

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ **ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого** _____
Кафедра **технологічного обладнання та комп'ютерних технологій**
проекування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Сергій БЛАЖЕНКО** _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Микола ЯКИМЧУК** _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ **133 «Галузеве машинобудування»** _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ **Інженіринг харчових виробництв** _____

на тему: _____ **Використання альтернативних видів палива для сушіння жому** _____

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-2М

_____ **Сальник Марко Юрійович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ **Миколів Іван Михайлович** _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024__ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сальника Марка Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання альтернативних видів палива для сушіння жому

керівник роботи Миколів Іван Михайлович, доц., кандидат тех. наук.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “20__” листопада 2023 року № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 1.02.2024р.

3. Вихідні дані до 1. Технічний паспорт обладнання. 2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат; Зміст; Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідністю); Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкта дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу
Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схеми автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 21.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	22.11.2023р.	
2	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження	26.11.2023р.	
3	Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	1.12.2023р.	
4	Дослідна частина та узагальнення результатів	5.12.2023р.	
5	Розрахункова частина	12.12.2023р.	
6	Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	20.12.2023р.	
7	Заходи з охорони праці та охорони довкілля	28.12.2023р.	
8	Маркетингове обґрунтування проекту	8.01.2023р.	
9	Висновки	14.01.2023р.	
10	Список використаних джерел	19.01.2023р.	
11	Додатки	20.01.2023р.	
12	Графічна частина формату А1 – 10 шт.	30.01.2023р.	
13	Подача кваліфікаційної роботи на кафедру	1.02.2024р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Марко САЛЬНИК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Іван МИКОЛІВ
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена вирішенню проблеми зменшення вартості процесу сушіння жому шляхом зміни робочого палива. В роботі вивчаються процеси отримання силового газу методом газифікації твердого палива. Вибір продукту згоряння в газогенераторі проводиться з урахуванням його дешевизни на основі економічної ефективності проведення процесу.

Відповідно до викладеного, у кваліфікаційній роботі сформульовано **мету дослідження**: удосконалення схеми сушіння жому з використанням газогенераторної установки для одержання силового газу як альтернативного виду палива.

Об'єкт дослідження: процес сушіння жому в барабанній сушарці.

Предмет дослідження: аналіз процесів отримання силового газу методом газифікації альтернативних видів твердого палива для використання в барабанному жом сушильному апараті .

Запропонована модернізована схема сушіння жому може бути використана на підприємствах цукрової промисловості.

В розділах пояснювальної записки розглядалися різновиди схем сушіння жому, методи газифікації палива, проведена дослідна частина і обґрунтовані її результати, розроблена автоматизація лінії сушіння жому, визначена економічна доцільність впровадження газифікації альтернативних видів твердого палива. Виконані розрахунки необхідного технологічного обладнання для нормальної і безпечної роботи. В графічній частині приведені креслення схеми сушки жому та окремих її частин, схеми газифікації, загальний вигляд газогенератора, зображені результати дослідів, розроблені заходи по охороні праці та охороні навколишнього середовища.

Ключові слова: газогенератор, жом, сушильна установка, паливо, димові гази.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Реферат	221857.KP.25.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/154

Abstract

The master's thesis is devoted to solving the problem of reducing the cost of the pulp drying process by changing the working fuel. The process of obtaining power gas by the method of gasification of solid fuel is studied in the work. The choice of the combustion product in the gas generator is made taking into account its cheapness on the basis of the economic efficiency of the process.

In accordance with the above, the qualification work formulated the purpose of the research: improvement of the pulp drying scheme using a gas generator to obtain power gas as an alternative type of fuel.

The object of research: the process of drying pulp in a drum dryer.

The subject of the study: analysis of the processes of obtaining power gas by the method of gasification of alternative types of solid fuel for use in a drum pulp dryer.

The proposed modernized pulp drying scheme can be used at sugar industry enterprises.

In the sections of the explanatory note, various types of pulp drying schemes, methods of fuel gasification were considered, the experimental part was conducted and its results were substantiated, automation of the pulp drying line was developed, and the economic feasibility of introducing gasification of alternative types of solid fuel was determined. Calculations of the necessary technological equipment for normal and safe work have been carried out. In the graphic part, there are drawings of the pulp drying scheme and its individual parts, gasification schemes, the general view of the gas generator, the results of experiments are shown, and measures for labor protection and environmental protection are developed.

Key words: gas generator, pulp, drying plant, fuel, flue gases.

Зміст

<u>РЕФЕРАТ</u>	1
<u>Abstract</u>	2
<u>Вступ</u>	5
<u>1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ</u>	8
<u>1.1. Аналітичний огляд схем сушіння жому</u>	8
<u>1.2. Загальні відомості про генераторний газ та історичні аспекти розвитку технології газифікації</u>	13
<u>2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ</u>	18
<u>2.1. Типи газифікаторів</u>	18
<u>2.1.1. Газифікатор з нерухливим шаром сировини</u>	22
<u>2.1.2. Газифікатор із псевдорозрідженням шаром сировини</u>	27
<u>2.1.3. Газифікатор із шаром сировини, що проштовхується.</u>	29
<u>2.2. Паливо для газифікаторів</u>	30
<u>2.3. Теплові явища, що супроводжують реакції в газифікаторі</u>	32
<u>2.4. Особливості роботи газифікатора</u>	35
<u>2.5. Характеристика паливного газу</u>	38
<u>2.6. Допоміжне устаткування</u>	40
<u>3. Дослідна частина та узагальнення результатів</u>	42
<u>3.1. Класифікація твердого палива, як сировини для одержання генераторного газу.</u>	42
<u>3.2. Основні характеристики твердого палива й показники газифікації</u>	44
<u>3.2.1. Деревина</u>	49
<u>3.2.2. Торф</u>	51
<u>3.2.3. Вугілля</u>	52

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	221857.KP.25.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 3

<u>3.2.4. Сланці</u>	55
<u>3.3. Газифікація твердого палива</u>	58
<u>Механізм основних реакцій процесу газифікації</u>	58
<u>3.4. Підбір конструкційних матеріалів</u>	67
<u>3.5. Устрій та принцип роботи нового обладнання</u>	70
<u>4. Розрахункова частина</u>	78
<u>4.1. Визначення основних параметрів процесу газифікації</u>	79
<u>4.2. Розрахунок жомосушильної установки</u>	86
<u>4.2.1. Конструктивний розрахунок</u>	86
<u>4.2.2. Тепловий розрахунок сушарки</u>	89
<u>4.3. Технологія машинобудування</u>	92
<u>4.3.1. Розрахунок складального розмірного ланцюга</u>	94
<u>4.3.3. Технологічний маршрут процесу складання</u>	97
<u>5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ</u>	101
<u>5.1. Аналіз виробничої діяльності як об'єкта автоматизації</u>	101
<u>5.2. Складання параметричних схем об'єктів</u>	102
<u>5.3. Структурні схеми контролю і регулювання</u>	106
<u>5.4. Опис схеми автоматизації</u>	109
<u>6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ</u>	111
<u>6.1. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</u>	111
<u>6.1.1. Ремонт обладнання</u>	113
<u>6.1.2. Експлуатація сушильних установок</u>	114
<u>6.1.3. Експлуатація газогенераторного комплексу</u>	114
<u>6.2. Охорона праці</u>	115
<u>6.2.1. Організація охорони праці на виробництві</u>	116
<u>6.2.2. Фінансування</u>	117
<u>6.2.3. Шкідливі речовини, методи боротьби</u>	117
<u>6.2.4. Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання</u>	118
<u>6.2.5. Вентиляція</u>	119

