

**ДНПРОВСЬКИЙ 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 проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Обґрунтування механізованого процесу виробництва біогазу

Виконав: студент 3 курсу групи АІС-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Мороз Олександр Юрійович _____

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

**ДНПРОВСЬКИЙ 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**

Мороз Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування механізованого процесу виробництва біогазу

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 господарської діяльності підприємства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту. Аналіз конструктивно-технологічних особливостей проєкту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1 Аналіз господарської діяльності підприємства. 2. Обґрунтування актуальності теми дипломного проєкту та способів вирішення поставленої задачі 3. Конструктивно-технологічні особливості проєкту. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Економічне обґрунтування дипломного проєкту. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Аналіз господарства. Таблиці (А1). 2. Технологічна схема піролізної устанвоки (А1). 3. Засувка шиберна. Загальний вигляд 4. Складальне креслення. Шток. (А3). Кришка (А3). Корпус (А2). 5. Техніко-економічні показники.

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)

Мороз О.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Золотовська О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

№строку	Формат	Позначення	Найменування	Кільк.	Номер	Примітка
			Документація			
1	A4	52.ДП.048.000.000.ПЗ	Розрахунково - пояснювальна записка	62		
2	A1	52.ДП.048.000.001ТБ	Аналіз господарства	1	1	
3	A1	52.ДП.048.000.002ТХ	Технологічна схема установки	1	2	
4	A1	52.ДП.048.000.003.ВЗ	Загальний вигляд Засувка шиберна	1	3	
5	A2	52.ДП.048.000.004.СК	Шток	1	4	
6	A3	52.ДП.048.000.005.СК	Кришка	1	5	
7	A3	52.ДП.048.000.006.СК	Корпус	1	6	
8	A1	52.ДП.048.000.007ТБ	Економічний ефект	1	7	
52.ДП.048.000.000.ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		
Розроб.		Мороз О.Ю.			Літ	Лист
Перев.		Золотовська О.В.				Листів
						62
Н.Контр		Бойко В.Б.			ДДАЕУ	
Затв.		Теслюк Г.В..			Група АІС-1-22	
Відомості дипломного проекту						

ЗМІСТ

Анотація	7
Вступ	8
1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	11
1.1 Організаційно-економічна характеристика господарства	11
1.2 Обсяг землекористування	13
1.3 Аналіз забезпеченості технічними засобами (Технічне забезпечення господарства)	16
2 ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ ТА СПОСОБІВ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ	19
2.1 Актуальність теми дипломного проєкту	19
2.2 Теплоенергетичні аспекти використання біопалива	22
2.2.1 Сезонна доступність відходів сільськогосподарських культур	22
2.2.2 Екологічний аспект використання установки	23
2.3 Аналіз способів переробки біомаси	25
2.3.1 Сучасні технології газифікації біомаси	25
2.3.2 Технології анаеробного бродіння	27
2.3.3 Технології спалювання відходів біомаси	29
2.3.4 Технології піролізу	30
3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУ	34
3.1 Особливості технології отримання біопалива	34
3.2 Конструктивний розрахунок шиберної засувки	40
3.3 Визначення основних режимі подачі повітря	42
3.3.1 Розрахунок основних параметрів повітря	42
3.3.2 Розрахунок вентилятора для подачі атмосферного повітря	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	48

4.1 Організація охорони праці	48
4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з газовими установками для опалення приміщень	50
4.2.1. Загальні положення	50
4.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	50
4.2.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт	51
4.2.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	52
4.2.5 Вимоги безпеки після завершення робіт	52
4.3 Захист навколишнього середовища при використанні піролізної установки	53
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	55
ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	61

Анотація

Мороз О. Ю. Обґрунтування механізованого процесу виробництва біогазу / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У першому розділі подано загальну характеристику господарства, проаналізовано його виробничу діяльність, визначено обсяги рослинних відходів та оцінено їх енергетичний потенціал.

Другий розділ присвячено аналізу альтернативних джерел енергії, розглянуто різні варіанти конструкцій пристроїв для отримання газоподібного палива, а також обґрунтовано вибір оптимальної конструкції для реалізації проєкту.

У третьому розділі виконано конструктивний розрахунок елементів установки відповідно до заданих параметрів.

Четвертий розділ висвітлює питання організації охорони праці на підприємстві: охоплено аспекти пожежної безпеки, санітарно-побутові умови, вимоги до експлуатації теплотехнічного обладнання, а також запропоновано шляхи покращення умов праці загалом.

У п'ятому розділі здійснено економічне обґрунтування та оцінку ефективності впроваджених проєктних рішень.

Ключові слова: біогаз, піроліз, енергозбереження, підвищення ефективності

Вступ

Біоенергетика, або енергетика на основі біомаси, займає важливе місце серед відновлюваних джерел енергії завдяки низці характерних особливостей. На відміну від енергії Сонця та вітру, які часто відносять до «нових» видів енергетичних ресурсів, використання біомаси (зокрема дров, торфу) для обігріву приміщень та приготування їжі є одним із найдавніших способів отримання енергії людиною. Таким чином, даний тип енергоресурсу не є новим. Однак альтернативним виступає сам процес отримання енергії та раціоналізація методів використання біомаси в сучасних умовах.

Серед ресурсів, які нині розглядаються як одні з найперспективніших для застосування у біоенергетиці, особливе місце займають відходи різних видів людської діяльності. Такі енергетичні ресурси в науковій літературі називають «активно чистими». Під активно чистим енергетичним ресурсом розуміють такий вид ресурсів, за умови використання яких зменшується негативний вплив на навколишнє середовище, що виникає внаслідок їх накопичення. Відтак залучення цих ресурсів до енергетичного обігу є не лише можливим, а й необхідним.

В умовах сучасного виробництва основними напрямками ефективного використання енергетичних ресурсів підприємств є перехід на більш ефективні джерела енергії або вдосконалення існуючих систем енергопостачання. Зокрема, для забезпечення потреб сільського господарства у рідкому паливі достатньо задіяти менш як 5 % оброблюваних земель. Електростанції, що працюють на біомасі, потенційно здатні виробляти більше енергії, ніж усі наявні запаси нафти або атомні електростанції разом узяті. При цьому енергетичне використання біомаси забезпечує нульовий баланс викидів оксиду вуглецю, оскільки під час фотосинтезу біомаса поглинає таку ж кількість CO₂, яку потім вивільняє під час спалювання.

Отже, розвиток біоенергетики на основі використання біомаси та її відходів є одним із ключових напрямів забезпечення енергетичної

незалежності, зменшення техногенного навантаження на довкілля та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. У цьому контексті особливої актуальності набуває удосконалення механізованих процесів виробництва біогазу, що визначає напрями дослідження у межах даної дипломної роботи.

Біомаса, на відміну від вугілля, не спричиняє викидів оксидів сірки, а утворення оксидів азоту може бути зменшене завдяки застосуванню оптимальних технологічних процесів.

У сільській місцевості існує нагальна проблема утилізації відходів сільськогосподарського виробництва (залишки культур і продукти життєдіяльності тварин). Біоенергетичні ресурси, які характеризуються відносно низькою щільністю енергії (наприклад, солома, стебла кукурудзи, соняшникове лушпиння, деревина тощо), переважно переробляються за допомогою термохімічних технологій. До таких технологій належать піроліз, газифікація та спалювання, які відрізняються температурними режимами та залежністю від наявності кисню.

Піроліз (від давньогрецьких слів «пір» — вогонь і «лізис» — розкладання) є процесом термічного розкладу органічних речовин без доступу кисню. Найчастіше як сировина для піролізу використовується деревина, проте існують також приклади переробки відходів рослинництва, таких як солома та залишки сільськогосподарських культур. Основними продуктами піролізу є тверде та рідке паливо, яке є зручним для транспортування до кінцевого споживача.

Різне зростання цін на нафтопродукти, природний газ, електроенергію та інші енергоносії, яке спостерігається у світі, є наслідком поступового виснаження світових запасів корисних копалин. Незважаючи на відкриття нових родовищ, загальні запаси нафти і газу постійно скорочуються, тоді як попит на енергоносії невідносно зростає.

Однією з перспективних альтернатив природному газу є використання паливного газу, отриманого з відходів сільськогосподарської продукції. Такі

ресурси є значно дешевшими, їх запаси — більшими, а вплив на довкілля — меншим.

Отже, найефективнішим способом утилізації сільськогосподарських відходів є їх вторинне використання (переробка), що дозволяє не тільки зменшити кількість сміття, а й зберегти цінні енергоресурси. Вважаємо, що людству доведеться ухвалити ще багато важливих рішень у сфері розвитку біоенергетики.

Тема даного дипломного проєкту є надзвичайно актуальною, оскільки у сучасних умовах ціни на енергоносії постійно зростають. У роботі буде розглянуто різні способи утилізації сільськогосподарських відходів та проблеми, які можуть виникнути під час впровадження цих технологій.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Організаційно-економічна характеристика господарства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Агроспеціаліст» розташоване в селі Хороше Петропавлівського району Дніпропетровської області. Село знаходиться на відстані 16 км від районного центру смт Петропавлівка та 137 км від обласного центру — міста Дніпро. Найближча залізнична станція «Брагинівка» розташована на відстані 20 км, що сприяє логістиці доставки продукції та матеріальних ресурсів. Сполучення із районним та обласним центрами здійснюється через якісні автомобільні дороги з асфальтованим покриттям, що забезпечує безперебійну транспортну доступність у будь-яку пору року.

Кліматичні умови господарства характеризуються помірно-континентальним типом із вираженою сезонністю. Річна кількість опадів становить 380–430 мм, що є достатнім для вирощування основних сільськогосподарських культур за умови правильного агротехнічного обробітку ґрунту та застосування сучасних технологій збереження вологи. Сума активних температур за вегетаційний період сягає 2800 °С, що дозволяє вирощувати широкий спектр теплолюбних культур.

Тривалість безморозного періоду становить 150–170 днів, що забезпечує можливість вирощування двох врожаїв деяких культур за рік при інтенсивній технології виробництва. Середньорічна температура повітря становить +8,5 °С. Зимовий період характеризується середньомісячною температурою –5,5 °С у січні, а літній період — +21,3 °С у липні.

Аналіз природно-кліматичних умов показує, що господарство має добрі передумови для вирощування основних сільськогосподарських культур: озимої пшениці, ячменю, жита, гречки, проса, кукурудзи, соняшнику та інших. Однак певна нестабільність погодних умов — періоди посухи, локальні зливи

вимагають впровадження технологій захисту рослин та агротехнічних заходів для запобігання ризикам втрати врожаю.

Земельні ресурси підприємства представлені переважно чорноземами звичайними — найродючішими ґрунтами, що забезпечують високу врожайність за умови правильного використання. Рельєф території переважно рівнинний, з окремими пологими схилами, що потребує дотримання протиерозійних заходів, особливо при оранці й обробітці ґрунтів на ухилах. Для боротьби з ерозійними процесами поля розділені захисними лісосмугами, що значно зменшують ризик вітрової ерозії та відіграють роль природних бар'єрів під час пожеж.

Площа сільськогосподарських угідь господарства становить 3949 га, з яких рілля займає всю площу. Землекористування структуровано за основними групами культур: зерновими, технічними, кормовими культурами, а також виділено площі під пари. Таке структурування дозволяє організувати раціональні сівозміни, що сприяє збереженню родючості ґрунтів та підвищенню урожайності.

