

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення теплогенератора піролізного типу для
теплозабезпечення сільськогосподарських приміщень**

Виконав: студент 4 курсу групи АІ-2-21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Радченко Віталій Костянтинович _____

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Радченко Віталій Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення теплогенератора піролізного типу для теплозабезпечення сільськогосподарських приміщень

керівник роботи Золотовська Олена Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 7 » травня 2025 року № 964

2. Строк подання студентом роботи 07.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз виробничої діяльності підприємства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту. Аналіз конструктивно-режимних теплогенераторних установок для отримання газоподібного палива з рослинних решток.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1 Аналіз виробничої діяльності підприємства. 2. Аналіз існуючих технологій, конструкцій та обґрунтування теми дипломного проєкту 3. Технологічна проробка проєкту. 4. Охорона праці та захист навколишнього

середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проєктних рішень. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Аналіз господарства. Таблиці (A1). 2. Технологічне планування складу (A1). 3. Загальний вигляд ТПГ (A1). 4. Топкове обладнання камери піролізу. (A3). Корпус теплогенератора (A3). Передня стінка корпусу (A3). Обмуровка піролізної камери (A3). 6. Економічна ефективність.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Золотовська О.В., доцент		
2	Золотовська О.В., доцент		
3	Золотовська О.В., доцент		
4	Золотовська О.В., доцент		
5	Золотовська О.В., доцент		
Нормо-контроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: 11.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика господарства	11.03.25-11.04.25	
2	Аналіз актуальності проєкту	13.03.25-13.05.25	
3	Технологічно-конструктивний	14.04.25-21.05.25	
4	Охорона праці	15.04.25-20.05.25	
5	Економічний	19.04.25-7.06.25	
6	Графічна частина	10.05.25-7.06.25	

Студент

(підпис)

Радченко В.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Золотовська О.В.

[illegible]

<i>Н.Контр</i>	<i>Бойко В.Б.</i>			<i>проекту</i>	<i>ДДАЕУ</i>
<i>Затв.</i>	<i>Теслюк Г.В..</i>				<i>Група АІ-2-21</i>

ЗМІСТ

Анотація	7
Вступ	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	10
1.1 Загальна характеристика підприємства	10
1.2 Природно-кліматичні умови.	11
1.3 Структура посівних площ	12
1.4 Склад та використання машинно-тракторного парку(МТП)	13
1.5 Технічне обслуговування МТП	15
1.6 Організація роботи нафтогосподарства	17
2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ, КОНСТРУКЦІЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	19
2.1 Способи використання відходів	19
2.1.1 Пряме спалювання біомаси	19
2.1.2 Газифікація біомаси	23
2.1.3 Піроліз біомаси	26
2.2 Оцінка теплового потенціалу рослинних відходів	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЕКТУ	33
3.1 Тепловий розрахунок топкового агрегату	33
3.1.1 Розрахунок горіння палива	33
3.1.2. Визначення витратної характеристики	37
3.2 Розрахунок допустимого тиску	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	40
4.1 Аналіз стану з охорони праці на підприємстві	40
4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з теплогенератором піролізного типу	42

4.2.1. Загальні вимоги безпеки	42
4.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	45
4.2.3 Вимоги безпеки під час роботи	46
4.2.4 Вимоги безпеки під час роботи теплогенератора	47
4.2.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	48
4.2.6 Вимоги безпеки після завершення роботи	50
4.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці на підприємстві	50
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	52
5.1 Економічний розрахунок проектного топкового агрегату та порівняння його з базовим агрегатом	52
Висновки	59
Бібліографічний список	61

Анотація

Радченко В.К. Удосконалення теплогенератора піролізного типу для теплозабезпечення сільськогосподарських приміщень/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Дипломний проект містить 62 сторінок пояснювальної записки і 5 сторінок графічної частини.

У першому розділі представлена характеристика господарства, проведено аналіз виробничої діяльності та обсягу рослинних відходів, визначено потенціал їх використання.

Другий присвячено огляду способів переробки рослинних решток, опису різних конструкцій теплогенераторів для отримання газоподібного палива та обґрунтуванню вибору конкретної конструкції.

Третій розділ містить теплові та конструктивні розрахунки проектного обладнання.

У четвертому розділі розглянуто організацію охорони праці на підприємстві, питання пожежної безпеки та санітарно-побутових умов, наведено вимоги з безпеки при експлуатації теплотехнічного устаткування, а також запропоновано заходи щодо покращення охорони праці в господарстві.

П'ятий розділ присвячений техніко-економічній оцінці запропонованих проектних рішень.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України значна увага приділяється підвищенню ефективності використання енергоресурсів та впровадженню екологічно чистих технологій опалення сільськогосподарських приміщень. Особливо актуальним є питання забезпечення теплом овочесховищ, тваринницьких ферм, теплиць та інших виробничих об'єктів агропромислового комплексу, де стабільний і економічний тепловий режим безпосередньо впливає на збереження продукції та умови праці.

В умовах сучасної енергетичної кризи, зростання вартості традиційних паливних ресурсів та необхідності зменшення негативного впливу на довкілля особливу увагу приділяють альтернативним, економічним і екологічно безпечним джерелам теплової енергії. Піролізні теплогенератори як один із перспективних напрямів використання місцевих видів біомаси та рослинних відходів стають актуальними для аграрного сектору. Вони дозволяють перетворювати тверде органічне паливо у горючі гази за допомогою термічного розкладу в умовах обмеженого доступу кисню, забезпечуючи високий ККД і мінімальний викид шкідливих речовин. Одним із перспективних напрямів є використання піролізних теплогенераторів, які дозволяють ефективно переробляти біомасу і рослинні відходи у високоефективне теплове паливо. Піролізні установки забезпечують високу теплову ефективність, знижують шкідливі викиди в атмосферу та сприяють раціональному використанню місцевих ресурсів.

Проте існуючі конструкції піролізних теплогенераторів мають певні недоліки, що обмежують їх ширше впровадження в сільському господарстві. Це стосується як технічних аспектів, так і експлуатаційних характеристик, що впливають на надійність, безпеку і економічність роботи устаткування.

Метою даної дипломної роботи є удосконалення конструкції піролізного теплогенератора з метою підвищення його теплової продуктивності, зниження витрат палива та покращення експлуатаційних параметрів для ефективного теплозабезпечення сільськогосподарських приміщень.

В роботі розглядаються особливості конструкції та принцип роботи піролізних теплогенераторів, аналізуються існуючі недоліки, пропонуються технічні рішення для їх усунення, а також проводяться експериментальні дослідження ефективності запропонованих змін.

Практична значущість дослідження полягає у створенні модернізованого теплогенератора, який може бути впроваджений на агропідприємствах для покращення умов зберігання продукції та забезпечення оптимального мікроклімату у виробничих приміщеннях з урахуванням екологічних вимог і енергоефективності.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика підприємства

Головний офіс знаходиться в місті Дніпро, також є представництва в м. Київ, м. Одеса, м. Івано-Франківськ, м. Хмельницький. Заснована в 1994 році, входить в корпорацію «Інтер-Агросистеми». Компанія спеціалізується по обслуговуванню підприємств агропромислового комплексу нашої країни в птахівництві та тваринництві.

В корпорацію також входять:

1. Три торгових підприємства;
2. Вісім птахофабрик яйцевого напрямлення;
3. ЧП "Петриковский племконе завод"
4. Шість комбикормових заводів.

Також до складу Компанії входять машино-тракторні бригади, склади, ферми, завод комбикормів.

В Компанії здійснюються багатосторонні транспортні зв'язки. Дорожня мережа, як складова частина транспорту приймає участь в процесів виробництва продукції.

На великій території сільськогосподарського пункту здійснюються виробничі процеси, зокрема: на полях сівозмін; у машинно-тракторних бригадах; між населеними пунктами.

Це обумовлює різні транспортні зв'язки по переміщенню з господарських центрів добрив, насіння, а з полів сівозмін – продукції рослинництва. Продукція вивозиться на елеватори, заводи по переробці продукції.

Заводи комбікормів оснащені бункерами для зерна і комбікормів, та технологічними компонентами – дробарки, мішалки, транспортери, системи зважування.

Продукція, що надходить на заводи для виробництва преміксів, переробки, проходить ретельний контроль у власній сучасній виробничо-випробувальній лабораторії.

Після дозволу лабораторії на прийом сировини, продукція надходить на один із сировинних складів через ділянки автоприймання і прийому тарної сировини. На ділянці автоприймання сипкої сировини, обладнаної металоманітними уловлювачами, приймається і здійснюється якісна підготовка вхідної сипкої сировини, після чого вона потрапляє в закріплені ємності. Підготовка включає в себе наступні етапи:

- Видалення металевих включень;
- Просіювання сировини - видалення великих фракцій;
- Послідовний помел кожного індивідуального компонента з гнучкою настройкою сил, сили аспірації, PID-контролю.

Відходи, які залишаються від кормів, використовують, як сировину для теплогенераторів, які використовують для опалення складів.

1.2 Природно-кліматичні умови

Метеорологічні умови мають вирішальне значення у формуванні врожайності сільськогосподарських культур. Одна з ферм ТОВ фірми «Триплекс» знаходиться в селі Чумаки, в кліматичній зоні якого відзначається спека влітку і значні перепади температури взимку. В літній період нерідко спостерігаються суховії, в зимовий – відлиги з підвищенням температури до 0.....7⁰С. Тепловий період (вище 10⁰С) може тривати в межах 165-175 днів. Перші осінні заморозки починають з'являтися в кінці вересня – на початку жовтня.

Таблиця 1.1

Середні місячні й річні показники температури повітря, °С

Роки	Місяці												Середня за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2022	-4,5	-3,1	0,9	9,5	15,0	18,5	22,2	21,7	16,3	9,3	3,6	-3,0	8,5
2023	-4,5	-1,4	6,1	10,1	18,4	19,1	22,9	23,2	16,6	7,7	1,6	-2,3	9,7
2024	-2,5	-0,9	4,3	9	16,4	21,3	22,7	22,5	20	7,2	4,8	0,4	10,4
Середнябагат орічна	-4,1	-2,1	3,7	9,5	16,9	20	22,3	22,1	17,3	7,8	3	-4	9,5

У травні спостерігалась нестійка погода з частими значними опадами та грозами. Середньомісячна кількість опадів по області становила 68 мм, що дорівнює 145 % норми.

У червні погода також була нестійкою — з частими дощами, місцями сильними зливами, шквалами й градом. Середня кількість опадів за місяць склала 65 мм, або 105 % від норми. Природно-кліматичні умови на території господарства, як і в цілому районі не стійкі, саме тому даний фактор вносить свої корективи у заплановані роботи.

1.3 Структура посівних площ

Таблиця 1.2.