<u>6.2.6. Побутові приміщення</u>	119
<u>6.2.7. Освітлення</u>	120
<u>6.2.8. Електробезпека, статична електрика, захист від блискавок</u> ...	121
<u>6.2.9. Пожежна безпека</u>	123
<u>6.3. Охорона довкілля</u>	124
<u>6.3.1. Екологічні проблеми галузі</u>	124
<u>6.3.2. Характеристика відходів</u>	127
<u>6.3.3. Характеристика викидів</u>	132
<u>7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ</u>	134
<u>7.1. Маркетингові дослідження</u>	134
<u>7.2. Перспективи виробництва генераторного газу в Україні</u>	144
<u>Висновок</u>	149
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</u>	150

Вступ

В умовах сучасної економіки істотний вплив на формування ціни кінцевої продукції виявляють джерела енергії, а так само мінімізація виробничих відходів.

У зв'язку із підвищенням ціни на газ і ненормованою його подачею запропоновано змінити вид палива в жомосушильній установці. Для зменшення витрат на виробництво гранульованого жому вирішено обладнати лінію газогенератором для газифікації рослинних відходів. Жомосушильна установка споживає до 50% від всього обсягу витрат газу на цукровому заводі, тому це рішення є доцільним і економічно вигідним.

Газифікація палива одержала поширення в 19 ст. завдяки перевагам газового палива перед твердим і рідким. На початку ХХ сторіччя газифікація деревини та іншого лігноцелюлозної сировини є одним з основних методів виробництва низькокалорійного паливного газу.

Газифікація палива здійснювалася в спеціальних апаратах, які називаються конвертерами, реакторами, газогенераторами й газифікаторами. Одержуваний паливний газ часто містив значні кількості твердих часток і тому безпосередньо міг бути використаний у котельнях, випалювальних печах і в інших топках, а після охолодження, очищення й сушки – в якості палива у двигунах внутрішнього згорання. Газогенератор — пристрій, що забезпечує підготовку (первісне спалювання) низького гатунку органічного твердого палива (дрібно шматкового торфу, тріски, ошурок, стружки, рослинних відходів) для вискоєфективного спалювання в топках твердопаливних водогрійних казанів і інших опалювальних агрегатів. Газифікатори можуть бути призначені для переробки різноманітного асортиментів сировини, у тому числі продуктів лісу, сільськогосподарських відходів, водоростей, твердих міських відходів. Останні являють собою

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	221857.KP.25.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 5

суміш відходів, що містять велику кількість отриманих з біомаси продуктів, таких, як папір, картон, деревина, текстильні й шкіряні вироби.

Основною перевагою газогенераторної установки є реально високий ККД, що можливо завдяки унікальній технології одержання генераторного газу шляхом піролізу твердого органічного палива у високоефективне газоподібне паливо усередині газогенераторного блоку установки в умовах недостатності кисню.

Отриманий у такий спосіб газ за своїми властивостями рівноцінний природному газу.

Основні види твердого палива, що знайшли застосування в газогенераторах силового газу, що впливають: деревина, торф, бурий вугілля, антрацит, а в останній час – полу кокс і всілякі рослинні відходи.

Конструкція газогенератора й технологічна схема газогенераторної установки для одержання силового газу визначаються в основному наступними характеристиками палива: смолистістю, спікливістю, зольністю й плавкістю золи.

Ріст цін на традиційні енергоносії й жорсткість екологічних вимог до енергетичних установок спричиняється інтерес до використання як паливо біомаси, у тому числі соломи.

Елементарний склад соломи і теплота її згоряння не занадто відрізняються від відповідних показників для деревини, хоча теплота згоряння соломи нижче, ніж у сухої деревини.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналітичний огляд схем сушіння жому

У цей час, як у нашій країні, так і за кордоном для висушування жому використовують в основному барабанні сушарки з розподільною системою. Ці сушарки можуть розрізнятися розмірами, формою й кількістю насадок, виконанням приводу й ущільнень, деякими іншими конструктивними особливостями, але принцип роботи їх однаковий.

На рис. 1.1 показаний пристрій барабанного жомосушильного апарата. Апарат складається з корпусу, на якому закріплене два опорних бандажі. Бандажі опираються на дві пари роликів. Барабан приводиться в обертання від електродвигуна через редуктор за допомогою шестірні й зубчастого вінця, укріпленого на корпусі барабана. Можливий варіант приводу з використанням фрикційної передачі. Доцільно встановлювати привід барабана з можливістю регулювання його частоти обертання. Це дозволяє використовувати жомосушильні барабани для сушіння таких продуктів, як зерно, сіно й т.п.

Раніше барабани встановлювали з невеликим ухилом у напрямку переміщення висушеного жому. У цей час барабани встановлюють строго горизонтально. жом у процесі висушування надійно переміщається до виходу за рахунок кінетичної енергії сушильного агента й конструкції насадок.

Вихідний отвір топкового пристрою оснащено завантажувальним лотком, по

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналіз сучасного стану <i>об'єкта дослідження</i>	221857.KP.25.001 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якичук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 8	

якому подається віджятий жом усередину барабана. Корпус апарата з топковою й розвантажувальною камерами з'єднаний через ущільнення.

Усередині барабана, у передній його частині, на внутрішній поверхні закріплені похилі гвинтові лопати, за допомогою яких жом переміщається уздовж барабана до задньої його частини, заповненої хрестоподібними насадками, призначеними для рівномірного заповнення перетину барабана жомом і збільшення поверхні контакту із сушильним агентом.

Принцип роботи жомосушального барабана наступний. Віджятий жом по лотку надходить на гвинтові лопаті й далі на систему насадок, де рівномірно розподіляється по полицях. При обертанні жом пересипається з однієї насадки на іншу, просувається до розвантажувальної камери й висушується. З розвантажувальної камери сушений жом виводиться шнеком через патрубок. Шнек приводиться в рух від електродвигуна.

Топкові гази надходять у барабан і рухаються в одному напрямку із жомом. При цьому гази з високою температурою (800—900° С) стикаються з найбільш вологим жомом, швидко прохолджуються й надалі, досушуючи жом до кінцевої вологості (10—13%), через верхню частину розвантажувальної камери зі штуцером за допомогою димососа викидаються в атмосферу.

Фірма «Бюттнер» (ФРН) випускає барабанні жомосушальні апарати з розширеною частиною на вході жому. У розширеній частині передбачена спеціальна конструкція пристрою для рівномірного розподілу вологого жому по перетині барабана, тобто на вході газів у барабан створюється завіса із жому. Це сприяє значному зниженню температури димових газів на вході в ту частину барабана, де розташована розподільна система, а також більше високої інтенсивності процесу сушіння.