Господарство приділяє велику увагу правильній організації виробничого процесу, що включає:

- впровадження науково обґрунтованих сівозмін;
- застосування сучасних технологій основного й передпосівного обробітці ґрунту;
- використання сертифікованого насіння високих репродукцій;
- систематичне удобрення мінеральними та органічними добривами;
- впровадження ресурсозберігаючих та енергозберігаючих технологій.

Технічне забезпечення виробничого процесу здійснюється за рахунок власного машинно-тракторного парку, який включає сучасні трактори, зернозбиральні комбайни, ґрунтообробні та посівні агрегати. У господарстві діє ремонтна майстерня, де проводяться технічні обслуговування (ТО-1, ТО-2, ТО-3) та поточні ремонти сільськогосподарської техніки.

Також в господарстві функціонує власне нафтогосподарство, що включає склади для зберігання паливно-мастильних матеріалів, стаціонарні та мобільні заправні пункти, що забезпечує безперебійну роботу техніки в період проведення польових робіт.

Підприємство активно займається не лише виробництвом зернових і технічних культур, але й розробляє напрямки утилізації відходів сільськогосподарської продукції шляхом їх використання для виробництва альтернативних видів енергії, зокрема — шляхом піролізної переробки біомаси.

Таким чином, аналіз господарської діяльності ТОВ «Агроспеціаліст» свідчить про стабільний розвиток підприємства, високий рівень організації виробничих процесів та наявність передумов для подальшого підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Таблиця 1.1

Кліматичні характеристики Дніпропетровської області

Показник	Значення
Середньорічна температура повітря	8,5 °С
Середня температура січня	-5,5 °С
Середня температура липня	21,3 °С
Сума активних температур (>10 °С)	28 °С
Річна кількість опадів	380–430 мм
Тривалість безморозного періоду	150–170 днів

1.2 Обсяг землекористування

Площа земельних угідь господарства становить 1000 га.

Наявність технічної документації та проведені обстеження ґрунтів дали можливість виконати землепорядні роботи, зокрема визначити розмір і конфігурацію всіх земельних угідь, правильно розподілити площі польових і

грунтозахисних сівозмін, а також визначити системи обробітку ґрунту й удобрення.

Стабільність землеробства вимагає уважного ставлення до ведення раціональних сівозмін. Вони є одним із найефективніших агротехнічних заходів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур, запобігання ерозії ґрунтів, забезпечення кращого використання техніки та підвищення продуктивності праці.

Урожайність зернових культур у господарстві за останні два роки склала:

- **2023 рік:**
 - Загальна урожайність зернових — 29,6 ц/га
 - Озима пшениця — 47 ц/га
 - Ячмінь — 25 ц/га
 - Просо — 26,2 ц/га
 - Кукурудза — 42 ц/га
 - Соняшник — 23 ц/га
- **2024 рік:**
 - Загальна урожайність зернових — 32,3 ц/га
 - Озима пшениця — 54 ц/га
 - Ячмінь — 27 ц/га
 - Просо — 26,2 ц/га
 - Жито — 36 ц/га
 - Гречка — 10 ц/га
 - Кукурудза — 48 ц/га
 - Соняшник — 25 ц/га

Структура посівних площ у 2023–2024 роках

№ з/п	Група культур	2023 рік (га)	2024 рік (%)	2023 рік (га)	2024 рік (%)
1	Зернова група	700	63,6	700	60,0
	в т.ч. озима пшениця	200	30,4	200	26,6
	ячмінь	200	20,3	200	19,0
	просо	30	1,0	30	0,8
	жито	50	3,8	50	4,1
	гречка	20	0,5	20	0,5
	кукурудза на зерно	200	7,6	200	8,9
2	Технічні культури	100	15,2	140	16,2
	в т.ч. соняшник	100	15,2	140	16,2
3	Кормова група	107	5,2	110	5,3
	Кукурудза МВС	100	5,1	105	5,2
	Суданка	7	0,2	5	0,1
	Всього оранки	1000	100,0	1000	100,0

Основний тип ґрунтів — чорнозем звичайний.

Рельєф земель господарства переважно рівнинний, хоча деякі поля розташовані на схилах. Поля розділені лісосмугами, що суттєво знижує ризик виникнення вітрової ерозії та запобігає поширенню вогню під час пожеж у літній період.

Валовий збір сільськогосподарських культур є основним показником успішності роботи підприємства і залежить від багатьох факторів кожного року.

1.3 Аналіз забезпеченості технічними засобами (Технічне забезпечення господарства)

Підприємство має в своєму складі тракторну бригаду, гараж для обслуговування автомобілів, свиноферму, а також їдальню.

Важливою складовою ефективної діяльності є машинно-тракторний парк підприємства та своєчасне технічне обслуговування й ремонт техніки.

У землеробстві підприємство виконує основні технологічні операції — оранку, сівбу, збирання врожаю та транспортування продукції. Для підтримання справності техніки на території господарства функціонує ремонтна майстерня, обладнана всім необхідним для проведення технічного обслуговування ТО-1, ТО-2 та ТО-3.

Таблиця 1.3

МТП господарства

Трактора	2022 рік	2023 рік	2024 рік
ЮМЗ-8070	4	4	4
Т-150	7	7	7
МТЗ	8	8	8
ДТ-75	1	1	1
ГАЗ-53	6	6	6
ЗІЛ-ММЗ-554	1	1	1
КАМАЗ	2	2	2
МАЗ	2	2	2
ВАЗ	4	4	4

Сільськогосподарські машини

Назва машини	Марка	Кількість
Плуги	ПЛН-6-35	4
Луцильники	ЛДП'-15	4
Культиватори	КПС-4	5
Борони	БЗСС-1	25
Завантажувачі	ПЕ-0,8; ЗПС-100	4
Сівалки	ССТ-12Б	4
Жатки	ЖВН-6А	5
Оприскувачі	ОПІ-2000.1	4
Сівалки	СЗ-3,6	4
Сівалки	СУПН-8А	4
Зернозбиральні комбайни	Дон-1500 Б	3
	СК-5 "Нива"	3
	"Вектор"	3

Капітальні ремонти (КР), поточні ремонти (ПР) і спеціалізоване технічне обслуговування (СТО) проводяться на спеціалізованих ремонтних підприємствах, куди відправляють трактори та автомобілі господарства.

Для забезпечення машин паливно-мастильними матеріалами господарство має власне нафтогосподарство, яке включає стаціонарні споруди та мобільне обладнання для транспортування, зберігання й видачі пального.

Нафтогосподарство складається з центрального складу пального для заправки техніки на пунктах технічного обслуговування, а також мобільних заправників для роботи безпосередньо в полі.

Висновок

Аналіз господарської діяльності досліджуваного підприємства дозволяє зробити такі висновки:

1. Підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур.
2. Господарство має достатній рівень забезпеченості технічними засобами для реалізації енерго- та ресурсозберігаючих технологій виробництва насіння основних сільськогосподарських культур.
3. З метою утилізації відходів сільськогосподарської продукції та зменшення енергоємності виробництва планується використання біомаси для виробництва піролізного газу.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ ТА СПОСОБІВ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

2.1 Актуальність теми дипломного проєкту

У паливному балансі країни левову частку займає тверде паливо — вугілля, та вуглеводневе паливо — нафта й природний газ. За рахунок власних ресурсів Україна може покривати лише 20 % потреб у природному газі та 10 % — у нафті. Щороку видобуток окремих видів палива знижується, тоді як попит на них зростає.

У таблиці 2.1 наведені загальні дані видобутку палива в Україні:

Таблиця 2.1

Видобуток окремих видів палива в Україні

Рік	Нафта, млн тонн	Газ, млрд м ³	Вугілля, млн тонн
2014	7,5	56,7	197,1
2019	5,2	28,1	154,8
2024	4,8	17,5	113,3

Як видно з даних таблиці, видобуток нафти зменшився на 30 %, газу — на 50 %, вугілля — на 9 %. Прогнозовані запаси нафти та газу в Україні становлять 8,4 млрд т у.т. (умовного палива), з яких:

- 6,4 млрд т у.т. — газ,
- 1,3 млрд т — нафта,
- 0,4 млрд т — конденсат.

Розвідані запаси України складають 1,4 млрд т у.т., з яких:

- газ — 1,15 трлн м³,
- нафта — 153 млн т,
- конденсат — 83 млн т.

Отже, вивчення шляхів підвищення ефективності використання місцевих енергетичних ресурсів, альтернативних джерел енергії та створення теплогенераторів для перетворення рослинних залишків у паливний газ має важливе значення для посилення енергетичної незалежності України. Починаючи з 2010 року, спостерігається стабільне зростання споживання основних видів палива, що пов'язано з розширенням виробничих потужностей промисловості. Через постійне зростання вартості енергоносіїв міжнародні організації та уряди країн світу активізували зусилля щодо збереження навколишнього середовища. У відповідь на це виробники енергоустановок та науковці шукають нові технічні рішення, які дозволять ефективніше спалювати паливо та зменшити шкідливі викиди. В Україні для виробництва одного долара продукції витрачається в середньому 89 кг умовного палива, що у кілька разів перевищує показники розвинених країн. Водночас близько 60 % палива надходить з імпорту, що створює додаткові ризики. Незважаючи на це, в Україні відсутні дієві заходи для подолання цієї проблеми. Один із шляхів до зменшення енергетичної залежності — скорочення імпорту енергоносіїв та підвищення ефективності їх використання. Згідно з державною програмою енергозбереження, потенціал використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні становить 78,2 млн т умовного палива на рік, з яких біоенергетика забезпечує понад 21 млн т, що дорівнює 27 % від загального обсягу ВДЕ. Україна має хороші передумови для розвитку біоенергетики — як завдяки наявності вітрових, гідро- та сонячних ресурсів, так і значним обсягам біомаси, яка утворюється в аграрному секторі. Тож біомаса повинна стати одним із ключових джерел енергії у майбутньому. Це підтверджує і «Енергетична стратегія України до 2030 року». Загалом, потенціал біоенергетичних ресурсів України, таких як сільськогосподарські й лісові відходи, а також торф, еквівалентний приблизно 21 млрд кубометрів природного газу — тобто обсягу щорічного видобутку газу в країні. До 2030 року біомаса може забезпечити до 10 % загального обсягу первинної енергії,

необхідної Україні, яка наразі становить близько 220 млн тонн умовного палива.