Валовий збір основних видів сільськогосподарських культур 2022 рік

Культура	Площа, га	Врожайність, ц	Валовий збір, т
Озима пшениця	740	37	2960
Ячмінь	220	10	840
Кукурудза	550	24	2750
Соняшник	100	6	240
Всі культури	1610	77	6790

2023 рік

Культура	Площа, га	Врожайність, ц	Валовий збір, т
Озима пшениця	720	34	2880
Ячмінь	290	14	1073
Кукурудза	600	22	3000
Соняшник	130	8	312
Всі культури	1740	78	7265

2024 рік

Культура	Площа, га	Врожайність, ц	Валовий збір, т
Озима пшениця	720	34	2880
Ячмінь	240	12	888
Кукурудза	500	21	2500
Соняшник	120	8	288
Всі культури	1570	75	6556

Стабільне землеробство ґрунтується на раціональному підході до впровадження сівозмін, які мають бути одним із найефективніших агротехнічних заходів у боротьбі з бур'янами, шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур. Вони також сприяють запобіганню ерозії ґрунтів, підвищенню ефективності використання техніки та зростанню продуктивності праці.

Основний тип ґрунтів на території підприємства — звичайні чорноземи.

Рельєф земель здебільшого рівнинний. Поля поділені деревними насадженнями, що майже повністю запобігає вітровій ерозії.

Валовий збір сільськогосподарських культур – основа процвітання сільськогосподарських підприємств, але в залежності від багатьох факторів кожного року валовий збір сільськогосподарських культур різний.

1.4 Склад та використання машинно-тракторного парку(МТП)

Таблиця 1.3 Реєстр машин.

№	Вид машини	Марка машини	Кількість машин
1	Автомобіль	ТАТА Т 713	5
2	Автомобіль	ТАТА 613	7
3	Трактор	МТЗ-80	3
4	Трактор	ХТЗ Т-150	3
5	Трактор	ХТЗ Т-150К	2
6	Трактор	ХТЗ Т-156	2
7	Комбайн	“ДОН-1500Б”	3
8	Комбайн	ClaasLexion 670	4
9	Сіялка	СЗ-3,6	4
10	Сіялка	Червона Зірка Astra 5,4	3
11	Сіялка	Червона Зірка Astra 3,6	3
12	Навантажувач	Linde H 2010	5
13	Навантажувач	Massey Ferguson MF9407	3
14	Плуг	ПЛН-3.35	4
15	Оприскувач	ОП-2000	2
16	Косарка	КРН-2,1	3
17	Культиватор	КПС-4	4
18	Культиватор	КРН-5,6	2

Завдяки цієї таблиці ми бачимо, що господарство забезпечене сільськогосподарською технікою та машинно-тракторним парком на достатньому рівні. Під час збирання врожаю в господарстві не відчувається нестачі техніки.

На території гаражу розташовані: склад запчастин, майстерня для ремонту.

Короткий опис однієї з машин, та причини актуальності використання:

- Т-150

Трактор Т-150 є дітищем Харківського тракторного заводу (звідси походить часто стоїть перед назвою трактора аббревіатура ХТЗ).

Т-150 універсальний і відноситься до категорії швидкісних. Випускатися почав з середини сімдесятих років минулого століття.

Його призначення - це роботи в сільськогосподарській, дорожньо-будівельній, транспортній та інших галузях.

Культивація, в тому числі суцільна, луцення, оранка, посівні і збиральні роботи це всього лише короткий перелік, того де цей трактор може бути використаний в сільському господарстві. Він також може бути широко затребуваний як на магістральних дорогах так і в умовах складного бездоріжжя в роботах, що використовують причепа та напівпричепа, вантажопідйомність яких перевищує 10 і аж до 20 тонн.

Технічні характеристики трактора Т-150 змінюються і адаптуються до сучасної ситуації. А габаритні розміри, незважаючи на всі зміни, залишилися такими ж, як і були в момент випуску машини в 1983 році. Так, довжина агрегату становить 5 м, ширина - 1,88 м, висота дорівнює 2,68 див. Вага дорівнює 7,95 т в старій версії і 8,15 т – в модернізованій. Розмір бази для гусеничної серії дорівнює 1,8 м, а колія – 1,43 м. Завдяки модернізаціям істотно спростився ремонт Т-150, з'являються у продажу сучасні запасні частини для цих машин. У сучасному тракторі інженери зуміли подолати один важливий недолік. Збільшення її довжини дозволило значно знизити тиск машини на ґрунт і зробити рух більш плавним.

1.5 Технічне обслуговування МТП

За працівниками закріплена певна техніка, у разі поломки якої вони її ремонтують. У разі поломки техніки працівник виконує ремонт у спеціально обладнаній майстерні. В майстерні є кран-балка, оглядова яма, різнопланові слюсарно-токарні верстати, зварювальний апарат.

Щозмінне технічне обслуговування трактора (ЩТО) здійснюється після завершення зміни та включає такі основні операції:

- перевірити, щоб ротор центрифуги після зупинки двигуна обертався не менше 40 секунд;
- вимкнути «масу» акумуляторної батареї та злити конденсат з повітряних балонів пневмосистеми;
- очистити трактор від пилу та бруду;
- провести зовнішній огляд для виявлення можливих підтікань оливи, пального або охолоджувальної рідини. Перевірити рівні та, за потреби, долити охолоджувальну рідину в радіатор, а також паливо в баки основного та пускового двигунів;
- під час роботи машини контролювати показання приладів, сигнали індикаторних ламп, колір вихлопних газів, а також прислухатися до роботи двигуна й трансмісійних агрегатів. У разі виявлення відхилень зупинити трактор, визначити та усунути причину несправності;
- щоденно обов'язково перевіряється рівень оливи й води, виконується очищення (продувка) повітряних фільтрів і радіатора охолодження, а також підтримується охайний зовнішній вигляд техніки;
- На території тракторної бригади ведеться книга технічного огляду, в якій фіксується кількість напрацьованих мотогодин до кожного проведеного обслуговування.

Технічне обслуговування №1 (ТО-1)** проводиться після 250 мотогодин роботи трактора. Перед його виконанням обов'язково здійснюють щозмінне технічне обслуговування (ЩТО), а далі виконують такі операції:

- мийка трактора;

- перевірка рівня масла в корпусі паливного насоса, тиску повітря в шинах, їхнього технічного стану, а також справності рульового управління і гальм;
- змащування підшипників водяного насоса системи охолодження та відводки зчеплення.
- зливання відстою з паливного фільтра грубого очищення;
- очищення ротора центробіжного масляного фільтра дизельного двигуна;
- змащування підшипників шарнірів карданних валів переднього ведучого моста.

Технічне обслуговування №2 (ТО-2) проводиться після 500 мотогодин роботи трактора. Спочатку виконуються всі операції, передбачені технічним обслуговуванням №1, після чого додаються наступні дії:

- заміна масла в картері дизельного двигуна, піддоні повітроочисника та корпусі паливного насоса. (У випадку використання масел М8Г2 і МЮГ2 за ГОСТ 8581-78 з вмістом сірки до 0,5%, заміна масла в картері дизеля здійснюється через 480 мотогодин роботи);
- злив відстою з фільтра тонкого очищення пального та з паливних баків;
- промивка фільтрувальних елементів повітроочисника пускового дизеля та регулятора тиску пневматичної системи;
- перевірка рівня масла в агрегатах трансмісії: зчепленні, коробці передач, задньому та передньому ведучому мостах, верхніх і нижніх редукторах коліс, проміжній опорі карданної передачі, а також у баку роздільно-агрегатної гідросистеми, редукторі пускового двигуна та корпусі гідропідсилювача рульового керування;
- змащування втулок поворотних цапф переднього моста та маточини педалі зчеплення.

1.6 Організація роботи нафтогосподарства

Для забезпечення машин паливно-мастильними матеріалами на території гаража господарства розміщене обладнання, що включає стаціонарні установки для зберігання, транспортування та видачі пального і мастил. Нафтогосподарство господарства складається з центрального складу та пункту заправки машин паливом, розташованого на пункті технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Доставка пального від пункту технічного обслуговування машинно-тракторного парку до комбайнів і тракторів, що працюють у полі, здійснюється за допомогою пересувних цистерн.

Висновки

Отже ми можемо бачити, що стан фірми на високому рівні. Починаючи від умов на сільськогосподарських угідь, закінчуючи технікозабезпеченням. Через аномальні опади, інколи підприємство несло немалі втрати врожаю, проте воно завжди швидко налагоджувало роботу.

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ, КОНСТРУКЦІЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ.

2.1 Способи використання відходів

Найвідомішими способами використання відходів є:

1. Пряме спалювання біомаси.
2. Газофікація біомаси.
3. Піроліз біомаси.

2.1.1 Пряме спалювання біомаси

Установки, призначені для спалювання палива, що мають номінальну теплову потужність понад 100 кВт. Топки таких установок зазвичай оснащені механічним або пневматичним пристроєм подачі палива. Як правило, ручна подача палива не використовується у зв'язку з високими витратами на утримання персоналу та суворими обмеженнями на викиди газоподібних забруднень. Сучасні промислові установки для спалювання палива, як правило, оснащуються автоматизованими системами керування, які дають змогу здійснювати повністю автоматичний контроль і управління всіма етапами технологічного процесу.

До поширених технологій спалювання біомаси належать:

- спалювання в нерухомому шарі;
- спалювання у псевдозрідженому шарі (включаючи киплячий і циркулюючий варіанти);
- спалювання у вигляді пилоподібної маси.

При спалюванні біомаси в нерухомому шарі використовуються топки з колосниковими решітками та системами подачі палива знизу. Первинне повітря проходить через паливний шар, де відбуваються основні процеси — сушіння, газифікація та утворення вуглецевого залишку. Газоподібні продукти, що утворюються, догорають у верхній частині камери згоряння завдяки подачі вторинного повітря в спеціальну зону над паливом.

У технологіях з псевдозрідженим шаром спалювання біомаси відбувається в середовищі, що складається з газу та дрібнодисперсного інертного матеріалу. Повітря подається знизу, створюючи інтенсивне перемішування, що забезпечує рівномірне горіння. В залежності від швидкості повітряного потоку розрізняють два основних типи: шар із псевдозрідженням киплячого типу та циркулюючий псевдозріджений шар. Пилоподібне спалювання використовується для біомаси, що має дуже дрібну фракцію (менше 2 мм). У цьому випадку суміш палива з повітрям подається до камери згоряння, де частинки палива згорають у завислому стані. Вторинне повітря вводиться окремо, щоб забезпечити повне згоряння газоподібних продуктів.

Існують модифікації цих технологій, наприклад, топкові установки з паливорозподільниками або циклонними форсунками.

Колосникові решітки бувають різних конструкцій: стаціонарні, рухомі, стрічкові, обертові та вібраційні. Вибір конкретного типу залежить від фізичних властивостей палива, таких як розмір часток та вологість. Тому технічне обґрунтування вибору системи спалювання є важливим етапом проєктування. Колосникові решітки найчастіше застосовуються для спалювання біомаси з підвищеною вологістю та нерівномірним гранулометричним складом, наприклад, для сумішей деревини з соломомою або зерновими відходами. Це обумовлено їх здатністю ефективно працювати з паливами, які мають низьку температуру плавлення золи та прийнятну вологість.

Грамотно спроектована колосникова решітка забезпечує рівномірний розподіл палива та вугілля по всій її поверхні, що сприяє ефективній подачі

повітря до зони горіння. Нерівномірний розподіл повітря може викликати низку проблем, таких як утворення шлакових відкладень, надмірне утворення зольного пилу та необхідність подачі додаткового кисню для повного згоряння палива.