Фірмою «Буккау-Вольф» (ФРН) розроблена швидкісна барабанна сушарка для жому (рис. 1.2), що складається із сушильного барабана й обертової труби.

У цій трубі відбувається прискорене переміщення газу й сирого жому.

Сирий жом із пресів за допомогою шнека-живильника направляється в обертову трубу, куди також надходять топкові гази температурою до 1100 °С. У трубі жом перелопачується за допомогою спеціальних розподільних пристроїв і направляється в сушильний барабан. Швидкому переміщенню матеріалу в трубі сприяє більша швидкість топкових газів, що досягає 40 м/с. Незначний час контакту сирого жому з топковими газами, що мають підвищену температуру, сприяє гарній передачі тепла, швидкому й рівномірному висушуванню жому у всій його масі.

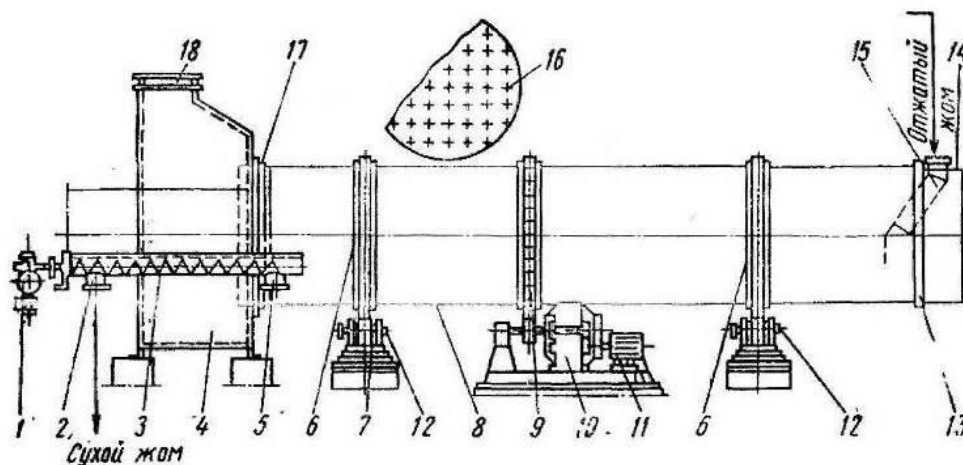


Рис. 1.1 Барабанний жомосушительний апарат:

1-привід шнека; 2 й 5— патрубки; 3— шнек; 4— розвантажувальна камера; 6-бандаж; 7-упорний ролик; 8— корпус; 9— зубчастий вінець; 10-редуктор; 11-електродвигун; 12 — опорний ролик; 13 й 17— ущільнюючі пристрої; 14 — вихідний отвір топкового пристрою; 15-завантажувальний лоток; 16-хрестоподібні насадки; 18— штуцер

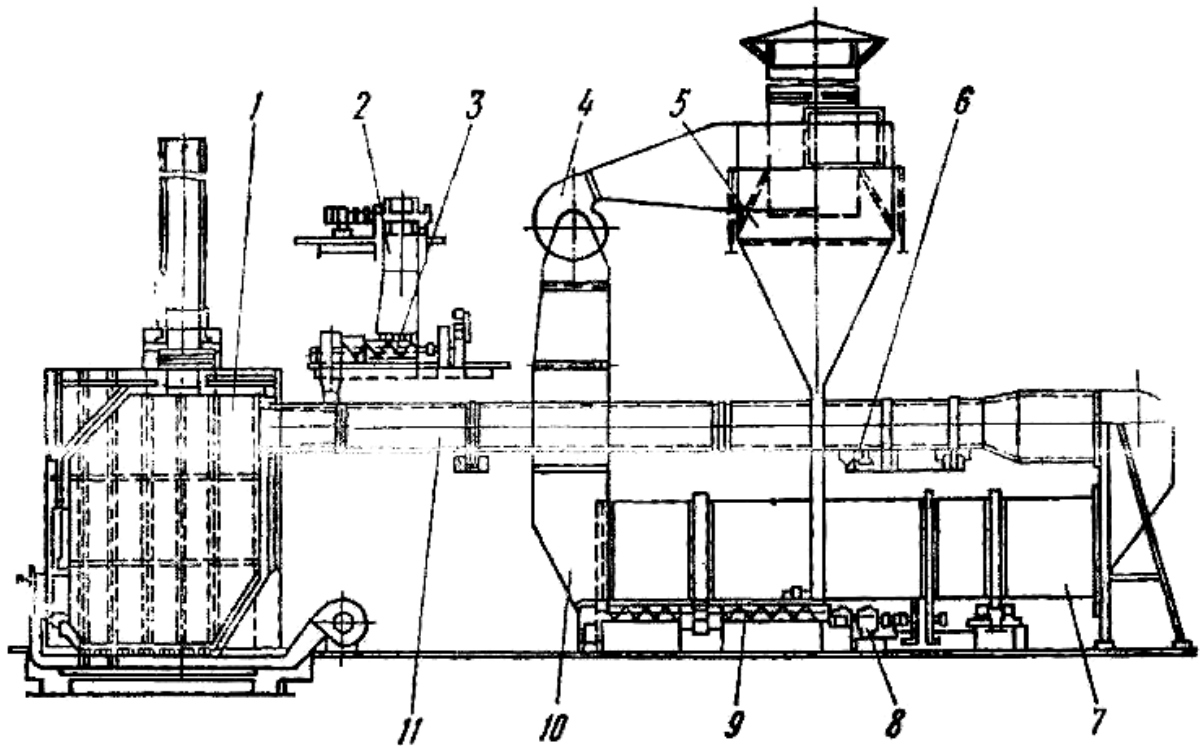


Рис. 1.2 Швидкісна ротаційна сушарка для гніта фірми «Буккау-Вольф» (ФРН):

1 - топка; 2 - прес; 3 - розподільчий шнек; 4 - димосос; 5 - циклон; 6 й 8- електроприводи;

7-сушильний барабан; 9 -шнек для видалення сушеного жом; 10- розвантажувальна камера; 11 - обертова сушильна труба.

На рис. 1.3 зображені криві розподілу температур залежно від часу сушіння: у звичайному сушильному барабані (рис. 1.3 а) і в швидкісній сушарці (рис. 1.3 б).

Час зниження температури газів до 350°C у трубі (рис. 1.3 б) у порівнянні зі звичайною сушаркою зменшується в 8—10 разів. При такому режимі якість висушеного жому не погіршується, а витрата тепла скорочується за рахунок більш високої температури сушильного агента на вході в сушильну установку.