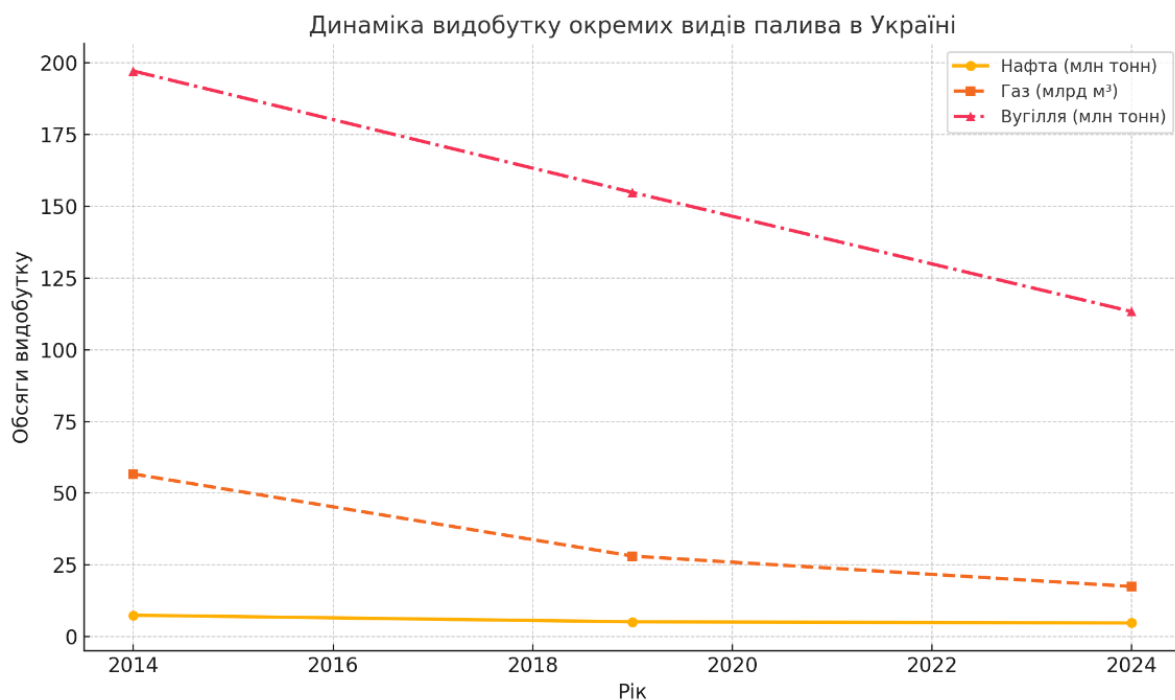


Рисунок 2.1 – Динаміка видобутку палива

Розвиток цієї галузі господарства в майбутньому передбачає зміну структури споживання енергії — зокрема, збільшення частки нетрадиційних та поновлюваних джерел, таких як біомаса, сонячна й вітрова енергія. Це супроводжуватиметься значним скороченням використання традиційного палива — вугілля, природного газу та нафти. Такий підхід є перспективним навіть для базових секторів промисловості.

Дніпро — це промислове місто, на території якого працює понад 300 підприємств металургійного та машинобудівного профілю, що справляють суттєвий негативний вплив на стан довкілля, зокрема на якість повітря як у місті, так і в області загалом.

Одним із важливих завдань цього дипломного проєкту є зменшення кількості шкідливих викидів в атмосферу. У зв'язку з цим пропонується реалізація проєкту з використання теплоенергоустановки на основі відходів сільськогосподарської продукції в ТОВ «Еліта» Петропавлівського району Дніпропетровської області.

2.2 Теплоенергетичні аспекти використання біопалива

2.2.1 Сезонна доступність відходів сільськогосподарських культур

Обсяги утворення відходів сільськогосподарських культур значною мірою залежать від пори року (найбільше – влітку та восени). У таблиці 2.2 наведено середні показники кількості відходів основних сільськогосподарських культур з одного гектара площі.

Таблиця 2.2

Відсоткове співвідношення відходів сільськогосподарських культур від загальної врожайності

№ п/п	Культура	Відсоток відходів, %
1	Озима пшениця	47
2	Ячмінь	45
3	Просо	50
4	Жито	48
5	Гречка	53
6	Кукурудза на зерно	55
7	Соняшник	60

Найбільшу кількість відходів дають соняшник і гречка — у середньому 0,15–0,2 т/га, максимальні значення можуть досягати 2,5 т/га. Пшениця в середньому утворює близько 0,1 т/га відходів. Розрахунок потенційної кількості відходів є важливим для визначення площі сільськогосподарських угідь, необхідної для забезпечення роботи біоенергетичних установок.

У таблиці 2.3 наведено коефіцієнти доступності та частки відходів, які враховуються при оцінці кількості сільськогосподарських залишків як енергетичної сировини.

Таблиця 2.3

Коефіцієнти доступності та використання сільськогосподарських відходів як енергетичної сировини

№ п/п	Культура	Коефіцієнт утворення відходів	Коеф. доступності, %	Частка для використання, %
1	Озима пшениця	2,53	85	99
2	Ячмінь	2,50	85	99
3	Просо	1,10	90	45
4	Жито	2,50	85	99
5	Гречка	2,50	85	99
6	Кукурудза на зерно	1,10	90	45
7	Соняшник	2,50	90	99

Загальна кількість відходів дорівнює добутку урожайності на коефіцієнт утворення відходів.

Доступна кількість відходів дорівнює добутку загальної кількості відходів на коефіцієнт доступності.

Ці дані дають змогу розрахувати обсяг сировини, яку можна використовувати для виробництва біопалива, а також планувати енергетичну ефективність регіонів.

2.2.2 Екологічний аспект використання установки

Інтерес до використання біомаси як джерела енергії зумовлений не лише економічними чинниками, а й необхідністю зменшення викидів парникових газів, що утворюються під час спалювання ископного палива. При цьому утилізація біомасових відходів є актуальним екологічним завданням.

Біомаса є однією з небагатьох альтернативних форм енергії, здатних реально знизити вплив парникового ефекту. Це пояснюється тим, що в процесі

спалювання рослинних відходів виділяється стільки ж CO₂, скільки було поглинуто рослинами під час фотосинтезу. Натомість при використанні викопного палива в атмосферу вивільняється накопичений за тисячоліття вуглець, що значно підвищує концентрацію вуглекислого газу.

Таблиця 2.4

Характеристики основних парникових газів

Газ	Основне джерело утворення	Відсоток концентрації в атмосфері, %	Щорічний приріст, %	Приріст в атмосфері, млн т/рік	Час перебування в атмосфері, років
Вуглекислий газ (CO ₂)	Спалювання викопного палива, вирубування лісів, спалювання біомаси	0,036 (360 ppm)	0,4	≈7,1 млн т/рік	50–200
Метан (CH ₄)	Виділення під час травлення у тварин, видобуток природного газу, розкладання органіки	0,00017 (1,7 ppm)	0,5	≈37 млн т/рік	≈12,5
Оксид азоту (N ₂ O)	Використання азотних добрив, спалювання викопного палива в двигунах внутрішнього згорання	0,000313 (0,313 ppm)	0,25	≈3–8 млн т/рік	≈120

Зменшення шкідливих викидів в атмосферу шляхом використання біомаси є важливим кроком до збереження довкілля та енергетичної незалежності країни.

2.3 Аналіз способів переробки біомаси

На сьогоднішній день технології утилізації біомаси в Україні перебувають на стадії активного розвитку та мають значний потенціал для подальшої комерціалізації. З огляду на стрімке зростання вартості традиційних енергоносіїв, зокрема природного газу, інтерес до альтернативних джерел енергії постійно зростає. Біомаса в Україні в основному використовується у вигляді деревного палива — щороку споживається близько 1 млн т умовного палива, переважно в приватному секторі та на підприємствах лісової та деревообробної промисловості, де встановлено понад 1000 твердопаливних котлів.

Серед основних способів термохімічної переробки біомаси вирізняють пряме спалювання, піроліз і газифікацію. Останній метод вважається одним з найперспективніших для виробництва газоподібного палива на основі відходів біомаси.

2.3.1 Сучасні технології газифікації біомаси

Газифікація біомаси — це термохімічний процес часткового окиснення органічної сировини (деревина, торф, вугілля тощо) з метою отримання газоподібного палива — генераторного газу. Процес відбувається при високих температурах (від 800 до 1300 °C), що забезпечує розклад сировини з утворенням газів.

Низькокалорійний газ утворюється при газифікації з використанням повітря. Його теплота згоряння становить приблизно 4,6 МДж/м³. Такий газ можна застосовувати в твердопаливних котлах, а після очищення — у двигунах внутрішнього згоряння або газових турбінах. Проте через низьку енергетичну щільність він не придатний для транспортування трубопроводами.

Середньокалорійний газ отримують за участі кисню або водяної пари. У першому випадку теплота згоряння досягає 10–12 МДж/м³, у другому — 5–12 МДж/м³. Газ, отриманий з використанням кисню, можна використовувати для синтезу метанолу чи штучного бензину. Процес парової газифікації зазвичай реалізується у двоступеневих реакторах із псевдозрідженим шаром.

Однією з відносно доступних технологій є повітряна газифікація. Вона є менш затратною, але дає низькокалорійний газ і пов'язана з певними технічними складнощами, наприклад, необхідністю попереднього очищення сировини та обмеженнями щодо вологості.

При використанні щільного шару з низхідним потоком (НРГ-газифікатори), ефективно переробляється деревина з вологістю до 30% і вмістом золи до 5%. Проте потужність таких установок обмежена (до 500 кг/год або 500 кВт), а вміст смол у газі може сягати 50–500 мг/м³. Це ускладнює очищення й обмежує застосування газу на відстані від установки.

Значним недоліком є високий вміст смол — до 20% продуктів піролізу, що потребує глибокого очищення або використання газу безпосередньо біля газогенератора. Газифікатори такого типу через це не здобули широкого поширення.

Сучасні газифікаційні установки з псевдозрідженим шаром забезпечують високі швидкості реакції, стабільну температуру процесу та кращу якість газу. Проте для їх роботи потрібна сировина дрібного розміру, що вимагає додаткових енерговитрат на подрібнення. Також використовуються високотемпературні поточні установки (1200–1500 °С), які дозволяють переробляти різні види біомаси, але мають обмежений практичний досвід застосування в умовах біоенергетики.



Рисунок 2.2 – Схема газифікації біомаси

Таким чином, хоча генераторний газ має потенціал, його якість все ще потребує покращення, особливо з точки зору зменшення вмісту смол.

2.3.2 Технології анаеробного бродіння

Анаеробна переробка та етанолне бродіння відносяться до біологічних методів переробки біомаси. У процесі анаеробного бродіння органічні речовини розкладаються без доступу кисню, в результаті чого утворюються вуглекислий газ (CO₂) та метан. Цей процес здійснюється за участю різних груп бактерій, що беруть участь в ацетонобутанолічному бродінні. Під дією мікроорганізмів утворюються органічні кислоти (оцетова, масляна), етанол,

бутанол, ізопропанол, а також водень і діоксид вуглецю. Паралельно відбуваються технологічні процеси, що зумовлюють потребу в додаткових конструктивних матеріалах.

Однією з проблем є висока вартість отримання продуктів ферментації, а також низька продуктивність існуючих технологій. Кількість біогазу, який може бути виділений з різних видів відходів, залежить від складу субстратів, умов процесу, а також бактерійного складу в реакторі. Тому необхідно оптимізувати умови процесу бродіння, включаючи параметри субстратів, температуру, вологість та інші фактори.

В Україні навіть невеликі фермерські господарства мають можливість впроваджувати системи анаеробного бродіння. Проте найбільш економічно вигідними є великомасштабні біогазові установки, де об'єм метантенків становить не менше ніж 800 м³. Такі комплекси доцільно будувати на тваринницьких фермах із великою кількістю поголів'я: від 600 голів великої рогатої худоби, від 6000 свиней або від 200 тисяч голів птиці. Також вони ефективні на підприємствах харчової промисловості, зокрема на цукрових, молочних та спиртових заводах.

Великим установкам легше забезпечити механізацію та автоматизацію технологічних процесів, що дає змогу точно регулювати робочі параметри й стабільно подавати біогаз у когенераційне обладнання для виробництва теплової та електричної енергії. Водночас основною проблемою залишається висока вартість імпортного обладнання.

Анаеробне бродіння дає змогу отримувати біогаз із високим вмістом метану, однак його виробництво здебільшого ґрунтується на місцевих сировинних ресурсах, обсяг яких часто обмежений. Крім того, процес бродіння є періодичним, а якість і склад біогазу можуть змінюватися, що ускладнює стабільну роботу всієї системи.