Щоб забезпечити рівномірне переміщення палива по решітці, важливо, щоб його рух був плавним і стабільним. Це дозволяє підтримувати однорідний шар вугілля, запобігає утворенню порожнин і знижує ризик залишення незгорілих частинок.

Одним з рішень зазначених проблем є застосування колосникових решіток з безперервним рухом полотна. У поєднанні з автоматизованою системою контролю висоти паливного шару (наприклад, за допомогою інфрачервоного датчика) та вентиляторів первинного повітря з регулюванням швидкості обертання, це дозволяє точно дозувати повітря на різні ділянки решітки. Такий підхід створює оптимальні умови для проходження основних етапів термічної обробки біомаси — сушіння, газифікації та утворення вуглецевого залишку.

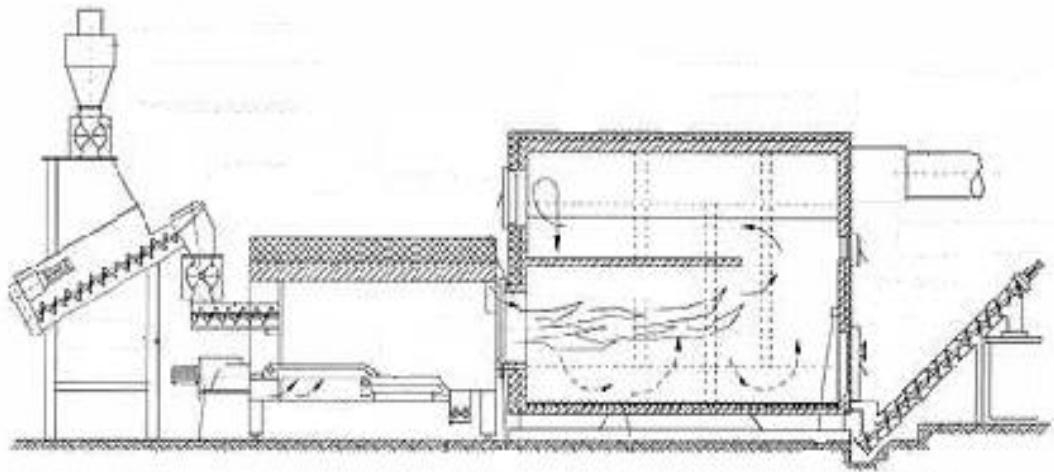
У топках з колосниковими решітками важливо реалізувати ступінчасте спалювання палива шляхом розподілу простору топки на первинну та вторинну камери. Такий підхід дозволяє уникнути змішування первинного та вторинного повітря, чітко відокремити зони газифікації й окислення, а також покращити керованість процесом горіння. У первинній камері недостатній рівень турбулентності не сприяє ефективному змішуванню повітря з топковими газами, однак саме це необхідно для стабільного утворення шару вугілля на решітці. Тому конструкція вторинної камери і режими подачі повітря повинні забезпечувати інтенсивне перемішування горючих газів з повітрям, що сприяє зменшенню потреби в надлишковому кисні та підвищує ефективність згоряння.

У топках із розділенням на дві камери процес первинного й вторинного спалювання реалізується в окремих топкових модулях, які фізично ізольовані один від одного. Такі установки доцільно застосовувати при використанні

біомаси з підвищеною вологістю, наприклад деревної тріски. Конструкція двокамерної топки передбачає наявність шнекового завантажувача, який запобігає зворотному поширенню полум'я, а також камеру з покращеною термоізоляцією та колосниковими ґратами, зазвичай з паралельним потоком. У цій камері, також відомій як попередня топка, за допомогою вентилятора подається первинне повітря, що сприяє частковій газифікації або початковому спалюванню палива.

Паливо подається в невеликих кількостях, а утворені газоподібні продукти разом із вторинним повітрям транспортуються через фланцеве з'єднання до основного котельного модуля, де відбувається завершальне окислення. Після цього нагріті газу спрямовуються до теплообмінника. Завдяки чіткому розмежуванню зон піролізу, газифікації та окислення, двокамерна топка забезпечує більш ефективне згоряння у порівнянні з традиційними системами. Крім того, створення турбулентних потоків у каналах для топкових газів покращує їх змішування з повітрям, сприяючи повнішому вигорянню палива. Проте, слід враховувати, що недостатня термоізоляція або відсутність системи водяного охолодження може призводити до суттєвих теплових втрат.

На рисунку 2.1 представлено схему роботи попередньої топки, призначеної для спалювання деревної тріски. У цій конструкції паливо подається дозовано та піддається спалюванню або частковій газифікації в спеціальній камері з покращеною теплоізоляцією, куди вентилятором подається первинне повітря. Утворені топкові газу та газифіковане паливо через фланцеве з'єднання надходять до основного котельного модуля, де відбувається завершальне окислення. Далі гарячі газу направляються у теплообмінник для передачі теплової енергії. Така система дозволяє ефективно контролювати процес згоряння біомаси з високим вмістом вологи, зокрема деревної тріски, забезпечуючи стабільну та економічну роботу установки..



Попри високу ефективність, така топкова система має і певні недоліки. Зокрема, значні габарити установки можуть бути неприйнятними для використання у приміщеннях з обмеженим простором. Ще одним мінусом є недостатньо ефективне вилучення тепла на початковій стадії спалювання, що знижує загальний коефіцієнт корисної дії системи. Окрім того, в процесі роботи може виникати шлакоутворення, а в деяких випадках — підвищений рівень викидів оксидів азоту (NO_x), що створює додаткове навантаження на довкілля.

2.1.2 Газифікація біомаси

Газифікація – це процес конверсії біомаси в горючу газову суміш за рахунок часткового окислення біомаси при високій температурі (800–900°C).

Газифікація термохімічного типу є процесом часткового окислення вуглецевмісної сировини, такої як біомаса, торф або вугілля, для отримання газоподібного енергоносія, відомого як генераторний газ. Цей газ включає монооксид вуглецю, водень, метан, діоксид вуглецю, а також незначну кількість більш складних вуглеводнів, таких як метан і етан. Крім того, газ містить пари води, азот (якщо використовується повітря), а також різні домішки, включаючи смоли, частки вуглистої речовини та золу. Для окислення сировини можуть використовуватись такі окислювачі: повітря,

кисень, пара або їх комбінації. Температурний діапазон цього процесу становить від 800 до 1300°C.

Зараз найбільш часто застосовується повітряна газифікація, оскільки вона не передбачає витрат на виробництво кисню та не потребує двох реакторів, як у випадку парової газифікації. При повітряній газифікації отримується генераторний газ з вищою теплотою згоряння, що становить 4–6 МДж/нм³, хоча він вважається низькокалорійним.

В даний час розроблено велику кількість варіацій проведення процесу газифікації залежно від напрямів сировинних потоків і щільності реакційного шару:

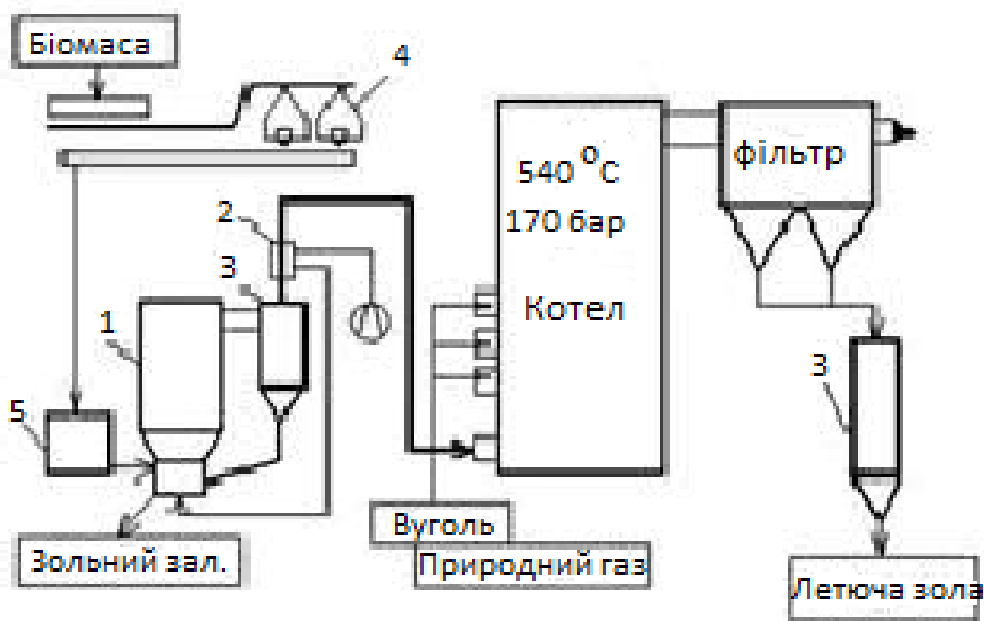
1. Прямоточна (в низхідному потоці газу) газифікація в щільному (нерухомому) шарі сировини (НПГ).
2. Протиточна (у висхідному потоці газу) газифікація в щільному (нерухомому) шарі сировини (ВПГ).
3. Газифікація у щільному (нерухомому) шарі сировини з поперечним потоком газу.
4. Газифікація в барботируемпсевдозрідженому (киплячому) шарі (БКС).
5. Газифікація в циркулюючому псевдозрідженому (киплячому) шарі (ЦКШ).
6. Газифікація в двох реакторах киплячого шару.
7. Газифікація частинок біомаси у потоці та ін.

Газифікатори з киплячим шаром відрізняються від реакторів з щільним шаром тим, що в них забезпечуються високі швидкості тепло- та масопереносу, а також ефективне перемішування твердої фази. Це дозволяє досягти високих швидкостей хімічних реакцій і стабільної температури шару. Для цього частки сировини повинні бути дрібнішими, ніж при газифікації в щільному шарі, що вимагає додаткового подрібнення палива. Газифікатори з киплячим шаром є єдиними, що працюють з ізотермічним шаром сировини. У таких установках виробляється генераторний газ, в якому вміст смол

становить 5-10 г/нм³, що є середнім показником порівняно з газифікацією в інших типах реакторів.

Під час газифікації в циркулюючому киплячому шарі частинки, підняті потоком газу з реактора, відокремлюються в циклоні і повертаються назад у шар для підвищення ефективності перетворення вуглецю. Газ, що виробляється в таких установках, часто використовується для спалювання в котлах у більшості комерційних застосувань. Технологія газифікації біомаси в киплячому та циркулюючому киплячому шарах може застосовуватись як при атмосферному, так і при підвищеному тиску. Установа, що працює під тиском, є значно складнішою та дорожчою, ніж установа для атмосферного газифікування. Однак її переваги виражаються в використанні в великих парогазотурбінних установках з внутрішньоцикловою газифікацією біомаси. В такому випадку немає потреби в додатковому стисненні генераторного газу перед його подачею в камеру згоряння газової турбіни. Установа з двома реакторами киплячого шару дозволяє отримати газ з вищою теплотою згоряння, ніж простіші реактори з киплячим шаром, що працюють лише з повітряним дуттям.