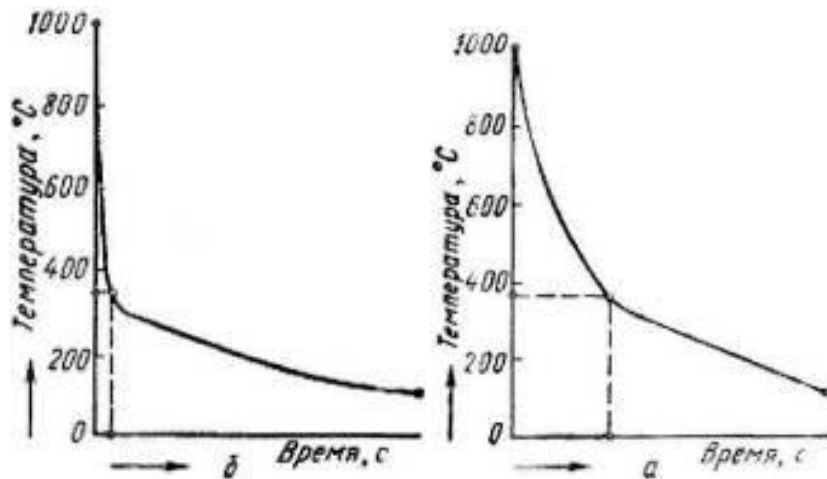


Рис. 1.3 Криві розподілу температур залежно від часу процесу сушіння: а – у звичайній барабанній сушарці; б - у швидкісній сушарці

У Франції експлуатуються швидкісні ротаційні сушарки Ван - ден-броека.

У сушарках (рис. 1.4) барабан розділений на секції, які в середині мають отвори. Сушильний агент через ці отвори проходить із високою швидкістю, при цьому утворюється завихрення потоку, що дозволяє підтримувати продукт в інтенсивному русі. Висушені частки через отвір видаляються з барабану, а важкі (вологі) частки переміщуються уздовж стінок від секції до секції доти, поки не висушаться й не будуть видалені через серединний отвір.

У барабанній сушарці Ван-ден-Броека здійснений процес гравітаційного поділу висушеного й вологого матеріалу. Дрібні й легкі частки швидко висушуються й віддаляються, а більші й повільніше висихають під дією власної маси затримуються в барабані на більше тривалий час. Частота обертання барабана 7 об/хв. Ця сушарка характеризується низькою питомою витратою тепла (до 3200 кдж/кг), рівномірністю висушування матеріалу, високою якістю готового продукту. У нашій країні освоєне серійне виробництво барабанної жомосушильної установки А2-ПСА продуктивністю 175 т сушеного жому за добу. Ця

установка розрахована для заводу потужністю 3 тис. т переробленого буряку за добу й аналогічна по конструкції й принципу дії барабанному жомосушильному апарату (див. мал. 1). Установлена потужність електропривода барабана 55 квт, продуктивність по випаруваній волозі 25-33 т/год.

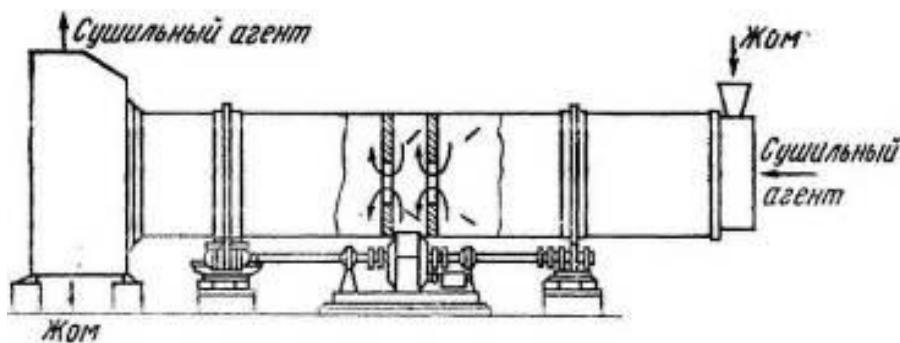


Рис. 1.4 Швидкісна ротаційна сушарка Ван-ден-Броека.

1.2. Загальні відомості про генераторний газ та історичні аспекти розвитку технології газифікації

Газифікація – це процес термічного перетворення біопалива при температурі від 800 до 1500 °С в присутності повітря або кисню з отриманням в результаті синтез-газу або генераторного газу з теплотою згоряння від 10 до 16,7 МДж/м³. Застосування технологій газифікації твердого палива, як складової біомаси, дозволяє використовувати його для роботи будь-яких типів двигунів внутрішнього згоряння.. Джерелом кисню, необхідного для процесу газоутворення, може виступати повітря, пара або газу, що містять кисень.

Газогенератори – це пристрої (рис. 10.1), призначені для отримання горючого генераторного газу з вуглецевих палив під дією високих температур та за наявності окислювача.