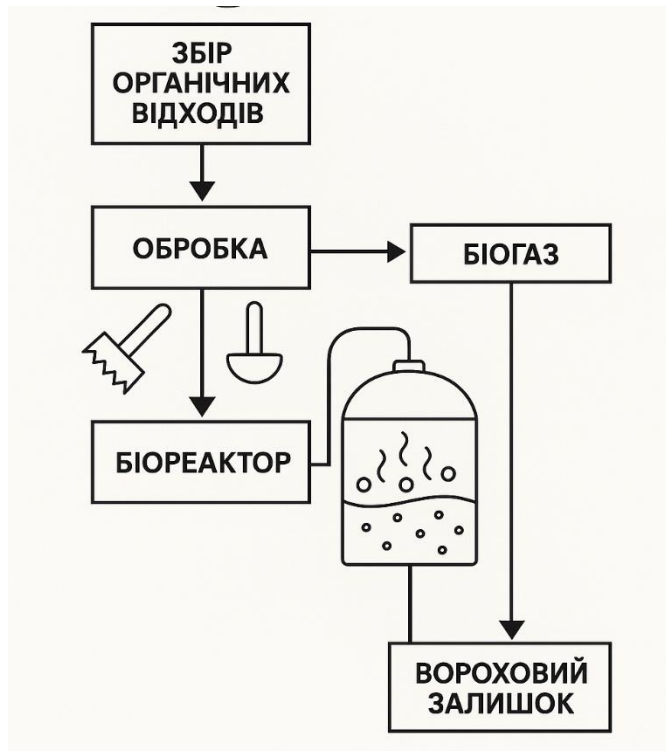


Рисунок 2.3 – Схема процесу анаеробного збродження

2.3.3 Технології спалювання відходів біомаси

Технології спалювання біомаси є важливим напрямом використання органічних відходів для виробництва енергії. Пряме спалювання біомаси включає використання таких матеріалів, як деревина, солома, відходи лісозаготівель, сухі гнізда тощо. Основним фактором, що визначає ефективність спалювання, є теплота згорання, яка змінюється в залежності від вологості палива. Наприклад, при вологості 40% теплота згорання деревини становить 10,5 МДж/кг.

Деревину як біомасу можна поділити на кілька типів залежно від її походження: спеціально заготовлену паливну деревину, відходи лісозаготівель, відходи деревообробки тощо. Деревна тріска є одним з основних видів палива і може бути отримана з різних джерел: ділової деревини, зрубаних дерев при проріджуванні лісу або відходів лісозаготівель, таких як суччя, гілки, вершини. Відходи деревообробки включають матеріали, що утворюються під час обробки деревини: кора, тирса, стружка.

Вміст води в деревині та корі може варіюватися від 2% до 75%. З підвищенням вологості зменшується теплота згорання, що є важливим чинником для ефективного використання біомаси як палива. Наприклад, при вологості 0%, 40% і 60% теплота згорання деревної тріски буде становити 19 МДж/кг, 10,5 МДж/кг і 6 МДж/кг відповідно. Це вказує на важливість контролю вологості матеріалу для оптимізації процесу спалювання.



Рисунок 2.4 – Схема процесу спалювання відходів

2.3.4 Технології піролізу

Окрім прямих способів термічного перетворення біомаси, таких як спалювання та газифікація, піроліз є ефективним і технологічно простим методом термохімічної переробки рослинної біомаси, промислових і побутових відходів. Попри це, дана технологія залишається однією з найменш розвинених в Україні серед енергетичних способів використання біомаси.

Піроліз дозволяє отримувати якісне, економічно вигідне та екологічно безпечне тверде, рідке й газоподібне паливо з різноманітної органічної сировини, включаючи полімерні матеріали. Завдяки використанню відносно

низьких температур процесу, в атмосферу викидається мінімальна кількість забруднюючих речовин.

Суть піролізу полягає в термічному розкладанні органічних речовин без доступу кисню. Процес зазвичай відбувається за температур до 300 °С, що значно нижче порівняно з газифікацією (800–1300 °С) або спалюванням (900–2000 °С).

Сучасні технології піролізу класифікують за:

- швидкістю нагрівання (швидкий і повільний піроліз);
- середовищем реакції (вакуумний, гідропіроліз, метанопіроліз);
- типом реакційного середовища (киплячий шар, нерухомий шар, зважений шар, струмінь гарячого повітря).

У процесі піролізу з твердої біомаси виділяються газоподібні, рідкі та тверді продукти, які можуть бути використані для отримання теплової енергії (опалення, гаряче водопостачання), електроенергії та в інших енергетичних цілях.

Газоподібні продукти піролізу зазвичай є середньокалорійним паливним газом з теплотою згорання 15–22 МДж/м³. У разі часткової газифікації утворюється низькокалорійний газ з теплотою згорання 4–8 МДж/м³. Вихід газоподібного палива може досягати 70 % маси сухої сировини при високотемпературному швидкому піролізі. Його якісний та кількісний склад залежить від типу сировини і технологічних параметрів процесу.

Піроліз є основною термохімічною технологією прямого добування газу з біомасових відходів. Такий тип процесу дозволяє отримати найбільшу кількість газу за рахунок глибокого розкладання сировини.

Однією з найбільш перспективних технологій є піроліз з орієнтацією на отримання піротоплива — енергонасія з високою енергетичною щільністю (до 28 МДж/м³). Для порівняння, вихідна сировина має значно нижчу щільність: 2 МДж/м³ для соломи і 8 МДж/м³ для деревної тріски.

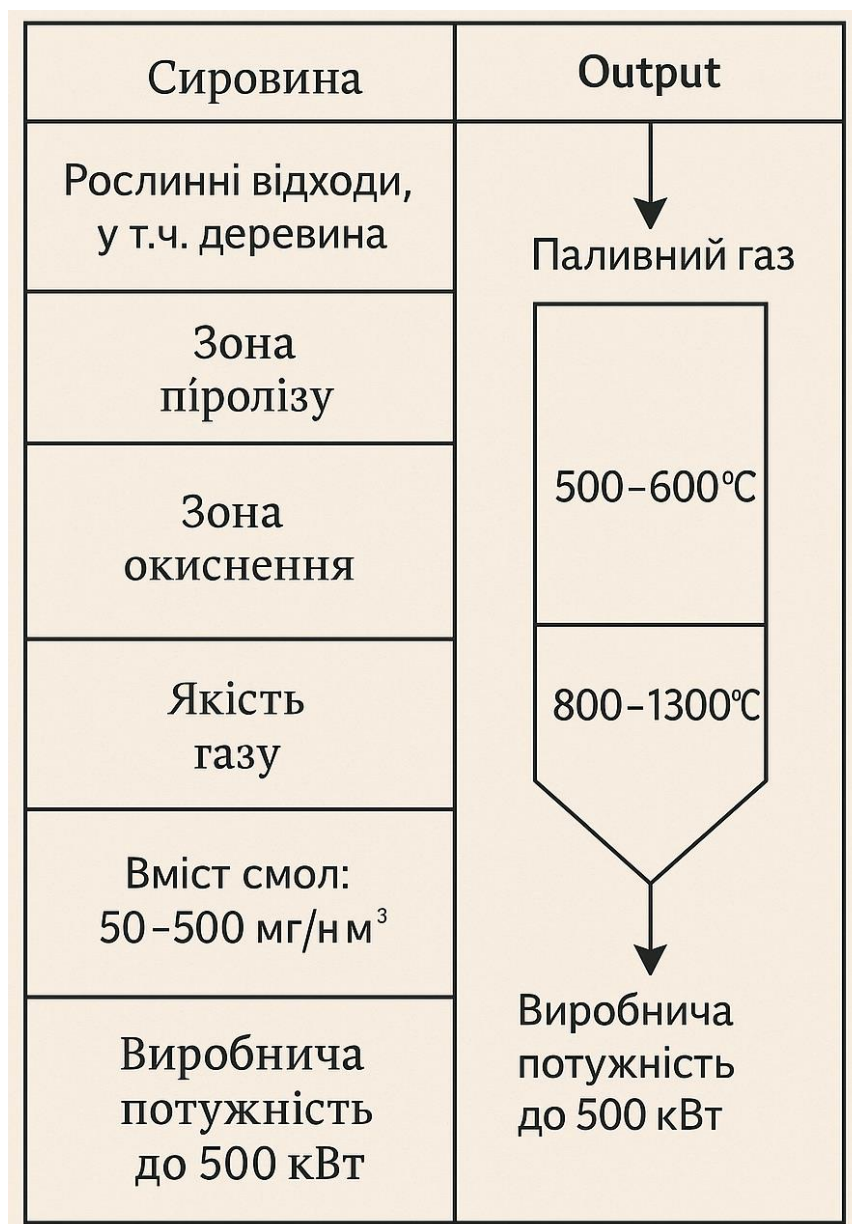


Рисунок 2.5 – Схема процесу піролізу

Процес піролізу може бути енергетично самозабезпеченим завдяки використанню частини твердих і газоподібних продуктів для підтримання необхідної температури та сушки біомаси.

В Україні технології швидкого піролізу майже не використовуються. Тим часом, аграрні відходи (солома, кукурудзяні стебла й качани, лушпиння соняшнику, гречки, рису тощо) мають великий енергетичний потенціал. Використання піролізу для переробки таких відходів — майже єдиний доцільний варіант для мобільних (транспортних) установок, оскільки

традиційні методи (спалювання чи газифікація) вимагають наявності стаціонарного споживача тепла або генераторного газу безпосередньо в місці переробки.

Мобільні піролізні установки дозволяють зменшити собівартість отриманої енергії за рахунок відсутності витрат на брикетування, сушіння та зберігання біомаси, що особливо актуально для сільськогосподарських регіонів.

Висновки

У рамках даного дипломного проекту пропонується розробка технологій переробки органічних відходів з використанням процесу піролізу. Тому що, піроліз є однією з найбільш перспективних технологій, оскільки його застосування при відносно низьких температурах сприяє мінімізації викидів забруднювачів в атмосферу порівняно з традиційним спалюванням. Це надає процесу екологічні переваги при переробці певних видів відходів.

3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУ

3.1 Особливості технології отримання біопалива

Переробка відходів є ефективним процесом, який дозволяє отримати сировину, що може бути раціонально використана для виробництва енергії. Цей процес має численні економічні та екологічні переваги. Установки для переробки сільськогосподарських відходів рослинного походження повинні проектуватися індивідуально, враховуючи законодавчі вимоги та характеристики сировини, такі як її якість і кількість.

Технологія піролізу може бути реалізована за двостадійною схемою. Загальний вигляд цієї технології наведено на рисунку 3.1. На першій стадії матеріал піддається термічному розкладу, в результаті чого утворюється газоподібне паливо. На другій стадії цей газ спалюється у водогрійному котлі.