На рис. 2.2 показана принципова схема газогенератора



Та донині система очищення є критичною складовою будь-якої газифікаційної установки. Незважаючи на багаторічний досвід експлуатації газогенераторів біомаси з нерухомим шаром, надійність і масштабіність експлуатації раніше страждає від низки проблем. Так як важко масштабувати газогенератори вихідного струму з нерухомим шаром на більшу потужність, більшість великомасштабних газогенераторів біомаси базуються на технології псевдозрідженому шарі або циркулюючого киплячого шару (ЦКС). В якості матеріалу шару і теплоносія використовується пісок. Робоча температура обмежена 900-950 ° С для запобігання спікання золи. При таких відносно низьких температурах газифікації утворюються смолисті сполуки. При охолодженні газоподібного продукту, конденсація цих смол може призвести до забруднення обладнання і трубопроводів. Хоча було розроблено безліч технологій для вирішення проблем смоли, таких як фізична сепарація, термічний і каталітичний крекінг (наприклад, з використанням доломіту в якості матеріалу шару з / або замість піску), ці методи підвищують складність і вартість.

2.1.3 Піроліз біомаси

Наразі одним із найбільш перспективних напрямків використання біомаси в енергетиці є процес піролізу. Піроліз біомаси є не лише універсальною технологією, але й ефективною з погляду енергетичних витрат для забезпечення його проведення. Так при піролізі ці витрати становлять не більше 5 % від теплотворної здатності одержуваних енергетичних продуктів. У той час, наприклад, енергетичні витрати на підтримання процесу біогазової технології можуть досягати 70% від теплотворної здатності виробленого біогазу.

Піроліз являє собою один з ефективних процесів термічної переробки органічних сполук, який відбувається при підвищених температурах без участі кисню. Використання технології піролізу дозволяє істотно знизити залежність країни від зовнішніх постачальників викопних енергоносіїв. В результаті піролізу утворюється горючий газ, високоенергетичні рідкі продукти і кокс. Вихід того чи іншого продукту, а також їх енергетичні й хімічні властивості залежать як від температури процесу, так і швидкості нагріву речовини і властивостей сировини і середовища, в якій процес протікає. При більш високих температурах і більшому часі розкладання, органічні сполуки піролізної рідини зазнають подальше розкладання на прості речовини і домінуючим продуктом є піролізний газ, який в основному складається з оксиду та діоксиду вуглецю, водню і легких вуглеводнів.

На рис. 2.3 показана принципова схема теплогенератора піролізного типу.

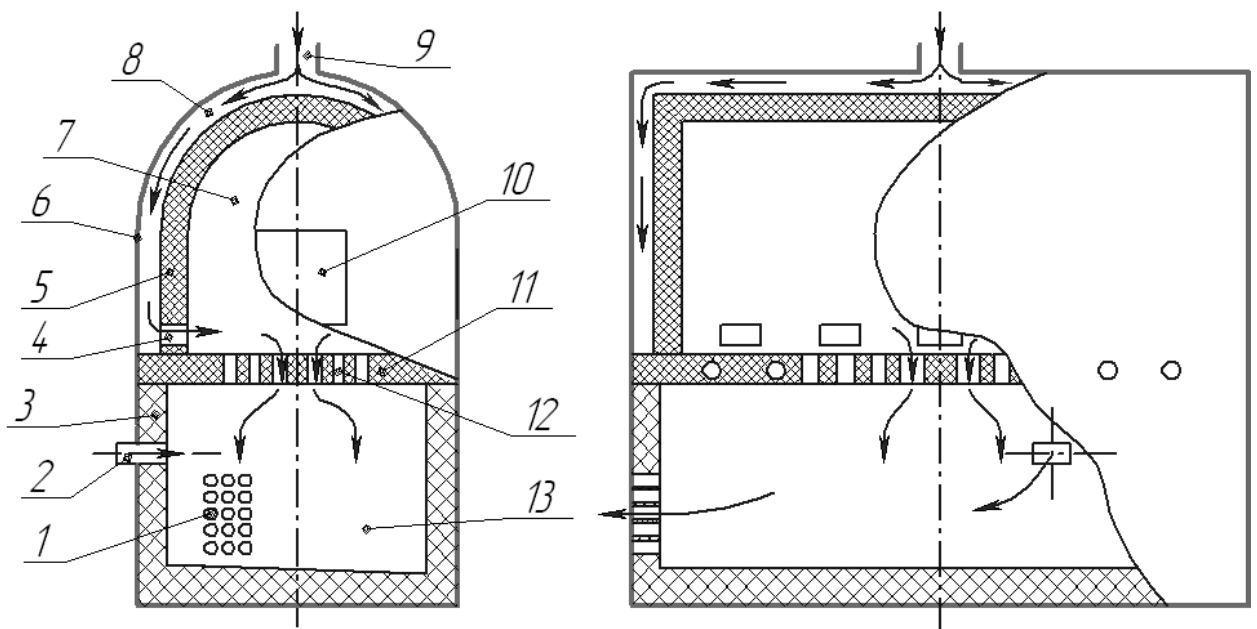


Рис. 2.3 Теплогенератор піролізного типу

Біопаливо завантажується в камеру газогенерації 7 через люк для завантаження та розвантаження 10. Після розпалювання палива люк щільно закривається. Зовнішнє повітря подається через патрубок 9, проходячи

попередній підігрів у порожнині 8, утвореній між обшивкою кожуха 6 і обмурівкою камери горіння 5. Потім нагріте повітря через систему каналів 4 спрямовується до камери піролізу 7. У результаті автогенеруючого піролізу біомаси утворюється піролізний газ, який транспортується через канали 12 піролізної плити 11 до камери згоряння 13, розміщеної в обмурівці 3.

Щоб керувати процесом спалювання піролізного газу, використовується канал 2, у якому можна змінювати поперечний переріз. Його регулювання здійснюється вручну або автоматично відповідно до заданої програми.

Формування піролізного газу в камері 7 відбувається при температурі в межах 600–800 °С. Цей показник залежить від виду біопалива та рівня його вологості, що підтверджується результатами проведених вимірювань.

На цій стадії утворюється суміш водню, окису вуглецю, кисню, вуглекислого газу, метану, азоту і водяної пари. Температурні умови, що створюються під час процесу, сприяють утворенню атомарного кисню та водню, що значно прискорює піроліз.

Безпосередній синтез горючих газів з піропродуктів відбувається на піролізній плиті 11 при температурі 800 - 1000°C. На цій стадії процесу переважає утворення суміші водню і окису вуглецю.

Попереднє спалювання піропродуктов відбувається в каналах 12 піролізної плити 11. При цьому вимірами встановлено, що в стовбурі температура полум'я досягає 2100-2200 °С. Цей рівень температури був встановлений при вологості палива, що не перевищує 40 %.

Більш висока ефективність піролізних теплогенераторів порівняно з традиційними топковими агрегатами і твердопаливними котлами визначається поруч факторів, серед яких найбільш істотними є наступні:

1. Просторове розділення загального процесу, при якому в камері термічного розкладання біомаси в умовах нестачі кисню

утворюється піролізний газ, а в окремій камері – суміш кисню повітря з виділеним піролізним газом забезпечує процес його горіння при високій температурі.

2. Піролізний газ в процесі згоряння взаємодіє з активним вуглецем, в результаті чого продукти згорання на виході з теплогенератора практично не містять шкідливих домішок, будучи в основному сумішшю вуглекислого газу і водяної пари. При цьому викиди CO_2 в теплогенераторі піролізного типу в три рази менше, ніж у звичайному, приміром, дров'яному котлі на одиницю вироблюваної потужності.
3. Процес термічного розкладання біомаси і спалювання утворився піролізного газу може бути автоматизований такою ж мірою, як газовий або рідкопаливний котельний агрегат.
4. Теплогенератори піролізного типу порівняно просто вписуються в будь-яку технологічну лінію, що споживає теплоту для розв'язання широкого спектра конкретних завдань – від гарячого водопостачання до виробництва пари та електроенергії.
5. З погляду компактності піролізний теплогенератор має відносно не великий розмір, що дає варіативність у використанні, як малих так і великих приміщень.

Тому на основі перелічених агрегатів, які використовують біомасу як паливо, ми обираємо теплогенератор піролізного типу для опалення складів на підприємстві, у зв'язку з рядом перелічених переваг.

2.2 Оцінка теплового потенціалу рослинних відходів.

Відходи сільського господарства умовно поділяються на два типи: первинні та вторинні. Первинні формуються під час збирання врожаю — це, зокрема, солома зернових культур, залишки кукурудзи на зерно, стебла

соняшника та обмолочені качани. Вторинні ж виникають у процесі переробки врожаю на підприємствах, наприклад, лушпиння соняшника, гречки, рису або залишки цукрових буряків. Частину цих відходів використовують у самому господарстві — як добриво, корм або підстилку для тварин; ще частину — в інших галузях економіки. Однак значна кількість біомаси лишається невикористаною та підлягає утилізації, наприклад, спалюється або вивозиться на сміттєзвалища, не приносячи жодної користі. Водночас існує великий потенціал залучення цієї біомаси до енергетичного виробництва. Проте при цьому важливо враховувати, яку частку відходів можна вилучати без шкоди для родючості ґрунтів.

Солома, яка використовується в якості палива, здатна забезпечити різні енергетичні потреби підприємств від генерування теплової енергії (гарячої води, повітря) до отримання високотехнологічного пари, яка може бути використана для виробництва електроенергії. Теплотворна здатність пшеничної соломи становить 17-18 МДж/кг, рапсової соломи - близько 16-17 МДж/кг. Для прикладу: деревина має теплотворну здатність у межах 17,5–19 МДж/кг, тоді як у природного газу вона значно вища — близько 52,2 МДж на кубічний метр. Таким чином, 2,9 тон соломи заміщають 1000 м³ природного газу.

Стебла кукурудзи, як і солома, містять хлор та лужні метали. Зокрема, концентрація хлору становить приблизно 0,2% від маси сухої речовини, що співставно з вмістом сірки в соломі. За вмістом калію стебла кукурудзи також не поступаються соломі — цей показник становить близько 6,1 мг/кг сухої маси. Температура плавлення золи у стебел кукурудзи коливається в межах 1050–1200 °С, що є суттєвою перевагою для використання їх у якості палива. Крім того, вміст сірки в кукурудзяних стеблах значно нижчий, ніж у соломі, що робить їх екологічно привабливішими при спалюванні.

Приведемо дані з врожаю, а також відходів цього врожаю у господарстві, та підрахуємо енергетичний потенціал відходів $P_{ен}$ за формулою:

$$P_{ен} = \frac{B_{ен} \cdot Q_n^p}{7000}. \quad (2.1)$$

Дані розрахунку відображаємо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Енергетична цінність біомаси сільськогосподарських відходів (2024рік)

Вид біомаси	Урожай с/г культур, тис. т	Загальний обсяг відходів (теоретичний потенціал), тис. т	Частка відходів на енергетичні потреби	Енергетичний потенціал			
				тис.т	W, %	Q _{нр} , МДж/кг	тис. тп.т.
Солома зернових культур	зернові (без кукурудзи): 32,1	36,6	30%	9,2	20	14,5	4,5
Відходи виробництва кукурудзи на зерно: всього, у т.ч. кукурудза: - стебла (з листям) - стрижні	кукуруза: 30,9	40,2	40%	16,1	50	8	14,4
		30,3		12,1			3,3
		5,6		2,2			0,6
Відходи виробництва соняшника: всього, у т. ч. соняшник: - стебла (з листям) - кошики	соняшник: 11,0	20,9	40%	8,3	60	6	1,7
		14,3		5,7			1,2
		6,6		2,6			0,5
Всього	74,0	91,8		33,6			10,6

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що найбільший енергетичний потенціал у перерахунку на умовне паливо мають солома

зернових культур — 4,5 тис. тонн умовного палива, а також відходи від вирощування кукурудзи на зерно — 4,4 тис. т у.п. Енергетичний потенціал поживних залишків соняшнику становить 1,7 тис. т у.п. Загалом сумарний енергетичний потенціал усіх розглянутих видів біомаси досягає 10,6 тис. тонн умовного палива, що еквівалентно 33,6 тис. тонн у натуральному вираженні.