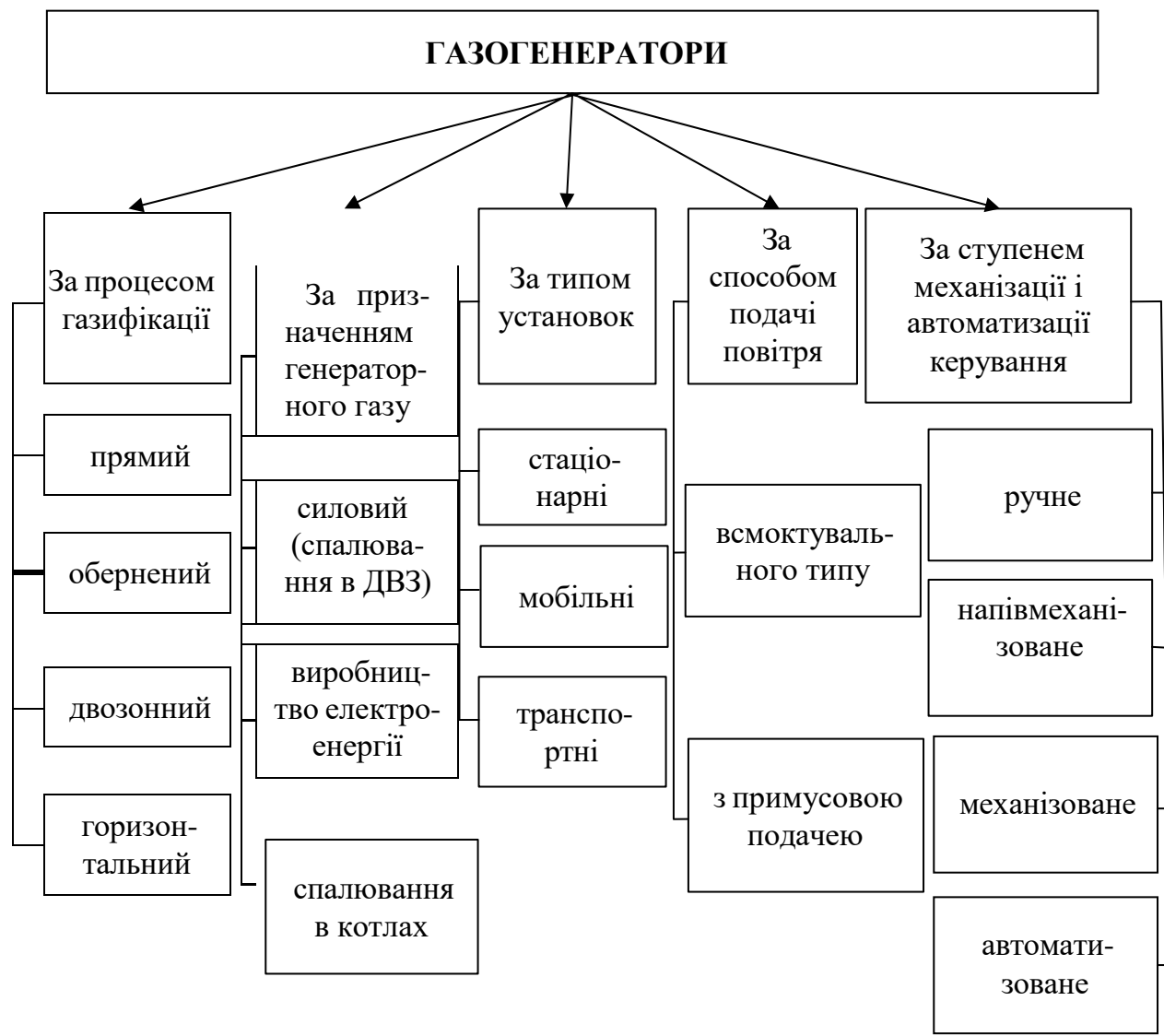


Рис. 10.1. Загальний вигляд газогенератора

Генераторний газ – газова суміш, яка містить оксид вуглецю (II) CO_2 , молекулярний водень H_2 і незначну кількість метану CH_4 . Отримують генераторний газ в газогенераторах шляхом пропускання повітря через шар твердого палива під дією високих температур. Оксид вуглецю змішується з водяною парою, чим забезпечується воднева складова генераторного газу: $CO+H_2O=CO_2+H_2$.

Генераторний газ може бути використаний для спалювання в топках піролізних та парових котлів, в установках для опалювання чи освітлення будівель, для зварювання металів, для спалювання у виробничих печах (наприклад, в металургійній, цементній, керамічній промисловості, під час виробництва скла), використовується в якості сировини в хімічній промисловості та для спалювання в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння. У техніці, залежно від використаного типу дуття, існують наступні генераторні гази: повітряний, водяний, змішаний і парокисневий. Повітряним називається газ, отриманий при

взаємодії вуглецю з сухим повітрям. Він складається з 34,7 % оксиду вуглецю і 65,3 % азоту, його теплота згоряння за нормальних умов становить 4436 кДж/м³. Водяний газ утворюється при пропусканні водяної пари через шар розпеченого палива. Склад водяного газу: CO , CO_2 і H_2 . Теплота згоряння такого газу від 10044 до 11300 кДж/м³ за нормальних умов. При одночасній подачі в газогенератор водяної пари і повітря утворюється змішаний газ наступного складу: H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , N_2 .



За характером напрямку газового потоку газогенератори поділяються на: прямого, оберненого, двостонного і горизонтального процесів газифікації (рис. 10.2). Дані процеси газифікації відрізняються способами підведення газів дугтя, відбирання генераторного газу та розташуванням відповідних реакційних зон.

Рис. 10.2. Класифікація газогенераторів

Завдяки сучасній політиці підтримки технологій одержання енергії з відходів біомаси в Європейському Союзі, Індії, Бразилії, Еквадорі та Аргентині, відновлювана енергетика, в тому числі і газогенераторна технологія, стала конкурентоспроможною і комерційно привабливою. Це ініціювало виробництво приватними компаніями газогенераторних установок транспортного типу потужністю до 100 кВт, які застосовуються в сільському, лісовому і комунальному господарствах цих країн.

Створення сучасних високоефективних газогенераторних установок є неможливим без аналізу наукових досягнень у цій галузі знань. Тільки розвиток принципово нових ідей і підходів дає шанси завоювати лідируючі позиції на світовому ринку газогенераторних технологій. Проведення подальших досліджень є необхідною умовою та запорукою успіху і нових перспектив практичного використання газогенераторів в військовій та цивільній промисловості України, сільському та лісовому господарстві.

В якості сировинної бази для виробництва генераторного газу, як правило, використовують різні види місцевих палив. Під місцевими паливами розуміють різні види горючих, які внаслідок їх низької теплотворної здатності і значного вмісту баласту – вологи та мінеральних домішок – непридатні для транспортування на значні відстані. Економічно доцільним є використання таких види палива лише в районах їх добування. Місцеві палива поділяються на дві групи: палива рослинного походження та викопні палива.

До групи місцевих палив рослинного походження належать: дрова; відходи лісосічної деревини; відходи деревообробки та переробки; лісові некондиційні матеріали (листя, хвоя, шишки, дрібні гілки, сушняк); залишки сільськогосподарських культур та ін.

Використання даних культур є важливим для сільськогосподарських

підприємств, особливо на сьогоднішній день, коли ціни на енергоресурси постійно зростають і виникає проблема забезпечення наявних на підприємстві виробництв власними енергоносіями з місцевих відновлюваних джерел енергії.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

На початку ХХ сторіччя газифікація деревини та іншої лігноцеллюлозної сировини є одним з основних методів виробництва низькокалорійного паливного газу.

Газифікація палива здійснювалася в спеціальних апаратах, які називаються конвертерами, реакторами, газогенераторами й газифікаторами. Одержуваний паливний газ часто містив значні кількості твердих часток і тому безпосередньо міг бути використаний у котельнях, випалювальних печах і в інших топках, а після охолодження, очищення й сушки – в якості палива у двигунах внутрішнього згорання.

Газифікатори можуть бути призначені для переробки різноманітних видів сировини, у тому числі продуктів лісу, сільськогосподарських відходів, водоростей, твердих міських відходів. Останні являють собою суміш відходів, що містять велику кількість отриманих з біомаси продуктів, таких, як папір, картон, деревина, текстильні й шкіряні вироби.

2.1. Типи газифікаторів

Класифікація газифікаторів звичайно проводиться відповідно до характеру вуглецевмісного матеріалу, що переробляється. До основних типів газифікаторів, призначених для періодичної й безперервної газифікації, відносяться реактори з нерухливим (стаціонарним) і з, що рухається (ущільненим) шаром сировини, із шаром, що перемішується, сировини, із псевдо розрідженим шаром сировини, із шаром, що проштовхується, сировини й з обертовим шаром сировини (рис. 2.1-2.5).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	221857.KP.25.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 18

У газифікаторі з повітряним дуттям звичайно одержують низькокалорійний газ із теплою згорання 2,98-5,59 Мдж/м³, а в газифікаторі з кисневим дуттям середньокалорійний газ із теплою згорання 7,45-13,04 Мдж/м³ (на рис.2.3 показано виключення з цього правила) У системі із двома реакторами вуглецевмісна речовина нагрівається в реакторі з повітряним дуттям за рахунок контакту з гарячим піском. Після нагрівання в першому реакторі вуглецевмісний матеріал надходить у другий реактор, де зазнає піролізу для одержання середньокалорійного газу. Газифікатори мають різну продуктивність із виходом від 0,03 до 84 400 Мдж/год тепла, що міститься в паливному газі.