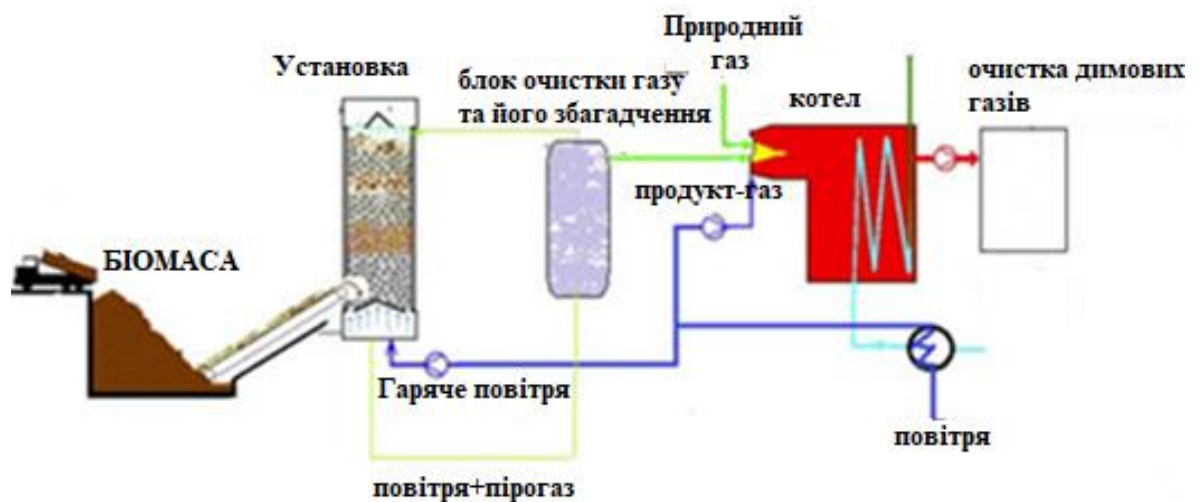


Рисунок 3.1 – Схема виробництва та реалізації біогазу

У піролізній камері забезпечується рух повітря та часток біомаси, при цьому швидкість потоку повітря в 1,5–2 рази більша за швидкість підняття часток. У результаті руху газосуміші, відбувається її нагрівання та частковий піроліз біомаси. На виході з камери встановлено циклон (5), де відбувається розділення газоподібної та твердої фаз. Тверді частки потрапляють до бункера

циклону (6), де в щільному шарі продовжується видалення летких компонентів до їх повного розкладу. Суміш летких продуктів піролізу та повітря на 85% відводиться димососом у димар, а близько 10% загального об'єму газосуспензії рециркулюється з метою збагачення отриманого газу, що дозволяє підвищити його теплотворну здатність. Для запобігання конденсації смол, які містяться в летких продуктах піролізу, циклони, камера піролізу, бункер і трубопроводи, через які проходить паливний газ, виконуються теплоізованими.

На початковому етапі, під час нагрівання біомаси, відбувається видалення вологи — одного з найважливіших показників стану матеріалів рослинного походження, які використовуються в експериментальних установках при виробництві біопалива. Вологість впливає на такі показники, як температура підігрівання сировини, твердість біомаси, її реакція на піроліз, гідравлічний опір шару відходів, витрати повітря і біомаси, а також температуру нагрівання повітря. Вологість сировини, що надходить на переробку, може змінюватися в широкому діапазоні (згідно з таблицею 3.1).

Чим вологіша сировина, тим більше енергетичних витрат на одиницю маси сировини, що досягається шляхом збільшення температури обробки або часу її дії на органічну речовину.

Оскільки технологія піролізу передбачає використання повітря для термічної обробки, не слід допускати підвищеної вологості повітря, оскільки вона погіршує склад і якість піролізного газу, зменшуючи його теплотворну здатність.

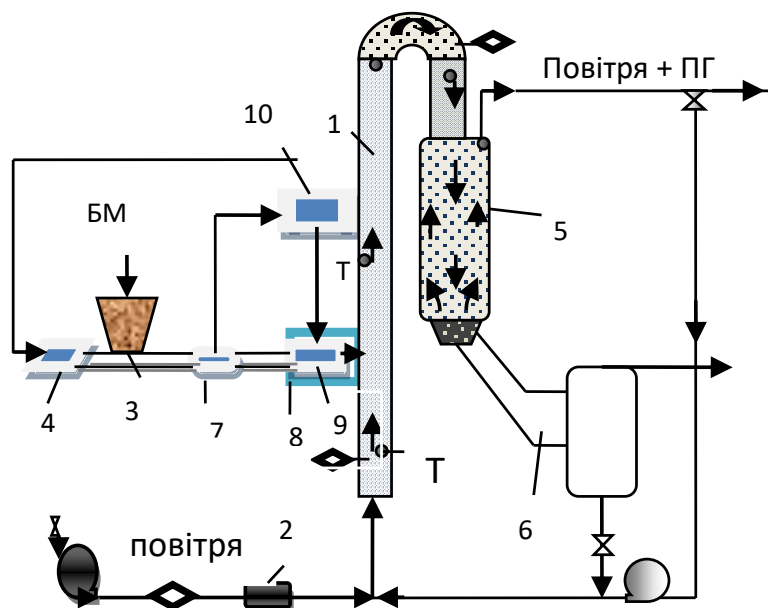


Рисунок 3.2 - Технологічна схема піролізної установки

Установка являє собою П-подібну камеру піролізу (1), внутрішній діаметр якої становить 100 мм, а загальна довжина — 5,7 м. Це дозволяє здійснити процес у киплячому шарі. До камери піролізу подається повітря, попередньо нагріте в електрокалорифері (2). Повітря проходить через шар керамічних куль, що забезпечує рівномірний розподіл швидкості повітря по перетину труби. За допомогою шнека-дозатора (3) в камеру піролізу подаються відходи біомаси. Конструкція шнека-дозатора дозволяє регулювати швидкість подачі та забезпечує герметичність завантаження. На вході камери піролізу встановлюється датчик потокового вологоміру (7), який вимірює вологість сировини перед її подачею в зону нагріву (9). Електричний сигнал від датчика поступає до перетворювача (10), що виробляє сигнали для управління механізмом подачі сировини.

На початковій стадії термічної обробки біомаси відбувається випаровування вологи — ендотермічний процес, який супроводжується поглинанням тепла. Вологість сировини є одним з ключових параметрів, що визначає її стан і значно впливає на ефективність процесу газифікації в експериментальній установці. Зокрема, вміст води впливає на тривалість

нагрівання біомаси, швидкість підйому частинок у потоці газу, кількість легких продуктів піролізу, газопроникність шару та його гідравлічний опір, а також на витрати повітря та сировини, температуру попереднього підігріву повітря і питому витрату біомаси. Вологість біомаси, яка надходить на переробку, може істотно змінюватися залежно від її виду, що представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Енергетичні характеристики відходів біомаси

Вид	Зміст води, %	МДж/кг	кВтч/кг
Деревна тирса	20	14.1	3.9
	6	18.2	
Гречане лушпиння	12	13.8	3.8
	2	17.9	
Рисове лушпиння	12	14.3	3.9
	2	18.5	
Лушпиння соняшнику	17	14.2	3.9
	4	18.3	

З метою забезпечення стабільного отримання піролізного газу з високими енергетичними характеристиками, необхідно здійснювати контрольовану подачу повітря до піролізної камери. Для реалізації цього завдання доцільно використати шиберну засувку моделі ЗПМ-80–700А, конструкція якої наведена на рисунку 3.3. Засувка характеризується рядом технічних переваг, що робить її придатною для застосування в системах термічної переробки біомаси. Вона дає змогу оцінити розміщення основних вузлів і забезпечує візуальне уявлення про принцип роботи пристрою. Основні технічні характеристики даної моделі наведено в таблиці 3.2.

Технічні характеристики шиберної засувки моделі ЗПМ-80–700А

№ з/п	Параметр	Значення
1	Діаметр прохідного отвору, мм	78
2	Робочий тиск, МПа	7,0
3	Випробувальний тиск, МПа	10,5
4	Габаритні розміри, мм:	
	– довжина	500
	– ширина	465
	– висота	1155
5	Маса, кг	246

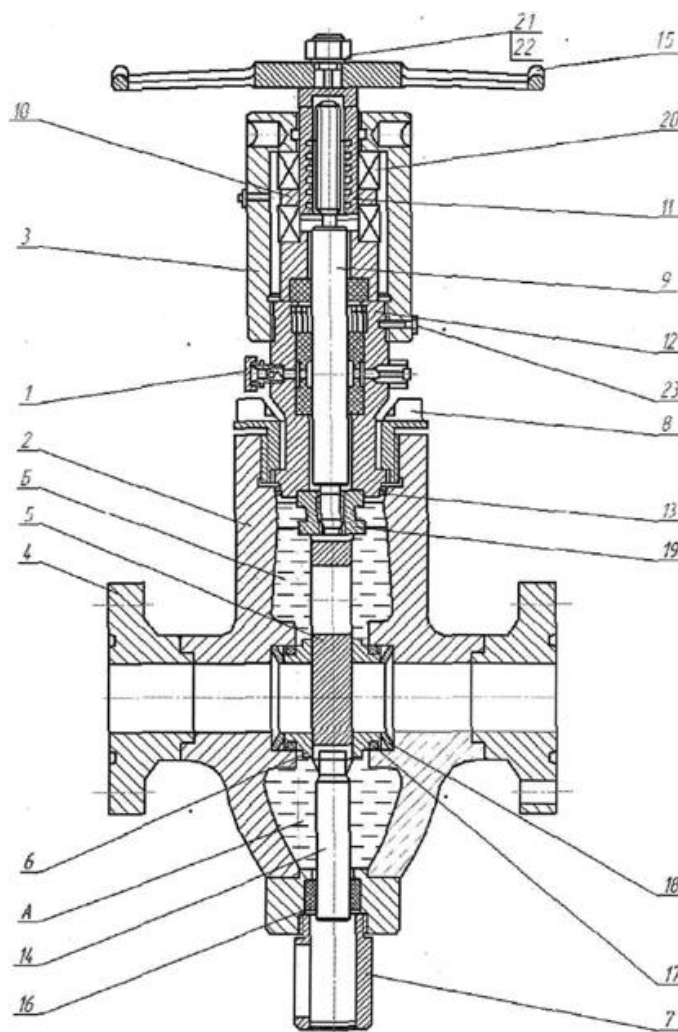


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд засувки

1 — штуцер; 2 — корпус засувки; 3 — верхня кришка; 4 — фланець приєднувальний; 5 — шибер (заслінка); 6 — ущільнювальне сидло; 7 — кришка контрштока; 8 — кулачкова гайка; 9 — шток; 10 — підшипникова втулка; 11 — ходова гайка; 12 — корпус сальника; 13 — сальникове кільце; 14 — контршток; 15 — штурвал керування; 16 — манжета ущільнювальна; 17 —

гумове кільце; 18 — тарілчаста пружина; 19 — з'єднувальна муфта; 20 — ущільнювальна набивка; 21, 22 — гайки; 23 — болти.

Принцип дії: при обертанні штурвала (15) через ходову гайку (11) передається поступальний рух на шток (9), який піднімає або опускає шибер (5). Переміщення шибера регулює прохідний отвір у корпусі (2), тим самим змінюючи витрату повітря або газу. Ущільнення забезпечується сідлом (6), сальниковим вузлом (12, 13, 16, 20) і додатковими елементами ущільнення — манжетами та гумовими кільцями (17), які запобігають витіканню середовища.

Для забезпечення надійної експлуатації засувки необхідно дотримуватись низки технічних вимог, які регламентують як процес встановлення, так і подальшу роботу пристрою:

- порожнини «А» та «Б» заповнюються мастилом Арматол 238 (суміш рицинової та синтетичної олив, загущена модифікованим аеросилом);
- штурвал повинен бути жорстко закріплений на штоку без люфту.
- переміщення штока має здійснюватись без заїдань;
- усі елементи засувки мають відповідати технічним характеристикам;
- монтаж і випробування виконуються відповідно до встановлених норм з внесенням записів у технічну документацію;
- опресування проводиться при тиску, що в 1,5–1,7 раза перевищує робочий, з витримкою 15–20 хв;
- після монтажу засувка повинна бути готовою до повноцінної експлуатації;
- для захисту від корозії обробляються фланці та різьбові з'єднання захисним мастилом;
- змащення ущільнювальних поверхонь (сідел) здійснюється лише при повністю відкритому або закритому положенні засувки;
- тиск змащення не повинен перевищувати випробувального;
- незабарвлені поверхні необхідно фарбувати сірою нітродемаллю.