Висновки

Виходячи з аналізу топкових агрегатів, наведеного в підпункті 2.1, найоптимальнішим варіантом для використання є теплогенератор піролізного типу. Це зумовлено його компактними розмірами, високою економічністю та енергоефективністю. Як показано в підпункті 2.2, відходи сільськогосподарського виробництва можуть стати цінним джерелом енергії. Використовуючи піролізний теплогенератор, ці залишки можна ефективно перетворити на тепло для обігріву господарських приміщень, таких як склади, майстерні тощо. Обсяги доступної біомаси є достатніми для забезпечення безперебійної роботи такої установки. Окрім того, застосування аграрних відходів як палива є екологічно безпечним рішенням, яке не шкодить ґрунту та посівам. Відмова від використання традиційного палива дозволяє значно знизити витрати, що робить цей підхід економічно вигідним для господарства.

З ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЕКТУ

3.1 Тепловий розрахунок топкового агрегату

Приймаємо вихідні дані для розрахунку:

топка $M = 410$ кг, температура повітря на виході з теплогенератора піролізного типу (ТПТ) $t''_{\text{п}} = 1200$ °С. Температура повітря на вході 140 °С. Вологість повітря $W_{\text{п}} = 10$ г/м³. Збагачення повітря киснем $\omega = 27\%$. Вологість піролізного газу 35 г/м³. Теплота згоряння палива $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 15 - 20$ МДж/м³.

Таблиця 3.1

Склад сухого природного газу, % об'ємн.

CO ₂	CO	H ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	Σ, %
10,7	28,49	20,87	6,26	28,21	2,92	2,55	100

3.1.1 Розрахунок горіння палива

Для газоподібного палива необхідно враховувати вміст вологи, що міститься у паливі під час експлуатації. З цією метою склад сухого газу приводиться до робочого стану палива. Для цього використовується спеціальний коефіцієнт перерахунку, який визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{100 - H_2O}{100} \quad (3.1)$$

$$H_2O = \frac{100 \cdot W}{803,6 + W}, \quad (3.2)$$

Де H_2O – вміст вологи в газі по об'єму, %; W – вміст водяної пари у сухому газі, г/м³.

$$H_2O = \frac{100 \cdot 35}{803,6 + 35} = 4,17\%. \quad (3.3)$$

$$k = \frac{100 - 4,17}{100} = 0,958. \quad (3.4)$$

Робочий склад піролізного газу

$$H_2^n = \kappa_n H_2 = 0,958 \cdot 20,87 = 20\%;$$

$$CO_2^n = \kappa_n \cdot CO_2 = 0,958 \cdot 10,7 = 10,25\%;$$

$$CO^n = \kappa_n \cdot CO = 0,958 \cdot 28,49 = 27,30\%;$$

$$N_2^n = \kappa_n \cdot N_2 = 0,958 \cdot 6,26 = 6\%;$$

$$CH_4^n = \kappa_n \cdot CH_4 = 0,958 \cdot 28,21 = 27,03\%;$$

$$C_2H_6^n = \kappa_n \cdot C_2H_6 = 0,958 \cdot 2,92 = 2,8\%;$$

$$C_3H_8^n = \kappa_n \cdot C_3H_8 = 0,958 \cdot 2,55 = 2,45\%;$$

Таблиця 3.2

Робочий склад природного газу

Вид газу	CO_2	CO	H_2	N_2	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	H_2O	$\Sigma, \%$
Природний	10,25	27,30	20	6	27,03	2,8	2,45	4,17	100

Визначення теплоти згоряння палива. Для визначення теплоти згоряння палива використовуємо формулу

$$Q_n^p = 127,7 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 590 \cdot C_2H_4 + 550 \cdot C_2H_2 + 637 \cdot C_2H_6 + \\ + 913 \cdot C_3H_8 + 1185 \cdot C_4H_{10} + 1465 \cdot C_5H_{12} + 234 \cdot H_2S, \text{ кДж/м}^3. \quad (3.5)$$

У цій формулі CO , H_2 і т.д. – вміст компонентів у паливі, %.

Теплота згоряння піролізного газу:

$$Q_{np}^p = 127,7 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 637 \cdot C_2H_6 + 913 \cdot C_3H_8 = 127,7 \cdot 27,30 + \\ + 108 \cdot 20 + 358 \cdot 27,03 + 637 \cdot 2,8 + 913 \cdot 2,45 = 19324,3 \text{ кДж/м}^3 = 19,324 \text{ МДж/м}^3.$$

Перевірка теплоти згоряння палива

Теплота згоряння $Q_{np}^p = 19,324 \text{ МДж/м}^3$ – відповідає теплоті згоряння заданій у вихідних даних $Q_n^p = 15 - 20 \text{ МДж/м}^3$.

Розрахунок кількості повітря і продуктів згоряння. Теоретично необхідну кількість повітря для спалювання 1 м^3 газоподібного палива визначаємо за рівнянням:

$$L_0 = 0,0476 \cdot \left[0,5(CO + H_2 + 3H_2S) + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right] \cdot (1 + 0,00124W_n) \cdot \frac{21}{\omega}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (3.6)$$

де CO, H₂,... – об'ємні відсотки компонентів газоподібного палива, %; ω – об'ємна концентрація кисню у повітрі, %.

Згідно з рівнянням необхідно повітря:

$$L_0 = 0,0476 \cdot [0,5CO + 0,5H_2 + 2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 - O_2] \cdot (1 + 0,00124W_n) \cdot \frac{21}{\omega} = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot 27,3 + 0,5 \cdot 20 + 2 \cdot 27,03 + 3,5 \cdot 2,8 + 5 \cdot 2,45] \cdot (1 + 0,00124 \cdot 10) \cdot \frac{21}{27} = 3,74 \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт витрати (надлишку) повітря коливається в межах α = 1,05...1,3. Приймаємо α = 1,05. Тоді дійсна витрата повітря для спалювання палива дорівнює:

$$L_d = \alpha \cdot L_0 = 1,05 \cdot 3,74 = 3,93 \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (3.8)$$

Послідовно знаходимо кількість продуктів згоряння.

Кількість CO₂ у продуктах згоряння визначаємо за формулою

$$V_{CO_2} = 0,01[CO_2 + CO + CH_4 + \sum m(C_m H_n)], \text{ м}^3/\text{м}^3; \quad (3.9)$$

$$V_{CO_2} = 0,01[CO_2 + CO + CH_4 + 2 \cdot C_2H_6 + 3 \cdot C_3H_8] = 0,01[10,25 + 27,3 + 27,03 + 2 \cdot 2,8 + 3 \cdot 2,45] = 0,77 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

У продуктах згоряння міститься водяної пари

$$V_{H_2O} = 0,01 \left[H_2 + H_2S + 2CH_4 + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + H_2O + 0,124L_d W_n \right], \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{H_2O} = 0,01[20 + 2 \cdot 27,03 + 3 \cdot 2,8 + 4 \cdot 2,45 + 4,17 + 0,124 \cdot 3,93 \cdot 10] = 1,013 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Кількість азоту у продуктах сгорання

$$V_{N_2} = 0,01[N_2 + (100 - \omega)L_d], \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{N_2} = 0,01[6 + (100 - 27) \cdot 3,93] = 1,535 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Кількість надлишкового кисню в продуктах згоряння:

$$V_{O_2} = \omega(\alpha - 1)L_d \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{O_2} = 27 \cdot (1,1 - 1) \cdot 3,74 \cdot 0,01 = 0,1 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Загальна кількість продуктів згоряння, що утворяться при спалюванні 1 м³ палива.

$$V_d = V_{CO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + V_{O_2}, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_d = 0,77 + 1,535 + 1,013 + 0,1 = 3,418 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

При відомій кількості продуктів згоряння процентний вміст компонентів у продуктах згоряння.

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_d} = \frac{0,77}{3,418} \cdot 100\% = 22,53\%$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O}}{V_d} = \frac{1,013}{3,418} \cdot 100\% = 29,64\%$$

$$N_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_d} = \frac{1,535}{3,418} \cdot 100\% = 44,91\%$$

$$O_2 = \frac{V_{O_2}}{V_d} = \frac{0,1}{3,418} \cdot 100\% = 2,92\%$$

Результати розрахунків зведені в табл. 3.3

Таблиця 3.3

Склад продуктів згоряння

CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	Сума
22,53	29,64	44,91	2,92	100%
0,77	1,013	1,535	0,1	3,418 м ³ /м ³

3.1.2. Визначення витратної характеристики

Для визначення ентальпії повітря та продуктів згоряння знаходимо з додатка методичних рекомендацій «Енергія навколо нас» А. С. Конеченков.

Ентальпія повітря при вході в топку ТПТ при заданій температурі $t_{\pi} = 140^{\circ}\text{C}$ з урахуванням інтерполяції між температурами $t_2 = 200^{\circ}\text{C}$ та $t_1 = 100^{\circ}\text{C}$ складає величину

$$h_{\pi} = h_{140} = h_{100} + \frac{t_{\pi} - t_1}{t_2 - t_1} \cdot (h_{200} - h_{100}) \quad (3.10)$$

$$h_{\pi} = 130 + \frac{140 - 100}{200 - 100} \cdot (261,9 - 130) = 182,8 \text{ кДж} / \text{м}^3.$$

Аналітичний розрахунок, згідно з даними [2]

$$h_{\pi}(140) = t(1,28643 + 1,212245 \cdot 10^{-4} \cdot t) = 182,5 \text{ кДж} / \text{м}^3. \quad (3.11)$$

Ентальпія повітря на виході з топки при заданій температурі $t'_{\pi} = 1200^{\circ}\text{C}$ відповідно

$$h'_{\pi}(140) = h_{1200} = 1721,7 \text{ кДж} / \text{м}^3. \quad (3.12)$$

Висновок: енергетичний потенціал теплогенератора повністю задовільняє вимоги, які потрібні для опалення складів. Теплота згоряння $Q_{\text{нп}}^p = 19,324 \text{ МДж} / \text{м}^3$, що є достатньою для опалення 600 м^3 приміщення.

3.2 Розрахунок допустимого тиску

Зміна форми може відбуватися при напрузі в стінці корпусу, не перевищують допустимі, тому перевірка на стійкість форми обов'язкова для апаратів, що працюють в умовах вакууму. Для теплообмінних апаратів турбоустановок застосовуються опуклі напівсферичні, торосферические або еліптичні днища.