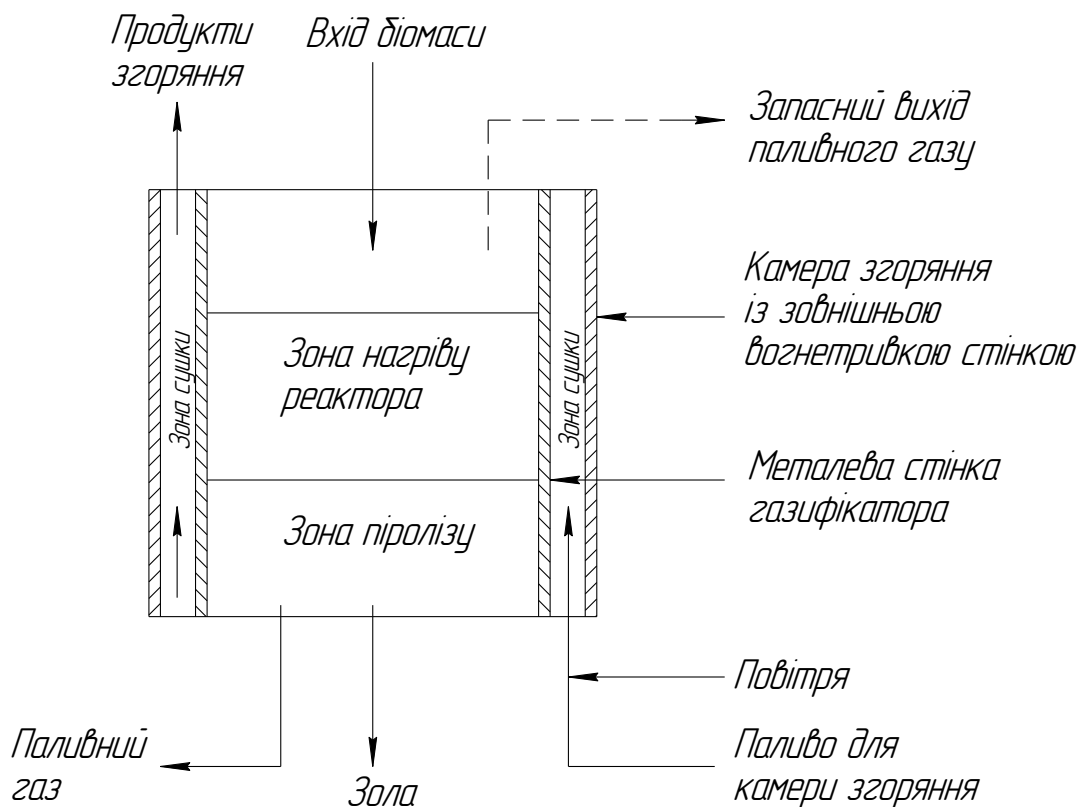


Рис. 2.1 Схема класичного процесу піролізу (поверхневий нагрів, вертикальний потік, ущільнений шар)

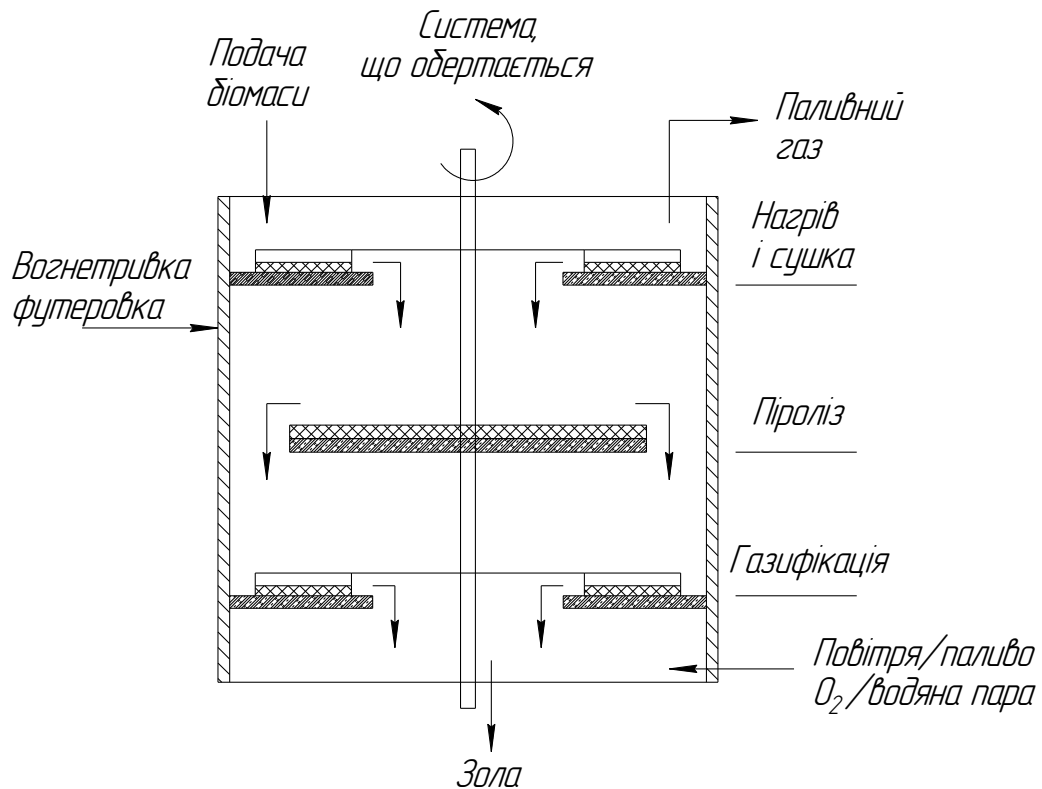
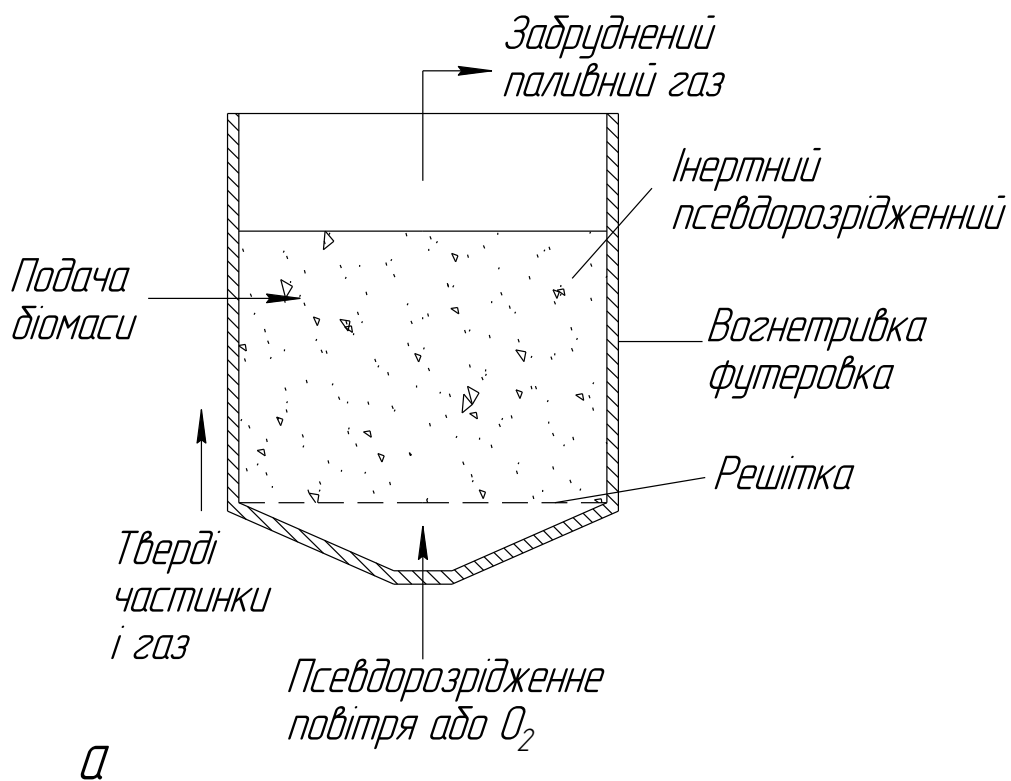


