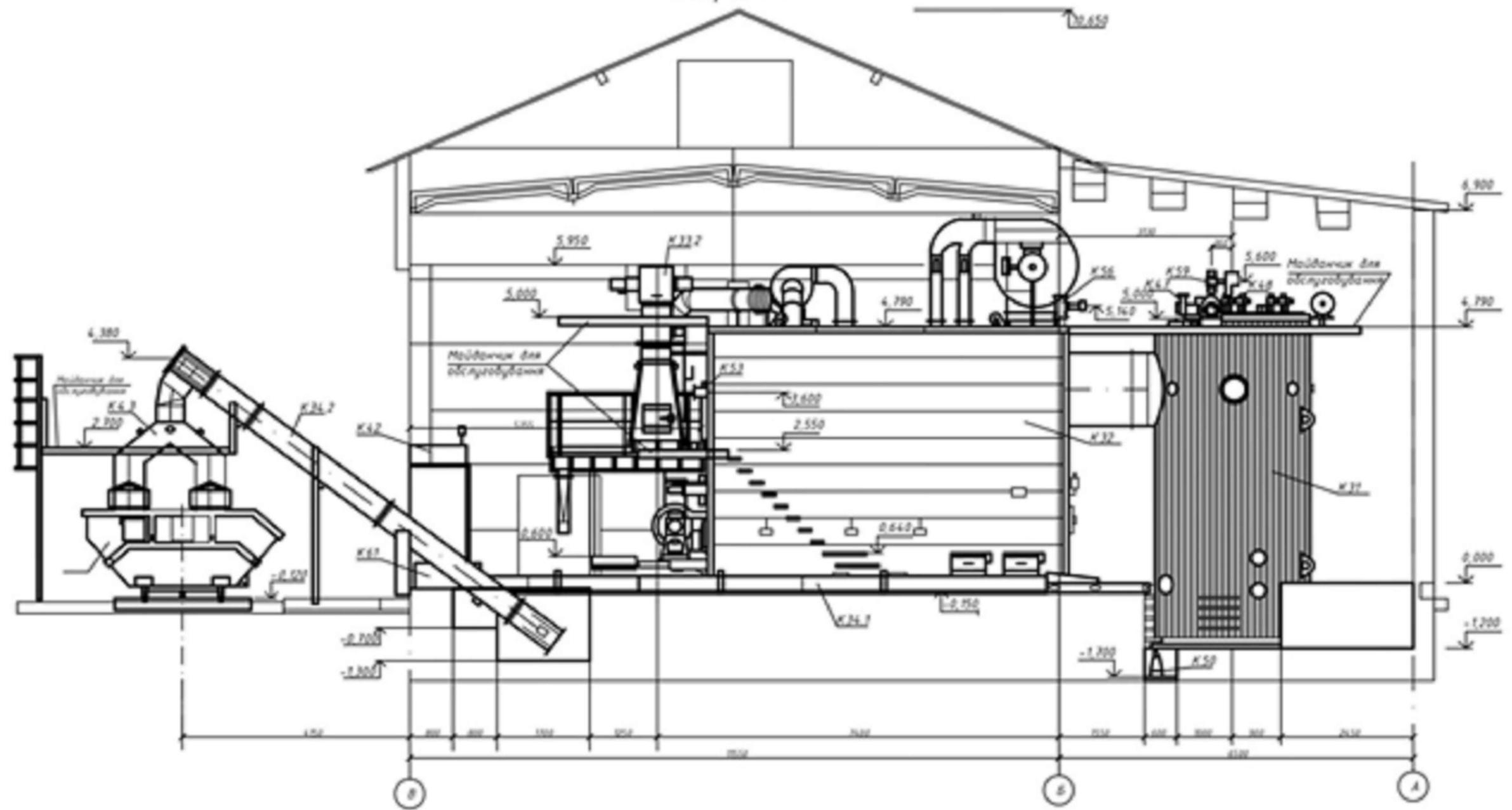
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Шульженко Р.О.			
Перевірив		Чернецька І.В.			
Н. контроль		Галк Ю.С.			
Зав. кафедри		Галк Ю.С.			

Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	3	8

Принцип роботи котельень на біомасі

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

Розріз 1-1

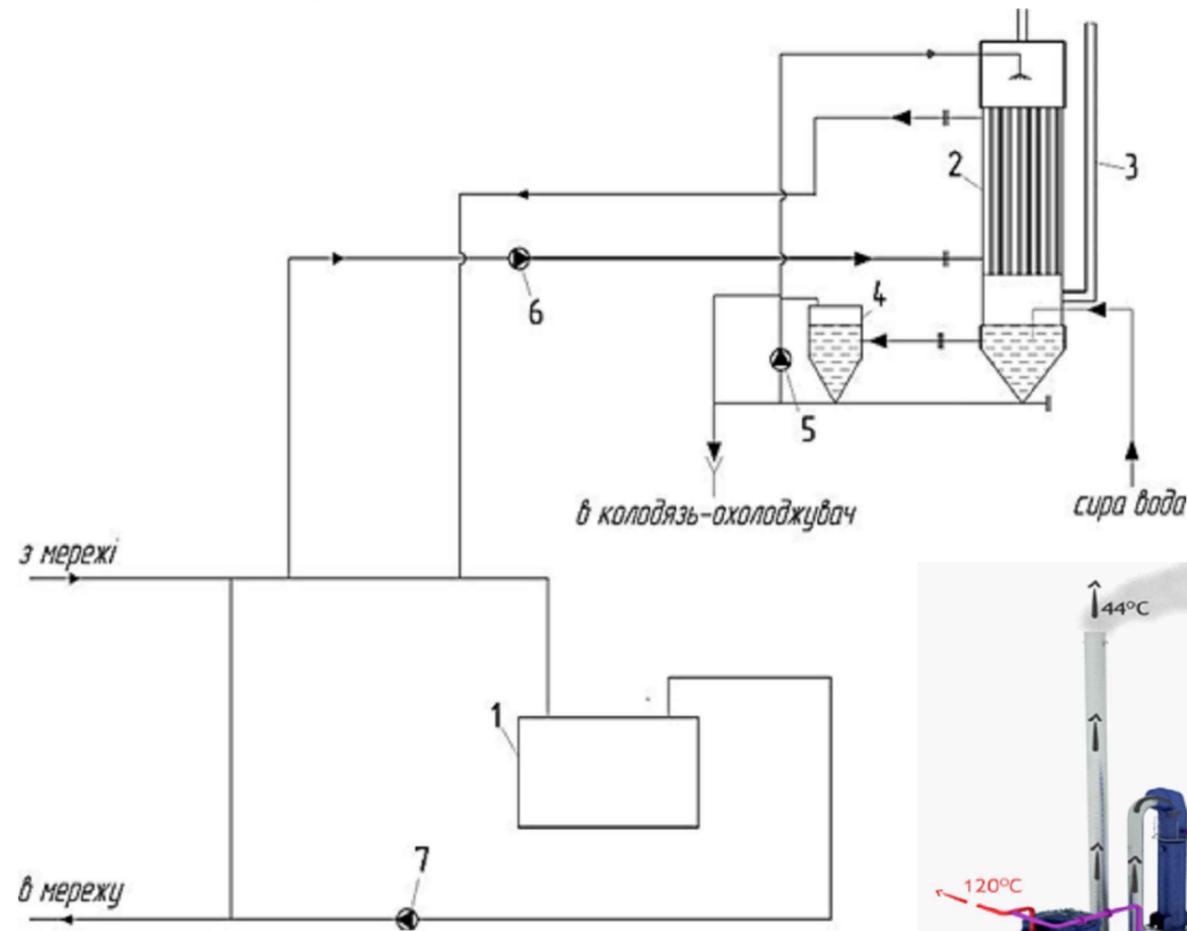


Погоджено:

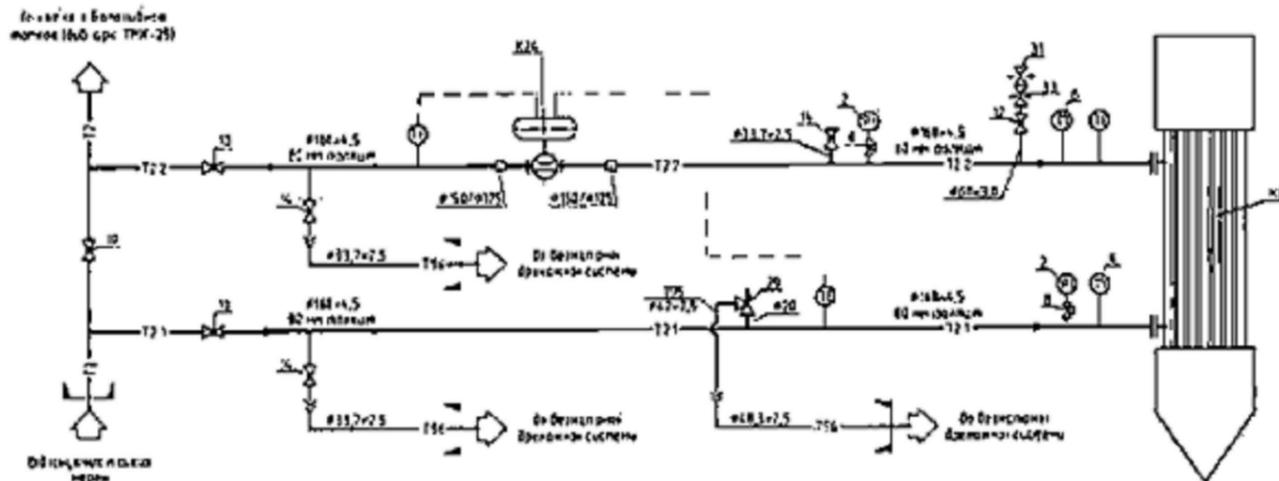
Зам. інв. Ні
Підпис і дата
інв. Ні ар.