S – товщина стінки днища, м

C - надбавка до товщини стінки, м.

D_α – зовнішній діаметр днища, м.

σ – допустима напруга, МПа.

Розраховуємо робочий тиск за формулою зі збірника

$$p = \frac{2 \cdot (S - c) \cdot \sigma}{D_\alpha - (S - c)}, \quad (3.13)$$

Для топки та випуклого днища:

$$p = \frac{2 \cdot (0,0031 - 0,002) \cdot 20}{0,45 - (0,0031 - 0,002)} = 0,98 \text{ МПа.}$$

Величина робочого тиску для днищ не повинна перевищувати відповідних значень, визначених для циліндричного корпусу.

Для обичайки барабану:

$$p = \frac{2 \cdot (0,00268 - 0,002) \cdot 20}{0,9 - (0,00268 - 0,002)} = 0,030245 \text{ МПа.}$$

Для трубопроводів:

$$p = \frac{2 \cdot (0,0025 - 0,002) \cdot 20}{0,9 - (0,0024 - 0,002)} = 0,336 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга.

$$\sigma = \frac{p \cdot [D_\alpha + (S - c)]}{2 \cdot (S - c)}, \quad (3.14)$$

Для топки та випуклого днища:

$$\sigma = \frac{0,07 \cdot [0,6 + (0,0031 - 0,002)]}{2 \cdot (0,0031 - 0,002)} = 19,13 \text{ МПа.}$$

Для обичайки барабану:

$$\sigma = \frac{0,03 \cdot [0,9 + (0,00268 - 0,002)]}{2 \cdot (0,00268 - 0,002)} = 46,35 \text{ МПа.}$$

Для трубопроводів:

$$\sigma = \frac{0,336 \cdot [0,06 + (0,0025 - 0,002)]}{2 \cdot (0,0025 - 0,002)} = 20,33 \text{ МПа.}$$

Висновки

Мета розрахунку на стійкість корпусу підігрівача полягає у визначенні допустимого тиску, при якому він може втратити свою циліндричну форму і стати еліптичним або хвилеподібним, мета розрахунку барабана і трубопроводів полягає у тому, щоб запобігти деформуванню деталей через надмірний тиск. Виконавши розрахунки, ми знаємо допустимий тиск та напруження, завдяки чому можемо уникнути поломки деталей (і агрегату в цілому) в майбутньому.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз стану з охорони праці на підприємстві

На фірмі є служба з питань охорони праці, яка створена у відповідності до «Положення про службу з охорони праці». Очолює її начальник служби з охорони праці. В службі працює 2 чоловіки. На підприємстві функціонує кабінет з охорони праці. Відповідальним за охорону праці в господарстві є керівник господарства, а в структурних підрозділах – керівники структурних підрозділів.

На підприємстві здійснюється кілька видів інструктажів з охорони праці:

1. Вступний інструктаж проводиться з особами, які приймаються на роботу, та своєчасно фіксується у журналі реєстрації вступного інструктажу з охорони праці.
2. Первинний інструктаж на робочому місці обов'язковий для всіх працівників, які починають роботу вперше. Його проводить керівник виробничої ділянки або керуючий роботами в індивідуальному порядку, а факт проведення заноситься до журналу інструктажів з охорони праці.
3. Повторний інструктаж проводиться не пізніше ніж через 6 місяців після первинного. Його проведення не передбачено, але факт реєструють.
4. Позаплановий інструктаж організовується у випадках зміни виробничих процесів, впровадження нових стандартів з охорони праці, введення в експлуатацію нового обладнання або після нещасних випадків на підприємстві. Проте на практиці його проводять лише при запуску нового обладнання або після аварійних ситуацій, з обов'язковим внесенням у журнал інструктажів.

5. Цільовий інструктаж призначений для працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки. Він проводиться у встановлені строки та також фіксується у відповідному журналі.

Працівники служби охорони праці несуть персональну відповідальність за:

а) прийняття рішень, що не відповідають вимогам чинного законодавства у сфері охорони праці;

б) неналежне виконання посадових обов'язків, визначених Положенням про службу охорони праці та посадовими інструкціями;

в) недостовірність або несвоєчасність підготовки статистичних звітів з охорони праці;

г) низьку якість розслідувань нещасних випадків на виробництві.

Навчання та перевірку знань з охорони праці на підприємстві організовують співробітники служби кадрів або інші призначені роботодавцем фахівці.

Працівники та посадові особи, які не виконують роботи з підвищеним ризиком, повинні проходити навчання і перевірку знань з охорони праці не рідше одного разу на три роки.

Для тих, хто працює у небезпечних умовах або виконує роботи підвищеної небезпеки, передбачено більш часте навчання — щорічно, з обов'язковим повторенням нормативних вимог і правил безпеки.

На підприємстві проводиться забезпечення працюючих колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих чинників виробництва, миючими засобами, спецодягом та взуттям, санітарно-побутовими приміщеннями.

На підприємстві всі робочі місця оснащені пристроями денного світла, вентиляційними відводами, температура підтримується постійною, що відповідає вимогам. Та в деяких приміщеннях (складах) система освітлення застаріла через що працівникам не зручно працювати.

Маються пристрої душа, переодягальні. Але не всі кімнати особистої гігієни у відмінному стані. Керівництво забезпечило робочі кімнати для прийому їжі.

На підприємстві виявлено кілька недоліків, які потребують усунення:

- частина обладнання є застарілою і потребує ремонту або модернізації;
- на деяких робочих місцях недостатній рівень загального освітлення, через що працівники змушені користуватися місцевим освітленням. Місцеве освітлення призначене лише для підсвічування конкретної зони виконання робіт і не може замінювати загальне освітлення. Використання лише місцевого освітлення створює різкий контраст між яскраво освітленими ділянками та темними зонами, що негативно впливає на зорову систему людини та може стати причиною виробничих травм.
- деякі склади мають застарілу вентиляційну систему, через що повітря не достатньо очищається, що є потенційною загрозою для захворювання працівника;
- робітники не надають достатньої уваги вимогам безпеки праці під час користування різними технічними засобами;
- немає куточків з охорони праці.

4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з теплогенератором піролізного типу

4.2.1. Загальні вимоги безпеки

До роботи на теплогенераторі допускаються особи віком від 18 років, які пройшли спеціалізоване навчання і мають відповідні посвідчення. Вони також повинні пройти медичний огляд, успішно скласти кваліфікаційний іспит, мати II групу з електробезпеки та посвідчення про перевірку знань з правил технічної експлуатації та безпеки електроустановок споживачів. Працівники

повинні бути ознайомлені з правилами пожежної безпеки, а також пройти вступний і первинний інструктаж з охорони праці, результати яких фіксуються в спеціальному журналі.

Періодичні медичні огляди здійснюються у встановлені строки відповідно до основної професії робітника. Повторне навчання і перевірка знань з охорони праці проводяться не рідше одного разу на рік.

Для допуску до самостійної роботи працівник повинен пройти стажування під контролем майстра, бригадира або досвідченого працівника не менше п'яти змін, опанувати практичні навички безпечного управління теплогенератором. Після успішної перевірки знань та навичок керівник виробничої дільниці надає дозвіл на самостійну роботу, який заноситься до журналу з інструктажу на робочому місці з датою і підписом інструктора.

Працівник повинен виконувати внутрішній трудовий розпорядок, дотримуватися вказівок керівника, суворо дотримуватися технологічної і виробничої дисципліни. Паління дозволяється лише у спеціально відведених для цього місцях.

Вживання алкогольних напоїв на робочому місці заборонено. При роботі на робочого діють шкідливі і небезпечні виробничі фактори: електричний струм, пари паливно-мастильних матеріалів, велика вологість і швидкість руху повітря, вогонь, нерівності доріг і стежок, рушійний транспорт, концентрація шкідливих газів, пестицидів і продукти їх розпаду в повітрі, фізичні перевантаження, робота вночі.

При роботі робітник повинен користуватися засобами індивідуального захисту: костюм х / б, чоботи гумові, рукавички гумові, рукавиці комбіновані, захисні окуляри, взимку додатково куртка, штани ватяні.

Робітник повинен знати і виконувати інструкцію по експлуатації теплогенератора.

Теплогенератор може бути введений в експлуатацію тільки після прийняття його комісією за участю представника Державного пожежного нагляду і складання відповідного акту. Відповідальність за дотримання

заходів пожежної безпеки при монтажі, установці і експлуатації теплогенератора покладається на директора, а також завідуючих складів, гаражів, в яких встановлено теплогенератор.

У приміщенні, де встановлений теплогенератор, повинна бути інструкція з експлуатації для осіб, які обслуговують теплогенератор.

Для кожного теплогенератора, виходячи з режиму їх роботи, повинен бути складений річний графік планового попереджувального ремонту.

Ємність для зберігання палива повинна встановлюватися на відстані не менше 20 м. Від будівель.

Теплогенератор необхідно встановлювати в окремому приміщенні, не нижче 3 ступеня вогнестійкості на рівний бетонну підлогу або спеціальну естакаду і кріпити болтами, пропущеними через опорні кронштейни.

Встановлюють теплогенератор так, щоб забір повітря проводився ззовні приміщення.

Під час запуску теплогенератора спеціаліст, обслуговуючий її, повинен знаходитися біля щита управління.

Первинний запуск теплогенератора може проводитися тільки після ретельного перегляду надійності з'єднань паливної системи і справності електрообладнання. Підтікання палива в системі не допускається.

Запалювати робочу суміш через оглядове вікно не дозволяється.

Робота теплогенератора при відсутності захисної сітки на всмоктуючому повітропроводі не допускається. При ручному режимі роботи залишати працюючий теплогенератор без спостереження не дозволяється.

На теплогенераторі мають право працювати тільки особи, закріплені за ним за наказом.

Спеціаліст який працює з теплогенератором повинен дотримуватися при роботі правила пожежної безпеки, знати розташування засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися. У разі виникнення пожежі слід негайно викликати пожежну команду з гаража і міста 101 і повідомити керівника

виробничої дільниці і вжити заходів до ліквідації вогнища загоряння. Використання пожежного інвентарю для ін. цілей не дозволяється.

Необхідно негайно інформувати керівника виробничої дільниці про випадок травмування, виявлення несправності, відсутність огорожень, устаткування, пристосувань і інструмента.

При нещасному випадку необхідно надати допомогу.

Забороняється приступати до роботи в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.

Особи, які порушили вимоги інструкції, притягуються до відповідальності згідно правил внутрішнього трудового розпорядку за винятком випадків, коли порушення вимог тягне за собою кримінальну відповідальність.

4.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно одягнути спеціальний захисний одяг згідно з нормами.

Потрібно перевірити наявність первинних засобів пожежогасіння, ознайомитися з записами у змінному журналі, а також упевнитися в справності теплогенераторів і пов'язаного з ними обладнання. Варто також перевірити роботу аварійного освітлення та засобів зв'язку (телефон або звукова сигналізація) для виклику адміністрації у надзвичайних ситуаціях.

Передача і прийом зміни має бути офіційно зафіксована в журналі зміни з підписами відповідальних працівників. Щодня записи в журналі перевіряє особа, яка відповідає за безпечну експлуатацію теплогенераторів.

Заборонено приймати або здавати зміну під час усунення аварійних ситуацій на теплогенераторі.