Рис. 2.2 Реактор з шаром сировини, що переміщується (внутрішній нагрів)



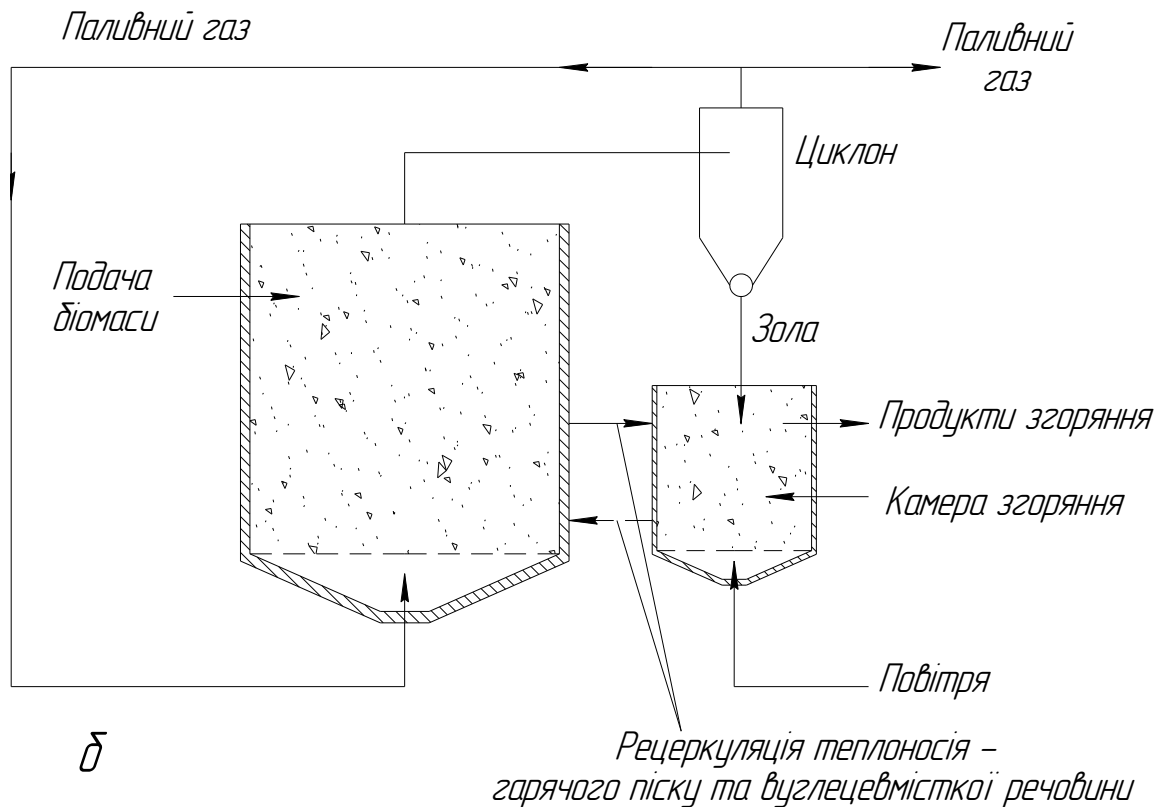


Рис. 2.3 Газифікатор з псевдорозрідженим шаром сировини з прямим (а) і непрямим (б) обігрівом.

Газифікатори можуть експлуатуватися при атмосферному або більш високому тиску. З підвищенням тиску продуктивність реактора збільшується, і тому при тисках вище атмосферного можна використовувати апарат меншого обсягу. Паливний газ, одержуваний у реакторі з підвищеним тиском, не вимагає стиску при доставці споживачеві. Однак реактори високого тиску повинні мати спеціальну конструкцію й систему подачі сировини; трубопровідні комунікації й відповідні компоненти системи повинні витримувати високий тиск газу.

У цей час більшість реакторів, призначених для газифікації твердих відходів або біомаси, експлуатується при атмосферному тиску.