					2024	601-МНТ.10700827.МР			
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шульженко Р.О.					
Перевірив				Чернецька І.В.			Р	4	8
Н. контроль				Галк Ю.С.		Розріз котельні на біомасі		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"	
Зав. кафедри				Галк Ю.С.					

Принципова тепла схема

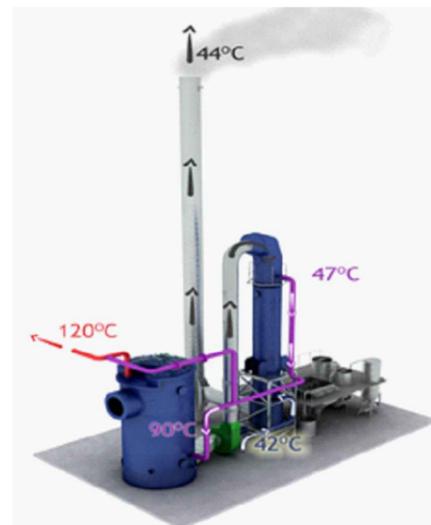


Обв'язка економайзера



Результати теплового розрахунку

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Розрахунок котла		Розрахунок системи «котел-економайзер»		
			По $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$	По $Q_{\text{в}}^{\text{р}}$	По $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$	По $Q_{\text{в}}^{\text{р}}$	
Втрати теплоти	з відхідними газами	q_2	%	8,6	22,6	-6,25	7,98
	з хімічним недопалом	q_3	%	1,5	1,27	1,5	1,27
	з механічним недопалом	q_4	%	2,4	2,04	2,4	2,04
	від зовнішнього охолодження	q_5	%	1,1	0,93	1,8	1,53
	з фізичним теплом шлаків	q_6	%	0,3	0,25	0,8	0,68
Сумарні втрати	Σq	%	13,9	27,1	0,3	13,5	
ККД	η	%	86,1	72,9	99,7	86,5	
Витрата палива при номінальному навантаженні	V	кг/с	0,537		0,47		
Витрата палива при розрахунковому навантаженні	$V_{\text{р}}$	кг/с	0,316		0,28		



Погоджено:

Зам. інв. Ні

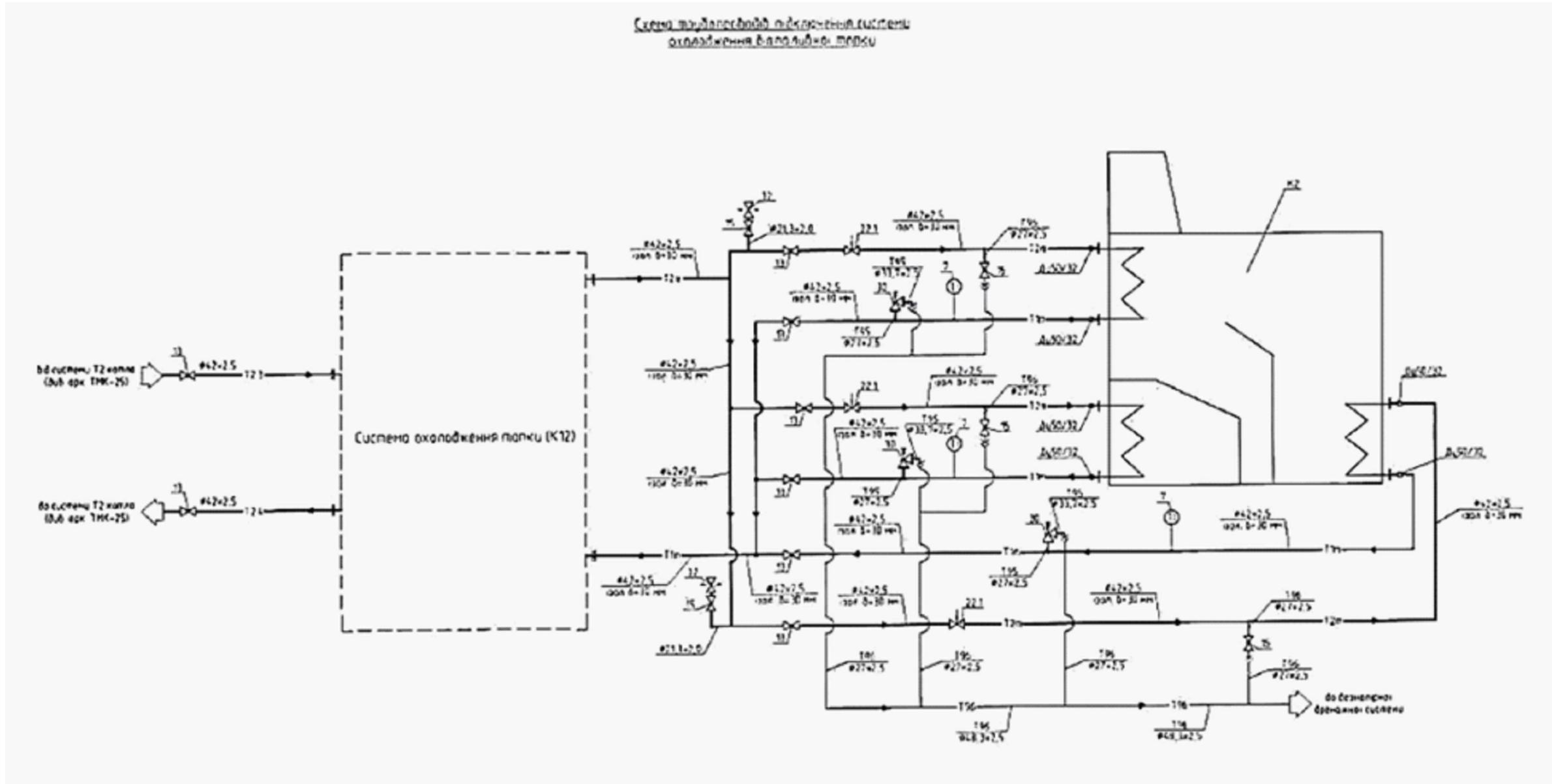
Підпис і дата

інв. Ні ар.

					2024	601-МНТ.10700827.МР		
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шульженко Р.О.		Р	5	8
Перевірив				Чернецька І.В.				
Н. контроль				Галк Ю.С.		Тепловий розрахунок		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Зав. кафедри				Галк Ю.С.				

Підключення системи охолодження топки

Схема паливоподачі підключення системи охолодження біопаливної топку



Погоджено:

Зам. інв. №

Підпис і дата

інв. № ар.

					2024	601-МНТ.10700827.МР		
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шульженко Р.О.		Р	7	8
Перевірив				Чернецька І.В.				
						Система паливоподачі		
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Н. контроль		Галк Ю.С.						
Зав. кафедри		Галк Ю.С.						

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано літературні джерела щодо видів та характеристик біомаси, вивчено світовий та вітчизняний досвід застосування котлів на біомасі, а також досліджено систему тепlopостачання КП «Тепловодсервіс».
2. Зібрана, досліджена та проаналізована технічна документація котельні КП «Тепловодсервіс» за адресою вул. Гоголя, 181.
3. Виконано креслення плану котельні і вказано маркування всього існуючого обладнання, складено специфікацію.
4. Проаналізовано виробничі дані щодо витрат палива котельнею КП «Тепловодсервіс» за адресою вул. Гоголя, 181 за 2021-2023 р.р.
5. Проведені дослідження свідчать про економічну доцільність та екологічну безпечність використання біомаси в теплогенеруючих установках комунальних підприємств можливість її застосування для підвищення енергоефективності діючих котелень.
6. Паливна складова вартості теплоти при роботі котельні на трісці є приблизно вдвічі меншою, ніж на природному газі, свідчать про економічну ефективність переходу на альтернативне паливо - тріску.
7. У частині охорони праці розглянуто заходи для покращення умов праці, питання пожежної безпеки, засобів захисту працівників та охорони довкілля.

Погоджено:			
	Зам. інв. №		
	Підпис і дата		
	інв. № ар.		

					2024	601-МНТ.10700827.МР			
						Аналіз особливостей проектування біопаливних котелень			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шульженко Р.О.			Р	8	8
Перевірив				Чернецька І.В.					
Н. контроль				Галк Ю.С.			Висновки		
Зав. кафедри				Галк Ю.С.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		