Перед розпалюванням слід перевірити:

- чи справні топка і газові канали, а також всі запірні і регулювальні пристрої;

- чи в нормі контрольно-вимірювальні прилади, живильні пристрої, вентилятори і чи є природна тяга;
- справність обладнання для спалювання газоподібного палива;
- рівень води в теплогенераторі, герметичність фланців, кришок і запірної арматури;
- чи немає заглушок на продувних, спускних, живильних паропроводах, мазутопроводах, газопроводах, особливо до і після запобіжних клапанів;
- відсутність сторонніх предметів у топці та газоходах.

Пускати теплогенератор у роботу забороняється, якщо є несправності арматури, живильних пристроїв, автоматики, систем протиаварійного захисту або сигналізації.

Безпосередньо перед розпалюванням потрібно провітрити топку та газоходи протягом 10-15 хвилин.

4.2.3 Вимоги безпеки під час роботи

Розпалювання теплогенератора дозволяється лише за наявності відповідного розпорядження, яке обов'язково вноситься до змінного журналу особою, відповідальною за безпечну експлуатацію обладнання. Час початку розпалювання і введення теплогенератора в роботу також слід зафіксувати в журналі.

Процес розпалювання повинен відбуватися згідно з інструкцією виробника та передбаченим режимом запуску.

Усі дії, пов'язані з підтягуванням болтових з'єднань, кришок, люків тощо під час розпалювання, слід виконувати з максимальною обережністю. Такі роботи мають проводитися в присутності відповідального спеціаліста, з використанням лише справного стандартного інструменту — без додаткових важелів чи подовжувачів.

Під час чергування працівники повинні постійно контролювати технічний стан теплогенератора та його вузлів, а також дотримуватися заданого режиму роботи установки.

Усі виявлені несправності під час роботи потрібно відразу ж записувати до змінного журналу. Якщо поломка створює загрозу безпечній експлуатації, працівник зобов'язаний оперативно вжити заходів для її усунення. У випадку, коли несправність неможливо ліквідувати самостійно, необхідно повідомити про це відповідального працівника та, за необхідності, призупинити роботу теплогенератора.

4.2.4 Вимоги безпеки під час роботи теплогенератора

У процесі експлуатації теплогенератора необхідно суворо дотримуватися встановлених параметрів. Зокрема:

- забороняється перевищення допустимого тиску пари;
- слідкувати за стабільною та безперебійною роботою пальників (форсунок).
- не менше одного разу за зміну потрібно перевіряти:
- справність манометрів за допомогою триходових кранів або запірної арматури, що їх замінює;
- роботу запобіжних клапанів шляхом їх продувки;
- функціональність живильних насосів — короткочасно вмикаючи кожен з них.

Періодичне продування теплогенератора проводиться тільки у присутності відповідального за безпечну експлуатацію. Перед початком цієї процедури необхідно переконатися у справності водовказівних приладів, живильного обладнання, а також наявності води у баках.

Відкривати продувну арматуру слід поступово й обережно. Під час продувки потрібно контролювати рівень води у теплогенераторі, не допускаючи його зниження до критичних значень.

Заборонено:

- виконувати продувку за несправної арматури;
- відкривати або закривати арматуру ударами молотка, сторонніми предметами або подовженими важелями.

Час початку та завершення продувки фіксується у змінному журналі.

Інші вимоги:

- чистити топку слід при зниженому навантаженні, слабкому або вимкненому дутті та зменшеній тязі;
- під час видалення золи і шлаку повинна бути ввімкнена витяжна вентиляція;
- працівники під час зміни мають зосереджено виконувати свої обов'язки, не відволікаючись.

Якщо теплогенератор працює на газоподібному паливі, його необхідно надійно ізолювати від загального газопроводу згідно з інструкцією виробника. Ремонт обладнання, яке працює під тиском або впливає високою температурою, дозволяється тільки після повного зупинення теплогенератора. Під час тривалих зупинок (наприклад, влітку чи після завершення опалювального періоду) теплогенератор потрібно очистити від сажі та накипу, заповнити водою і від'єднати від системи водопостачання.

4.2.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виникнення небезпечних умов робота теплогенератора має бути негайно зупинена. До таких ситуацій належать:

- різке перевищення допустимого тиску або температури, навіть після вжитих заходів (наприклад, припинення подачі палива, зменшення тяги або дуття);
- пошкодження корпусу теплогенератора, що супроводжується витоком води;

- виявлення тріщин, нещільних зварних швів або розривів труб в основних елементах (таких як барабан, топкова камера, трубна решітка тощо);
- перегрів частин теплогенератора або каркаса до червоного розжарення;
- займання сажі або залишків палива в газоходах, пароперегрівнику чи економайзері;
- поява нетипових шумів, вібрації або стуку;
- відмова блокувальних та захисних пристроїв;
- виникнення пожежі, що створює пряму загрозу обладнанню.

Усі причини аварійного вимкнення повинні бути занесені в змінний журнал.

У випадку аварійної зупинки слід:

- припинити подачу палива й повітря;
- послабити тягу;
- після згасання полум'я відкрити на деякий час димову заслінку;
- скинути тиск шляхом відкриття запобіжних клапанів або аварійного випускного вентиля.

Важливо! Заборонено подавати воду до перегрітого теплогенератора — це може спричинити вибух.

Якщо аварійна зупинка пов'язана із загорянням у газоходах або пароперегрівнику, слід:

- негайно припинити подачу палива і повітря;
- зупинити вентилятори та димососи;
- повністю закрити всі повітряні та газові заслінки;
- за можливості, подати пару в газохід для гасіння полум'я;
- після згасання — ретельно провітрити топку.

У випадку пожежі, яка загрожує теплогенератору та не може бути швидко ліквідована, необхідно:

- виконати екстрену зупинку теплогенератора;
- евакуювати персонал у безпечне місце;

- надати першу допомогу потерпілим та викликати швидку допомогу;
- повідомити керівника дільниці або цеху, а у разі роботи на газу — також диспетчера газової служби.

Відновлення роботи теплогенератора після аварії дозволяється лише за письмовим дозволом начальника цеху, оформленим нарядом-допуском.

4.2.6 Вимоги безпеки після завершення роботи

Після закінчення зміни або виконання робіт із теплогенератором працівник зобов'язаний:

- навести порядок на робочому місці та прибрати інструмент;
- передати зміну черговому працівнику зі складанням відповідного запису в змінному журналі, вказавши виявлені несправності, зауваження, а також розпорядження або вказівки керівництва.

Планова зупинка теплогенератора здійснюється лише на підставі письмового розпорядження особи, відповідальної за безпечну експлуатацію, про що також вноситься запис у змінний журнал.

У разі зупинки теплогенератора (окрім аварійної) працівник не має права залишати робоче місце, доки:

- полум'я в топці повністю не згасне;
- не будуть вилучені залишки палива з камери згоряння;
- тиск у системі не знизиться до нульового рівня.

Тільки після виконання всіх цих умов працівник може вважати свою зміну завершеною.

4.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці на підприємстві

Для покращення організації охорони праці потрібно провести ряд змін:

- забезпечити відповідний огляд обладнання, та замінити його, якщо воно застаріле і працює не на належному рівні;
- змінити застарілі системи освітлення в деяких приміщеннях;
- контролювати працівників, щоб вони дотримувались повним вимогам безпеки при користуванні технічним обладнанням;
- обладнати душові кімнати, які цього потребують;
- призначити відповідального за інструктажі з охорони праці в повному обсязі.
- замінити застарілу вентиляційну систему.
- розробити куточки з охорони праці.

Висновки

ТОВ дуже відповідально підійшло до питань з охорони праці, особливо для праці з небезпечними пристроями, тому на підприємстві немає нещасних випадків. Є деякі вади, як технічного, так і організаційного характеру, проте я впевнений, що господарство їх виправить.

Підприємство має відповідне обладнання, тому працівники мають безпечні та комфортні умови для праці.

Інструктажі з охорони праці проводяться на належному рівні, хоча повторні інструктажі, іноді, ігноруються і реєструються як проведені. Деякі приміщення мають застарілу систему вентиляції, проте господарство займається рішенням проблеми, що показує відповідальний підхід до питань з охорони праці.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Економічний розрахунок проектного топкового агрегату та порівняння його з базовим агрегатом

Оскільки для обігріву складських приміщень ТОВ виникає потреба у додаткових витратах на встановлення нових теплогенераторів, до основних техніко-економічних показників проекту належать: рівень рентабельності виробництва, щорічний економічний ефект та строк окупності капіталовкладень.

Розрахуємо поточні витрати на експлуатацію топкових агрегатів. зарплату з нарахуванням визначаємо по формулі:

$$Z = Z_o + Z_{\text{доо}} + Z_n, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де Z – зарплата з нарахуванням за рік, грн;

Z_o – основна заробітна плата за рік, грн;

*$Z_{\text{доо}}$ – додаткова зарплата, грн ($Z_{\text{доо}} = 0,2 * Z_o$);*

*Z_n – нарахування на зарплату, грн $Z_n = 0,3719\% * (Z_o + Z_{\text{доо}})$.*

$$Z_o = H_z \cdot T_{\text{заг}}, \quad (5.2)$$

де H_z – середня річна тарифна ставка, грн./год. ($H_z = 70,15$ грн.);

$T_{\text{заг}}$ – загальна трудомісткість робіт (для базового варіанту $T_{\text{заг}}^{\text{б}} = 2600$ люд.-год., для проектного варіанту $T_{\text{заг}}^{\text{п}} = 1600$ люд.-год.).

Тоді

$$Z_o^{\text{б}} = 70,15 * 2600 = 182390 \text{ грн};$$

$$Z_o^{\text{п}} = 70,15 * 1600 = 112240 \text{ грн};$$

$$З_{\text{доо}}^{\text{б}} = 0,2 * 182390 = 36478 \text{ грн};$$

$$З_{\text{доо}}^{\text{np}} = 0,2 * 112240 = 22448 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{н}}^{\text{б}} = 0,3719 * (182390 + 36478) = 814,84 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{н}}^{\text{np}} = 0,3719 * (112240 + 22448) = 500,65 \text{ грн.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (5.1), розраховуємо річний фонд заробітної плати:

$$З^{\text{б}} = 182390 + 36478 + 814,84 = 219682,84 \text{ грн.}$$

$$З^{\text{np}} = 112240 + 22448 + 500,65 = 135188,65 \text{ грн.}$$

Знаходимо амортизацію обладнання за формулою:

$$A = \frac{B \cdot H_A}{100}, \quad (5.3)$$

де B – балансова вартість обладнання (тобто сума капіталовкладень), грн, для базового варіанту становить: $B^{\text{б}} = 201000$ грн., для проектного $B^{\text{np}} = 251300$ грн.);

H_A – норма на амортизацію, % ($H_A = 15$);

$$A = \frac{201000 * 15}{100} = 30150 \text{ грн}$$

$$A = \frac{251300 * 15}{100} = 37695 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт обладнання розраховуються на основі встановленого відсотка від його балансової вартості залежно від типу та інтенсивності експлуатації:

$$P_o = \frac{B H_p}{100}, \quad (5.4)$$

де H_p – установлений норматив відрхувань на технічне обслуговування, % ($H_p = 3,5$)

$$P_{\text{б}} = \frac{30150 * 3,5}{100} = 1055,25 \text{ грн.}$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{37695 * 3,5}{100} = 1319,325 \text{ грн.}$$