Таким чином, вибір шиберної засувки моделі ЗПМ-80–700А є технічно обґрунтованим рішенням, що забезпечує надійне та безпечне регулювання повітряного потоку в піролізній камері.

3.2 Конструктивний розрахунок шиберної засувки

Для виконання конструктивного розрахунку шиберної засувки необхідно визначити:

1. Розрахунковий тиск — для вибору товщини корпусу та шибера.
2. Зусилля, необхідне для переміщення шибера — для визначення діаметра штока та гвинта.
3. Площа ущільнення — для вибору ущільнюючих елементів.
4. Перевірку на міцність — основних деталей (корпус, шибер, шток).

Вхідні дані:

- робочий тиск $p = 7$ МПа;
- діаметр прохідного отвору $D = 78$ мм = 0,078 м;
- випробувальний тиск $p_{\text{випр}} = 10,5$ МПа;

1. Визначимо гідравлічне зусилля на шибер.

Площа отвору:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,078)^2}{4} \approx 0,0048 \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

Гідравлічне зусилля:

$$F = p \cdot A = 7 \cdot 10^6 \cdot 0,0048 \approx 33,6 \text{ кН} \quad (3.2)$$

2. Визначим діаметр штока.

Зусилля $F = 33,6$ кН, допустиме напруження для сталі $\sigma_{\text{доп}} = 150$ МПа:

$$A_{\text{штока}} = \frac{F}{\sigma_{\text{доп}}} = \frac{33600}{150 \cdot 10^6} \approx 2,24 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.3)$$

$$d_{штока} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 2.24 \cdot 10^{-4}}{3.14}} \approx 0,017 м = 17 мм \quad (3.4)$$

Для запасу беремо діаметр штока ≥ 20 мм

3. Визначимо товщину шибера.

Тиск 7 МПа, ширина ущільнення — приблизно 78 мм. Використаємо спрощену формулу:

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot D}{\sigma}} \quad (\sigma = 120 \div 150 \text{ МПа}) \quad (3.5)$$

$$h = \sqrt{\frac{7 \cdot 10^6 \cdot 0.078}{150 \cdot 10^6}} \approx \sqrt{0,00364} \approx 0,060 м = 6 мм \quad (3.6)$$

Беремо товщину шибера ≥ 8 мм (з урахуванням запасу та можливого зносу)

Тиск високий, тому застосовуємо сальникове ущільнення з набивкою, розраховане на:

- робочий тиск до 10 МПа;
- температуру робочого середовища (якщо є газ – додатковий захист мастилом або манжетами);
- герметичність $10^{-3} \dots 10^{-4}$ Па·м³/с (для газових середовищ).

4. Перевірка корпусу на міцність

Корпус працює як циліндр під тиском. Орієнтовна товщина стінки:

$$s = \frac{p \cdot D}{2\sigma} \cdot K_{зан} = \frac{7 \cdot 78}{2 \cdot 150} \cdot 1,5 \approx 2,73 \cdot 1,5 \approx 4,1 мм \quad (3.7)$$

Приймаємо з запасом товщину стінки корпусу ≥ 6 мм

В результаті конструктивного розрахунку було встановлено, що для забезпечення міцності та герметичності засувки при тиску до 7 МПа необхідно:

- використовувати шибер товщиною не менше 8 мм;
- шток діаметром не менше 20 мм;
- сальникове ущільнення з кільцевою набивкою;
- корпус із товщиною стінки не менше 6 мм;
- зусилля для переміщення шибера складає близько 33,6 кН.

3.3 Визначення основних режимі подачі повітря

3.3.1 Розрахунок основних параметрів повітря

Вихідні дані:

Температура повітря: $t = 18^{\circ}\text{C}$

Відносна вологість повітря: $\varphi = 68\%$

Тиск насиченої водяної пари при 18°C : $P_n = 1999,5 \text{ Па}$

Барометричний тиск: $B = 99100 \text{ Па}$

Температуру і відносну вологість повітря визначають згідно кліматичних умов, які представлені в таблиці 1.1 розділу 1.

Питома вологомiсткiсть повітря, яке надходить до вентилятора розраховується по формулі:

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{B - \varphi \cdot P_n} \quad (3.8)$$

де 0,622 – відношення мольних мас водяної пари та повітря.

Оскільки під час підігріву в калорифері вологомiсткiсть повітря не змінюється, то питома вологомiсткiсть на вході в калорифер і на вході в піролізну камеру однакова: $d=d_0=0,0088 \text{ кг/кг}$.

Ентальпія вологого повітря визначається як сума ентальпії сухого повітря та ентальпії водяної пари, що припадає на 1 кг сухого повітря. Тобто:

$$I = C_{c.n.} \cdot t + d \cdot i_n \quad (3.9)$$

$C_{c.n.}$ – середня питома теплоємність сухого повітря (при $t < 400$,
 $C_{c.n.} = 1,0115$ кДж/кгК;

t – температура вологого повітря,

d – питома вологомiсткiсть повітря, кг/кг с.п.

i_n – питома ентальпія перегрітої пари кДж/кг

$$i_n = r_0 + C_n \cdot t \quad (3.10)$$

де r_0 — питома теплота паротворення води, (при 0 оС , $r_0 = 2500$ кДж/кг)

C_n - середня питома теплоємність водяної пари

$$C_n = 1,842 \text{ кДж}/(\text{кгК})$$

Ентальпія повітря на вході в калорифер:

$$I_0 = 1,0115 \cdot 18 + 0,0088 \cdot (2500 + 1,842 \cdot 18) = 42,64 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Ентальпія повітря на виході з калорифера (на вході в піролізну камеру):

$$I_1 = 1,0115 \cdot 130 + 0,0088 \cdot (2500 + 1,842 \cdot 130) = 168,55 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Питома вологомiсткiсть повітря на виході з піролізної камери:

$$d_2 = \frac{168,55 - 1,0115 \cdot 37}{2500 + 1,842 \cdot 37} = 0,027 \text{ кг} / \text{кг}$$

Для наочності процес нагріву повітря приведено на діаграмі (рис.3.4).

За станом зовнішнього повітря t_0 та ϕ_0 на діаграмі будується точка по наступним параметрам $t_0=18^\circ\text{C}$ та $\phi_0=68\%$, відповідні їй ентальпія та вологомісткість.

Нагрів повітря в калорифері відбувається при постійній вологомісткості 0,0088 кг/кг до температури $t_1 = 130^\circ\text{C}$ та відносній вологості 0,6%, ентальпія 16,55 кДж/кг).

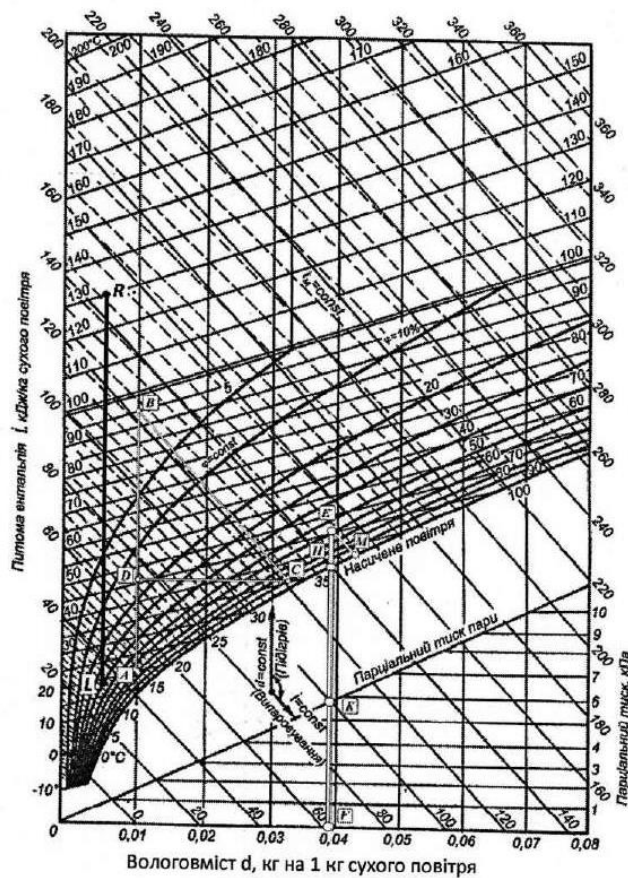


Рисунок 3.3 – Діаграма вологого повітря

Розрахунковим шляхом знайдені параметри повітря, яке подається в піролізну камеру. Отримані оптимальні умови для здійснення процесу в даній камері.

3.3.2 Розрахунок вентилятора для подачі атмосферного повітря

Необхідно обчислити показник вентилятора для подачі атмосферного повітря в калорифер, де він нагрівається та подається до піролізної камери.

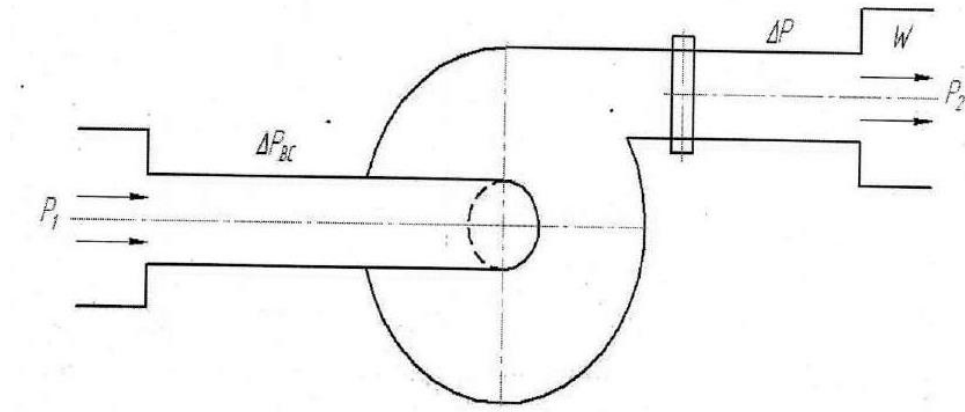


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема вентилятора для подачі повітря

Вихідні дані:

Масова витрата повітря $G = 6876$ кг/год кг/ч,

Швидкість руху повітря $V = 2,5$ м/с,

Відносна вологість $\varphi_0 = 20 - 70\%$,

Оскільки повітря забирається вентилятором із атмосферного середовища, тиск у цьому просторі (P_1) становить $0,1013$ МПа.

Тиск у просторі, куди вентилятор подає повітря, тобто тиск на вході в піролізну камеру (P_2), є більшим за атмосферний і визначається як робочий тиск, необхідний для забезпечення стабільного надходження повітря до зони піролізу.

$P_2 = P_{вх} = 0,1334$ МПа.

Діаметр трубопроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi v}} ; \quad (3.11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,042}{3,14 \cdot 2,5}} = 1,02 \approx 1$$

Вибираємо сталеву трубу зовнішнім діаметром 100 мм.