- обсяг витрат на запасні частини та матеріали складає 150% від фонду заробітної плати

$$C_{\text{зн}} = 1,5 \cdot 3 \quad (5.5)$$

$$C_{\text{зн}}^{\text{б}} = 1,5 \cdot 219682,84 = 329524,26 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{зн}}^{\text{пр}} = 1,5 \cdot 135188,65 = 202782,98 \text{ грн.}$$

– вартість витраченої електроенергії визначаємо за формулою:

$$E = E_{\text{лк}} * E_{\text{лц}}. \quad (5.6)$$

де $E_{\text{лк}}$ – річні витрати електроенергії матеріалів,

$E_{\text{лк}}^{\text{б}} = 28350 \text{ кВт-год}$, $E_{\text{лк}}^{\text{пр}} = 15240 \text{ кВт-год}$;

$E_{\text{лц}}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії, $E_{\text{лц}} = 4,32 \text{ грн.}$

$$E_{\text{б}} = 28350 * 4,32 = 122472 \text{ грн.};$$

$$E_{\text{пр}} = 15240 * 4,32 = 65836,32 \text{ грн.}$$

– інші витрати, що розраховуються у розмірі 3% від суми всіх прямих витрат, включають витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці та протипожежні заходи.

$$C_{\text{ін}} = (3 + A + P_{\text{о}} + C_{\text{зн}} + E) * 0,03 \quad (5.7)$$

$$C_{\text{ін}}^{\text{б}} = (219682,84 + 30150 + 1055,25 + 329524,26 + 122472) * 0,03 = 15977,4 \text{ грн.}$$

$$3_{ін}^{np} = (135188,65 + 37695 + 1319,325 + 202782,98 + 65836) \cdot 0,03 = 12091,9 \text{ грн.}$$

Загальні витрати дорівнюють сумі всіх вище зазначених витрат:

$$3_{заг} = 3 + A + P_o + C_{зн} + 3_{ін}, \quad (5.8)$$

$$3_{заг}^{\bar{o}} = 219682,84 + 30150 + 1055,25 + 329524,26 + 122472 + 15977,44 = 741862,7 \text{ грн}$$

$$3_{заг}^{np} = 135188,65 + 37695 + 1319,325 + 202782,98 + 65836,32 + 12091,96 = 455913,2 \text{ грн.}$$

Здійснюємо визначення економічних показників проекту та розмір поточних витрат на одиницю роботи:

$$3_{од} = \frac{3_{заг}}{n}, \quad (5.9)$$

де n – кількість реконструйованих кімнат, $n = 20$ кімнат.

$$3_{од}^{\bar{o}} = \frac{741862,7}{20} = 37093,14 \text{ грн.}$$

$$3_{од}^{\bar{o}} = \frac{455913,26}{20} = 22795,66 \text{ грн.}$$

Обсяг капіталовкладень, припадаючих на одну одиницю роботи:

$$KB = \frac{K}{n} \quad (5.10)$$

$$KB = \frac{201000}{20} = 10050 \text{ грн.}$$

$$KB = \frac{251300}{20} = 12565 \text{ грн.}$$

Витрати, приведені до одиниці роботи, визначаються за формулою:

$$3П = 3_{od} + 0,15 * KB, \quad (5.11)$$

$$3П^o = 37093,1 + 0,15 * 10050 = 43614,6 \text{ грн.}$$

$$3П^{np} = 22795,6 + 0,15 \cdot 12565 = 29237,6 \text{ грн.}$$

Загальна цехова собівартість одиниці роботи розраховується за формулою:

$$C = 3_{np} + K_n \cdot 3_{np}, \quad (5.12)$$

де K_n – коефіцієнт який враховує накладні витрати ($K_n=10$),%.

$$C^o = 43614,64 + 0,1 * 43614,64 = 47976,1 \text{ грн.}$$

$$C^{np} = 29237,6 + 0,1 * 29237,6 = 32161,39 \text{ грн.}$$

Економічний ефект за рік знаходиться за формулою:

$$E_p = (C^o - C^{np}) \cdot n = (47976,1 - 32161,39) \cdot 20 = 315152,2 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Період окупності додаткових капіталовкладень обчислюється за формулою:

$$O_k = \frac{K^{np} - K^o}{E_h} = \frac{251300 - 201000}{315152,2} = 1,6 \text{ року} \quad (5.14)$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 5.1

За вище приведеними розрахунками можна зробити такий висновок: запровадження ТПТ для обігріву склада може бути вигідним завдяки тому, що сама конструкція не дорога, але досить надійна і має ряд переваг (які ми показали у розрахунках). Річний економічний ефект складає 315152,2 грн., при

цьому строк окупності додаткових капітальних витрат складає 1,16 року. Що є непоганими показниками.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність проекту

Показник	Базове використання газових котлів	Проектне використання теплогенератора піролізного типу	Економічна доцільність використання ТПТ
Енергоспоживання, кВт·год	28 350	15 240	–13 110 (–46,26%)
Витрати на придбання техніки, тис. грн	201,0	251,3	+50,3 (+25,02%)
Затрати на одиницю роботи, тис. грн	7,419	4,559	–2,860 (–38,56%)
Розмір капіталовкладень на одиницю роботи, тис. грн	10,05	12,565	+2,515 (+25%)
Амортизація на обладнання, тис. грн	30,15	37,695	+7,545 (+25%)
Загальні витрати, тис. грн	741,863	455,913	–285,95 (–38,55%)
Річний економічний ефект, тис. грн	—	—	+315,15
Строк окупності, роки	—	—	1,16

Висновки

В даному розділі ми розраховували такі показники як: річні експлуатаційні витрати, амортизаційні відрахування, відрахування на поточний ремонт і техдогляди технічного засобу, вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, річний економічний ефект та строк окупності.

З чого можна зробити висновок, що не дивлячись на те, що проектуємий теплогенератор піролізного типу дорожче базового, проте його використання досить вигідне, тому що при однаковій ефективності обох установок, ТПТ виграє у економічності при експлуатації, що є доцільним його використання.

Висновки

1. Підприємство має хороше технічне оснащення (див. табл. 1.3). Клімат для ферми найчастіше – сприятливий, хоча, інколи, через аномальні опади, підприємство несло немалі втрати врожаю, через що ми можемо бачити, що валовий збір то зростає, то падає (див. табл. 1.2). Отже фірма має чудові показники, завдяки яким має великий прибуток.
2. ТОВ має склади, в яких зберігає комбікорми, премікси. Склади потрібно обігрівати, на що витрачаються кошти, проте фірма має також відходи з переробки цих самих кормів, через що ми обрали з трьох топкових агрегатів, які використовують відходи(біомасу), як паливо. Через ряд переваг, ми обрали піролізний теплогенератор. Також провели дослід, з якого побачили, що солома зернових культур(особливо пшеничної) має найбільший енергетичний потенціал серед інших культур(соняшник, кукурудза), теплотворна здатність якої досягає 17-18 МДж/кг. 2,9 тон соломи заміщають 1000 м³ природного газу. Враховуючи відходи, які отримуються в підприємстві (див. табл. 2.1), теплогенератор піролізного типу приносить чималу економію.
3. Для опалення складу 600 м³ потрібна теплота згоряння палива – 18-20 МДж/м³, після проведення розрахунку ми отримали результат, що піроліз біомаси дає таку теплоту згоряння – 19,324.
4. На такому підприємстві дуже ретельно відносяться до питання охорони праці, тому майже не має вад, хоча все одно такі є. Найвагоміша вада – це не проведення повторного інструктажу. Хоч і не було через це нещасних випадків, проте я вважаю це найвагомішою вадою. Теплогенератор відноситься до небезпечних споруд і до такого обладнання виконуються всі вимоги з охорони праці.
5. Ми розрахували такі показники як: річні експлуатаційні витрати, амортизаційні відрахування, відрахування на поточний ремонт і техдогляди технічного засобу, вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, річний економічний ефект та строк окупності. Річний

економічний ефект складає 315152,2 грн., при цьому строк окупності додаткових капітальних витрат складає 1,16 року. Що є непоганими показниками.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гелету́ха Г. Г., Же́lezна Т. А., Зу́бенко В. І. *Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи*. – Київ: Академперіодика, 2022. – 373 с.
2. Же́lezна Т. А., Гелету́ха Г. Г., Зу́бенко В. І., Дроздова О. І. Аналіз режимних умов низькотемпературного абляційного піролізу біомаси // *Промислова теплотехніка*. – 2012. – Т. 34, № 1. – С. 56–62.
3. Гелету́ха Г. Г., Жовмір М. М., Же́lezна Т. А. *Швидкий піроліз біомаси: експериментальні дослідження*. – Київ: UABIO, 2013. – 22 с.
4. *Pyrolysis of Biomass – LibreTexts* [Електронний ресурс].
5. *Дослідження технології піролізу для виробництва рідкого палива з біомаси / ІТТФ НАН України // Технічна теплофізика та інженерія*. – 2023.
6. *Установка піролізу біомаси* [Електронний ресурс] // Beston Group
7. Гелету́ха Г. Г., Жовмір М. М., Же́lezна Т. А. *Швидкий піроліз біомаси: експериментальні дослідження*. – Київ: UABIO, 2013. – 22 с.
8. *Pyrolysis of Biomass – LibreTexts* [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://ukrayinska.libretexts.org/Інженерна/Біологічна_інженерія/5.01%3A_Піроліз_біомаси
9. *Дослідження технології піролізу для виробництва рідкого палива з біомаси / ІТТФ НАН України // Технічна теплофізика та інженерія*. – 2023.
10. *Установка піролізу біомаси* [Електронний ресурс] // Beston Group. – Режим доступу: <https://www.bestongroup.com/uk/pyrolysis-plant>
11. *Теплогенератори на біомасі* [Електронний ресурс] // ЕкоЕнергія. – Режим доступу: https://ecology-energy.ru/equipment/equipment_elements/heat_generators
12. *Енергетична система України: стан на кінець 2024 року та сценарії на 2025* [Електронний ресурс] // Нафта і Газ України. – Режим доступу: <https://oil->

gas.com.ua/statti/enerhetychna_systema_ukrainy_stan_na_kinets_2024_roku_ta_st_senarii_na_2025

13. *БАЛАНС ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ №3(59) Березень 2023*

[Електронний ресурс] // Енергоджерела. – Режим доступу:

<https://enerhodzherela.com.ua/novyny/БАЛАНС-ЕНЕРГЕТИКИ-УКРАЇНИ-359-Березень-2023>

14. *ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ У ЧЕРВНІ 2024 р.* [Електронний

ресурс] // Центр Разумкова. – Режим доступу:

<https://razumkov.org.ua/images/2024/07/11/2024-ПАКТ-12.pdf>

15. Б. А. Левченко, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. П. АРСЕНЬЄВА, В. М. Воробйов, Л. П. Грес, Ю. Б. Данилов. Теплотехнологічні установки, системи, обладнання: навч. посібник у 3-х частинах. — Харків: НТУ «ХП», 2012–2014.