Фактична швидкість повітря в трубі:

$$v = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{4 \cdot 2,042}{3,14 \cdot 0,1} = 2,6 \text{ м/с} \quad (3.12)$$

Визначаємо тиск, який створюється вентилятором при подачі повітря:

$$\Delta P = (P_2 - P_1) + (\Delta P_{вс} + \Delta P_n) + \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \quad (3.13)$$

$\frac{v^2 \cdot \rho}{2}$ - втрати тиску на додання швидкості потоку.

$\Delta P_{вс} = 20,7$ мм вод ст та $\Delta P_n = 15,8$ мм вод ст – втрати тиску у всмоктуючій та нагнітальній трубопроводах, Па

v - швидкість повітря, м/с

Так як всмоктуючий та нагнітальний трубопроводи мають однаковий діаметр, тоді швидкісний тиск однаковий, тоді

$$\Delta P = \Delta P_n - \Delta P_{вс} = 20,7 \cdot 9,81 - (-15,8 \cdot 9,81) = 1335 \text{ Па}$$

Тоді визначимо секундну подачу вентилятора:

$$G = \frac{6876}{3600} = 1,91 \text{ кг/с}$$

Корисна потужність вентилятора:

$$N = \frac{\Delta P \cdot G}{1000} = \frac{1354 \cdot 1,91}{1000} = 1,368 \text{кВт}$$

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{N_n}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_n},$$

$\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі =1

η_n - ККД вентилятора =0,6

$$N = \frac{1,368}{1 \cdot 0,6} = 2,28 \text{кВт}$$

Вибираємо відповідний вентилятор для установки.

1. Вентилятор марки ВР154-21-6,3 з тиском $\Delta P=1310$ Па та $G=(0,69-2,93)10^3$ м³/год.
2. Електродвигун марки 4АМА з $N=2,2$ кВт и $\eta=0,62$.

Висновки.

У даному розділі були розраховані параметри повітря, необхідні для отримання якісного піролізного газу з потрібною теплотою згорання. Розглянуто та запропоновано шиберну засувку, яка необхідна для підтримання технологічних параметрів піролізу. Також було проведено розрахунок вентилятора для подачі атмосферного повітря в піролізну камеру.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці — це система законодавчих, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, які спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Головна мета цієї системи — створення безпечних умов праці та зменшення рівня виробничого травматизму.

Основні принципи реалізації конституційного права працівників на безпечні й здорові умови праці визначає Закон України «Про охорону праці». Він регулює взаємовідносини між працівником і роботодавцем у сфері безпеки праці, гігієни та виробничого середовища, а також встановлює єдиний підхід до організації системи охорони праці на підприємствах.

В Україні охорона праці регламентується низкою нормативних документів, серед яких: Конституція України, Кодекс законів про працю, Закон України «Про охорону праці» та нормативно-правові акти, розроблені на їх основі. Саме ці документи визначають правові, організаційні та технічні засади забезпечення безпеки праці на виробництві.

Сучасний розвиток технологій та автоматизація виробництва породжують нові виклики, зокрема — збільшення ризиків техногенного та екологічного характеру. У сільському господарстві особливо важливо враховувати ці фактори, оскільки значна частина технологічних процесів відбувається із застосуванням складної техніки та устаткування.

4.1 Організація охорони праці

Відповідальність за стан охорони праці в господарстві несе директор підприємства. У рослинництві контроль здійснює головний агроном згідно з наказом керівника. Спеціаліста з охорони праці в господарстві не передбачено, його обов'язки за сумісництвом виконує головний інженер.

Відповідно до Типового положення про навчання і перевірку знань з питань охорони праці, в ТОВ «Еліта» налагоджено систему навчання для працівників, яка включає проведення:

- вступного інструктажу — для нових працівників при прийнятті на роботу. Результати реєструються в журналі вступного інструктажу.
- первинного інструктажу — на робочому місці, проводиться керівником виробничої ділянки індивідуально.
- повторного інструктажу — проводиться не рідше одного разу на шість місяців.
- позапланового інструктажу — при зміні умов праці, впровадженні нового обладнання чи стандартів, а також після нещасного випадку.
- цільового інструктажу — для виконання робіт підвищеної небезпеки. Реєструється в спеціальному журналі, але додатково оформлюється наряд-допуск.

У господарстві діє колективний договір, у якому передбачено заходи з поліпшення умов праці. Громадський контроль здійснює представник трудового колективу, оскільки профспілка в господарстві відсутня.

На виробничих ділянках розміщено плакати та знаки безпеки, однак частина з них потребує оновлення. Спеціалізованого кабінету охорони праці немає, але функціонують інформаційні стенди, що регулярно оновлюються.

Стан промислової санітарії оцінюється як задовільний. Працівники забезпечені засобами індивідуального захисту, спецодягом, душовими кімнатами, роздягальнями та побутовими приміщеннями. Усі заходи з охорони праці фінансуються за рахунок підприємства, працівники не несуть додаткових витрат.

Усі роботи з охорони праці на сільськогосподарському підприємстві здійснюються згідно з вимогами чинного законодавства.

Інженер (фахівець) з охорони праці має право:

- зупиняти роботу обладнання, механізмів чи устаткування у разі загрози життю та здоров'ю працівників;
- повідомляти керівництво підприємства про виявлені порушення;
- ініціювати заходи щодо усунення небезпечних умов праці.

4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з газовими установками для опалення приміщень

4.2.1. Загальні положення

Газове обладнання, призначене для опалення приміщень, функціонує на природному газі, що є вибухонебезпечною речовиною. Тому його експлуатація повинна здійснюватися відповідно до «Правил безпеки систем газопостачання України».

Газові установки та газопроводи належать до об'єктів підвищеної небезпеки, тому потребують дотримання особливих заходів безпеки та наявності відповідної технічної та експлуатаційної документації. Введення в експлуатацію систем газопостачання дозволяється лише за наявності:

- акту приймання об'єкта;
- затверджених технологічних схем систем;
- інструкцій з безпечного користування газом;
- планів локалізації та ліквідації можливих аварій;
- документів, що підтверджують проходження навчання та перевірки знань керівниками, спеціалістами і робітниками.

4.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Якщо на підприємстві функціонує власна газова служба, пуск газового обладнання виконується її працівниками. У випадку відсутності такої служби,

пуск газу здійснюється спеціалізованою організацією згідно з укладеним договором.

До обслуговування газового обладнання допускаються особи:

- віком не менше 18 років;
- які пройшли медичний огляд;
- пройшли спеціальне навчання та мають відповідне посвідчення.

Перед початком робіт необхідно:

- перевірити герметичність з'єднань;
- переконатися в наявності вентиляції;
- перевірити працездатність сигналізаторів витоку газу;
- усунути всі порушення, що можуть призвести до аварійних ситуацій.

4.2.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Приміщення, де розташоване газове обладнання, повинно бути обладнане:

- справною припливно-витяжною та аварійною вентиляцією;
- сигналізаторами витоку газу (світловими і звуковими);
- первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, покривала).

Заборонено:

- використовувати тимчасові електромережі та електроприлади з пошкодженнями;
- захащувати підходи до засобів пожежогасіння;
- палити, зберігати або застосовувати легкозаймисті речовини;
- виконувати зварювальні, вогневі або інші небезпечні роботи без відповідного дозволу;

- захищувати евакуаційні шляхи та виходи.

Інженерно-технічні працівники проходять перевірку знань з охорони праці щонайменше раз на три роки, а обслуговуючий персонал — щорічно.

4.2.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виявлення витoku газу або іншої несправності:

- негайно припинити подачу газу;
- огородити небезпечну зону та встановити охорону;
- роботи в небезпечних зонах повинні виконуватись щонайменше двома працівниками з використанням засобів індивідуального захисту (протигази), а в колодязях або котлованах — із застосуванням страхувального пояса;
- повідомити про подію адміністрацію підприємства та викликати аварійну газову службу (телефон 104) і пожежну охорону (телефон 101);
- організувати евакуацію людей;
- у разі необхідності — знеструмити обладнання, вимкнути вентиляцію;
- почати гасіння пожежі доступними засобами пожежогасіння;
- надати допомогу пожежним підрозділам.
-

4.2.5 Вимоги безпеки після завершення робіт

Після завершення робіт:

- скласти відповідний наряд-допуск на виконання газонебезпечних робіт;
- зберігати наряд у виконавчо-технічній документації об'єкта;
- відповідальний за протипожежний стан зобов'язаний:
 - оглянути приміщення;
 - переконатися у відсутності джерел загоряння;
 - вимкнути електропостачання, за винятком обладнання, що повинне працювати безперервно за технологічними вимогами.

4.3 Захист навколишнього середовища при використанні піролізної установки

Використання піролізної установки на підприємстві дозволяє досягти значного екологічного ефекту завдяки скороченню викидів шкідливих речовин у довкілля, зменшенню обсягів споживання викопного палива та раціональній утилізації рослинних відходів.

Основні екологічні переваги:

1. Скорочення викидів забруднюючих речовин:

- Піроліз відбувається в умовах обмеженого доступу кисню, що значно зменшує утворення оксидів азоту (NO_x), діоксиду сірки (SO₂), чадного газу (CO) та пилу у порівнянні зі звичайним спалюванням природного газу або біомаси.

2. Раціональне використання відходів:

- Піролізна установка дозволяє перетворювати відходи сільськогосподарського виробництва (солону, лушпиння, гілки, стебла) у корисну теплову енергію та біовугілля.

3. Виробництво біовугілля як добрива:

- Біовугілля має властивості покращувача ґрунтів: затримує вологу, адсорбує важкі метали, знижує кислотність, підвищує родючість.

4. Скорочення парникових газів:

- Зменшення викидів CO₂ завдяки використанню біомаси як відновлюваного джерела енергії.

Таблиця 4.1

Порівняння екологічних показників опалення природним газом та піролізним методом

Показник	Природний газ	Піролізна установка	Зміна (%)
Викиди CO ₂ , кг/рік	~ 27 000	~ 6 500	↓ на 76%
Викиди NO _x , кг/рік	~ 48	~ 10	↓ на 79%

Викиди SO ₂ , кг/рік	~ 10	~ 1,5	↓ на 85%
Твердий залишок (біовугілля), кг/рік	-	~ 2 000	додатково
Використання відходів (біомаса), т/рік	-	~ 15	утилізація

Висновки

Для забезпечення належного рівня охорони праці при експлуатації газових установок на підприємстві необхідно:

- своєчасно проводити інструктажі (повторні, позапланові, цільові);
- забезпечити працівників засобами індивідуального захисту та спецодягом;
- допускати до роботи лише технічно справне обладнання;
- видавати працівникам інструкції з охорони праці відповідно до їх посад і функцій;
- заборонити експлуатацію несправного інструменту та машин;
- своєчасно організовувати навчання і перевірку знань з охорони праці;
- регулярно оновлювати куточки з охорони праці.

Отже, впровадження піролізної технології на базі аграрного підприємства забезпечує екологічно безпечну та енергоефективну утилізацію органічних відходів, зменшує навантаження на довкілля, відповідає чинним санітарно-екологічним нормам та дозволяє досягти відчутного зниження експлуатаційних витрат. Це робить піролізну установку оптимальним рішенням з точки зору як економіки, так і екології.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Сільське господарство, як важлива галузь національної економіки, вирізняється широким спектром особливостей виробництва, що зумовлюють необхідність ретельного економічного обґрунтування управлінських рішень. В умовах ринкової економіки особливої актуальності набуває підвищення ефективності використання ресурсів, що, у свою чергу, сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрних підприємств на всіх етапах життєвого циклу продукції — від розробки технології до реалізації кінцевого продукту.

Сільськогосподарське виробництво має великі обсяги, високий рівень товарності та значну залежність від ресурсів промислового походження (паливо, техніка, запчастини, будівельні матеріали тощо). Це обумовлює високу енерго- та матеріаломісткість, а також значні витрати на логістику. Виконання будівельно-монтажних робіт у сільському господарстві також потребує значних капіталовкладень і високого рівня використання основних фондів.

Основні фонди підприємства — це засоби праці, які багаторазово беруть участь у виробничому процесі протягом тривалого періоду, не змінюючи при цьому своєї натуральної форми, але поступово переносячи свою вартість на готову продукцію через процес амортизації.

Одним із ключових факторів підвищення ефективності роботи сільськогосподарського підприємства є раціональне використання техніки та інших засобів праці. Особливу увагу в економічному обґрунтуванні приділяється ефективності використання тракторного і комбайнового парку, транспортних засобів, а також витратам, пов'язаним з енергопостачанням, водопостачанням, газифікацією та іншими комунальними потребами.

Для зниження витрат на утримання техніки та досягнення позитивного економічного результату необхідно чітко розуміти структуру витрат, а також визначити шляхи їх оптимізації. Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення з підвищення економічної ефективності виробництва.

У межах дипломного проекту було проведено розрахунок основних експлуатаційних витрат, що включає:

1. Розрахунок витрат на оплату праці

Річні витрати на оплату праці обчислюються за формулою:

$$ФОП = K \cdot T \cdot Д \cdot ТС (1 + ЄСВ) \quad (5.1)$$

де ФОП — фонд оплати праці, грн;

K — кількість працівників, які обслуговують технічний засіб, осіб;

T — тривалість зміни, год;

Д — кількість днів роботи технічного засобу протягом року;

ТС — тарифна ставка одного працівника, грн;

ЄСВ — єдиний соціальний внесок (у вигляді коефіцієнта, наприклад, 0,22 або 22%).

Цей розрахунок дозволяє визначити витрати на заробітну плату персоналу, який безпосередньо задіяний в експлуатації техніки, що є важливою складовою собівартості виконуваних сільськогосподарських робіт.

Вихідні дані:

Тривалість опалювального сезону: 180 днів

Тривалість зміни: 24 год/доба

Погодинна ставка: 50 грн/год

ЄСВ (єдиний соціальний внесок): 37,19%

$$ФОП = 1 \text{ працівник} \cdot 24 \text{ год} \cdot 180 \text{ днів} \cdot 50 \text{ грн} = 216000 \text{ грн} / \text{рік}$$

$$ЄСВ = 216000 \cdot 0,3719 = 80230,4 \text{ грн}$$

$$ОП = 216000 + 80230,4 = 296230,4 \text{ грн} / \text{рік}$$

2. Амортизаційні відрахування

Базовий варіант:

Балансова вартість: 7000 грн

Норма амортизації: 15%

$$A = 7000 \cdot 0,15 = 1050 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

Балансова вартість: 20000 грн

Норма: 15%

$$A = 20000 \cdot 0,15 = 3000 \text{ грн}$$

3. Відрахування на поточний ремонт.

Базовий варіант:

$$ПР = 7000 \cdot 0,15 = 1050 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$ПР = 20000 \cdot 0,08 = 1600 \text{ грн}$$

4. Вартість енергоносіїв (ЕрВ)

Згідно технічній характеристиці котла за 1 годину витрачається 3.13 м³ газу.

Так як опалювальний сезон триває 180 днів, а опалення здійснюється 24 год/добу, тоді річна витрата газу - 13521,6 м³

Базовий варіант (природний газ):

Вартість природного газу для сільськогосподарського підприємства становить 21,00 грн/м³

$$ЕрВ = 13521,6 \cdot 21,00 = 283953,6 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

Вартість піролізного газу становить - 6,5 грн/м³

$$ЕрВ = 13521,6 \cdot 6,5 = 87890,04 \text{ грн.}$$

5. Визначимо інші витрати (ІВ), які складають 5% від загальної суми експлуатаційних витрат:

Базовий варіант:

$$ІВ = (296230,4 + 1050 + 1050 + 283953,6) \cdot 0,05 = 29064,21 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$ІВ = (296230,4 + 3000 + 1600 + 8789,04) \cdot 0,05 = 19480,97 \text{ грн}$$

Визначимо річні експлуатаційні витрати

Базовий варіант:

$$EB = 296230,4 + 1050 + 1050 + 283953,6 + 29064,21 = 611348,21 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$EB = 296230,4 + 3000 + 1600 + 8789,04 + 19480,97 = 311168,41 \text{ грн}$$

6. Визначимо річний економічний ефект.

Річний економічний ефект визначається як різниця між фактичними та проектними експлуатаційними витратами.

$$EEф = 611348,21 - 311168,41 = 300179,80 \text{ грн}$$

7. Термін окупності.

Капітальні вкладення: $200000 - 70000 = 130000$ грн

Термін = $130000 / 300179,80 = 0,43$ року ≈ 5 місяців

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант: опалення природним газом	Проектний варіант: опалення піролізним газом
1	Склад агрегату	–	КЧМ-5	КЧМ-5
2	Балансова вартість агрегату	грн	70000,00	200000,00
3	Річні експлуатаційні витрати – всього	грн/рік	611 348,21	311 168,41
	у тому числі:			
	- Заробітна плата з нарахуваннями	грн/рік	296 230,40	296 230,40
	- Амортизаційні відрахування	грн/рік	1 050,00	3 000,00
	- Відрахування на поточний ремонт і техогляди	грн/рік	1 050,00	1 600,00
	- Вартість спожитих енергоносіїв	грн/рік	283 953,60	8 7890,04
	- Інші витрати (5% від суми експлуатаційних витрат)	грн/рік	29 064,21	1 9480,97
4	Річний економічний ефект	грн/рік	–	300 179,80

5	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	місяців	–	5 місяців
---	--	---------	---	-----------

Висновки

1. На основі проведених розрахунків економічної ефективності впровадження теплоенергетичної установки на піролізному газі встановлено доцільність її використання на агропромисловому підприємстві.

2. Порівняння базового варіанту (опалення природним газом) з проєктним (опалення піролізним газом) показало суттєве зниження експлуатаційних витрат. Загальні річні витрати на опалення при використанні природного газу становлять 611 348,21 грн, у той час як при застосуванні піролізного газу – лише 311 168,41 грн. Це забезпечує щорічний економічний ефект у розмірі 300 179,80 грн.

3. Таким чином, впровадження піролізної установки дозволяє значно зменшити витрати на енергоресурси, скоротити залежність від викопного палива та покращити екологічний стан довкілля завдяки утилізації відходів сільськогосподарського виробництва. Це підтверджує ефективність та доцільність обраного технічного рішення в межах дипломного проєкту.

ВИСНОВКИ

1. Підприємство, яке спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур, має необхідні технічні засоби для впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, зокрема планує використовувати біомасу для виробництва піролізного газу з метою утилізації відходів і зменшення енергоємності виробництва.

2. У межах цього дипломного проекту передбачається розробка технологій переробки органічних відходів із застосуванням процесу піролізу, оскільки він є однією з найбільш перспективних технологій.

3. Піролізний процес, завдяки використанню відносно низьких температур, дозволяє значно знизити викиди забруднювачів в атмосферу порівняно з традиційним спалюванням, що надає йому екологічні переваги при переробці певних типів відходів.

4. Розраховані параметри повітря, що потрібні для отримання високоякісного піролізного газу з відповідною теплоотою згоряння. Також було розглянуто та запропоновано використання шиберної засувки для підтримання технологічних параметрів піролізного процесу. Крім того, виконано розрахунок вентилятора для подачі атмосферного повітря в піролізну камеру.

5. Порівняння базового варіанту (опалення природним газом) з проектним (опалення піролізним газом) показало суттєве зниження експлуатаційних витрат. Загальні річні витрати на опалення при використанні природного газу становлять 611 348,21 грн, у той час як при застосуванні піролізного газу – лише 311 168,41 грн. Це забезпечує щорічний економічний ефект у розмірі 300 179,80 грн.

6. Таким чином, впровадження піролізної установки дозволяє значно зменшити витрати на енергоресурси, скоротити залежність від викопного палива та покращити екологічний стан довкілля завдяки утилізації відходів сільськогосподарського виробництва. Це підтверджує ефективність та доцільність обраного технічного рішення в межах дипломного проекту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. *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
2. *БАЛАНС ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ №3(59) Березень 2023* [Електронний ресурс]//Енергоджерела.– Режим доступу: <https://enerhodzherela.com.ua/novyny/БАЛАНС-ЕНЕРГЕТИКИ-УКРАЇНИ>
3. *ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ У ЧЕРВНІ 2024 р.* [Електронний ресурс] //Центр Разумкова. Режим доступу: <https://razumkov.org.ua/images/2024/07/11/2024-РАКТ-12.pdf>
4. Гелету́ха Г. Г. *Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні.* – Київ: Поліграф плюс, 2015. – 72 с. Практичний посібник з техніко-економічними розрахунками, прикладами впровадження ТПТ, таблицями характеристик біомаси та формулами для оцінки ефективності.
5. Гелету́ха Г. Г., Жовмір М. М., Железна Т. А., Зубенко В. І. *Експериментальне дослідження швидкого піролізу біомаси в абляційному шнековому реакторі.* – Промислова теплотехніка, 2013, т. 35, № 1, с. 87–93. Містить детальні розрахунки параметрів піролізу, аналіз виходу піропалива та рекомендації щодо вдосконалення технології.
6. Зима І. В., Белов В. О., Рябошапка Р. М., Торопенко О. В. Керування режимами роботи установки для піролізної деструкції твердих побутових відходів. – VIII CISP Conference, 2024.
7. Железна Т. А. Аналіз режимних умов низькотемпературного абляційного піролізу біомаси. – Вісник НАН України, 2014.
8. Пономарчук О. В. Газоподібне паливо теплогенеруючих установок. – Вінниця: ВНТУ, 2012.

9. LibreTexts. Піроліз біомаси та попередня обробка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrayinska.libretexts.org>
10. Beston Group. Завод піролізу – Рішення для переробки біомаси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bestongroup.com/uk/pyrolysis-plant>.
11. Балаян Ю. О., Солошенко С. А. Перспективи застосування біопалива в Україні // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2022. – № 1(41). – С. 15–20.
12. Біоенергетика в Україні: Потенціал, ринок, технології [Електронний ресурс] / Держенергоефективності України. – 2021. – Режим доступу https://sae.gov.ua/sites/default/files/Bioenergy_in_Ukraine_2021.pdf
13. Energy Community. Ukraine Energy Profile – Bioenergy Focus [Електронний ресурс]. 2023. Режим доступу: <https://www.energy-community.org>
14. Біопаливо з рослинної сировини: сучасний стан та перспективи // АгроЕліта. 2023. Режим доступу: <https://agroelita.info/biopalyvo-z-roslynnoi-syrovyny>
15. Проєкт BIOMASS. Біоенергетика в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uabio.org>.
16. Савосько В. А. – *Паливно-енергетичні ресурси України*. К.: Вища школа, 2011.
17. Біленко М. І., Трофимчук А. І. *Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії*. К.: Либідь, 2010
18. Іванов А. І. – *Теплогенерація на основі альтернативних джерел енергії*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2015.
19. Яремко О. А., Кісіль І. М. – *Біогазові технології: теорія і практика*. Львів: ЛНАУ, 2014.