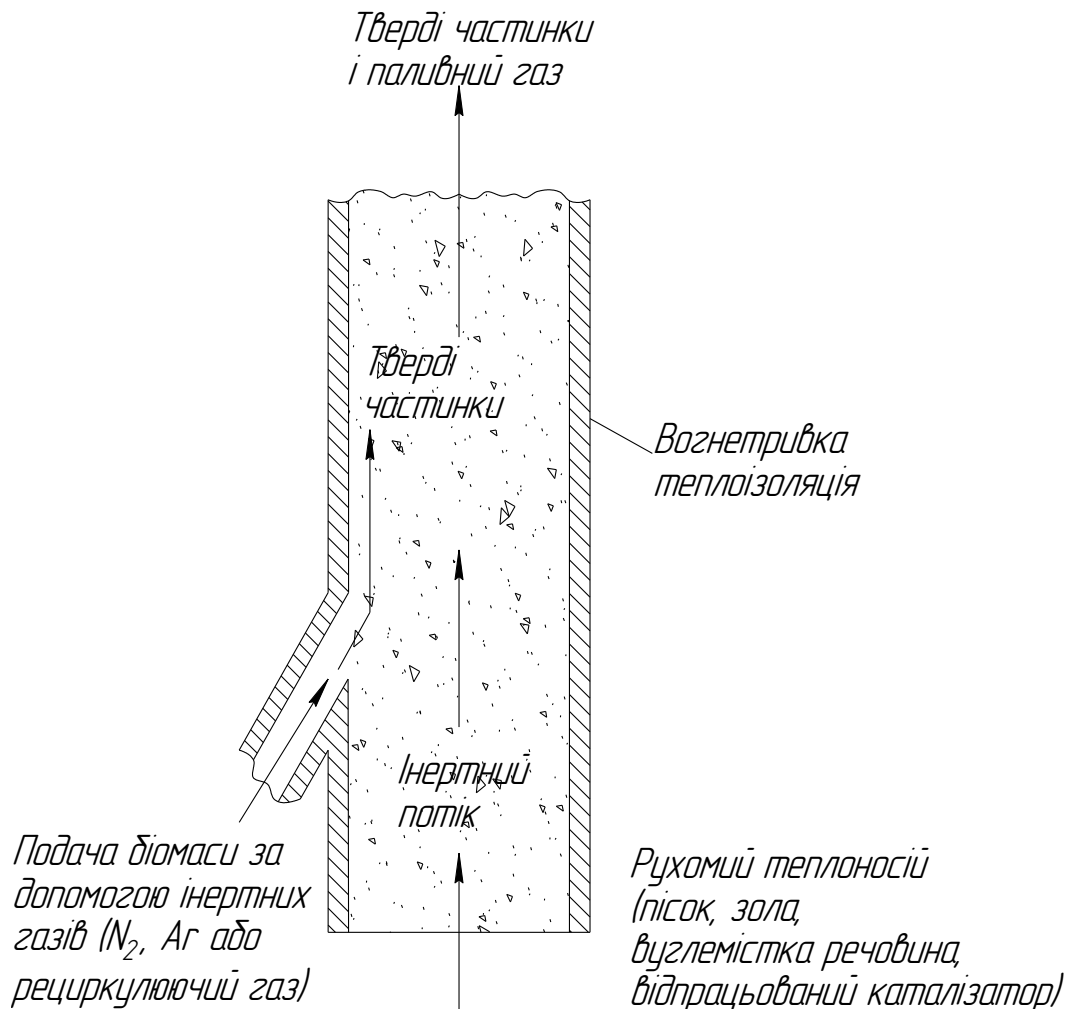


Рис. 2.4 Реактор з шаром сировини, що проштовхується

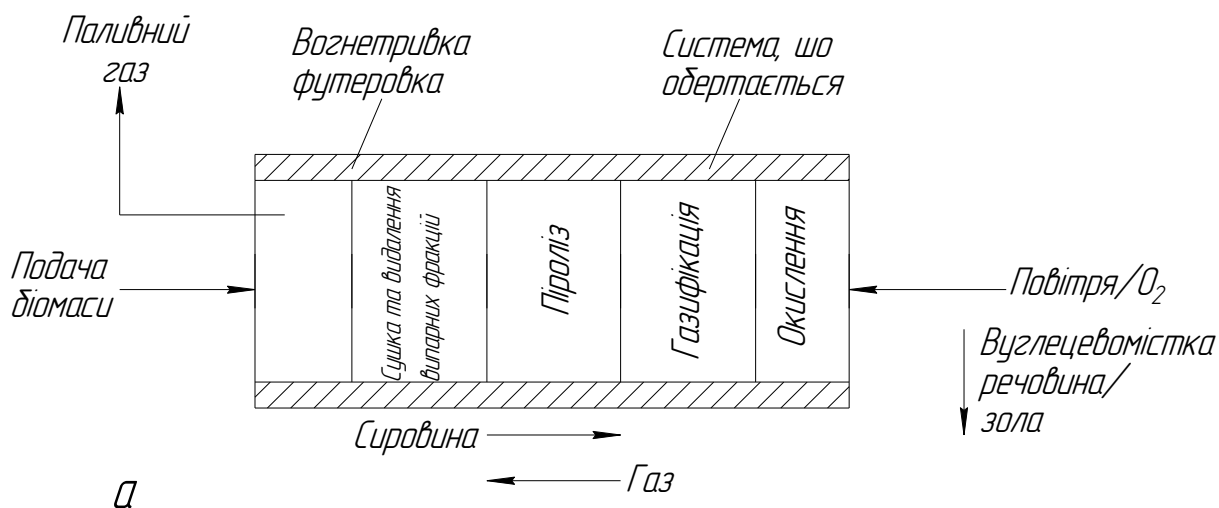
2.1.1. Газифікатор з нерухливим шаром сировини

Такий газифікатор звичайно являє собою пекти у вигляді вертикальної шахти подібно вагранці або доменній печі. Сировина в газифікатора подається зверху або збоку на певній висоті. Усередині газифікатора сировина розміщається на нерухомо закріпленій ґратах або на піщаному дні. У газифікатора з нерухливим шаром сировини повітря може надходити знизу (висхідний потік), зверху (спадний потік) або збоку (поперечний потік) (рис. 2.6-2.8).

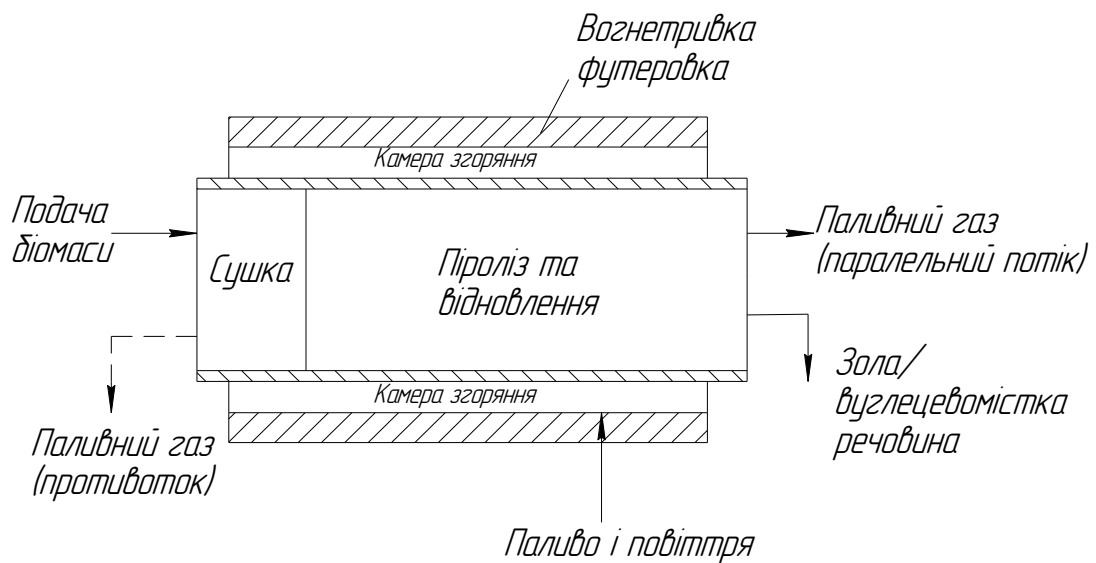
У газифікаторові з висхідним потоком сировина проходить зверху вниз, а повітря нагнітається знизу нагору через колосникові ґрати. Зона окиснення в газифікаторах такого типу перебуває на дні, і газифікація відбувається в потоці газу при його проходженні через шар сировини.

У газифікаторах зі спадним потоком повітря нагнітається через сопло або трохи сопів, рівномірно розміщених навколо фурми. З фурми повітря надходить у низ печі.

У газифікаторах з поперечним потоком повітря подається через горизонтальне сопло. паливний газ, Що утворюється, випускається через вертикальні ґрати, розташовану на протилежній стороні стосовно сопла. Сировина в газифікаторові такого типу подається зверху або збоку.



а



б

Рис. 2.5 Газифікатор з шаром сировини, що обертається з прямим (а) і непрямим (б) обігрівом.

У зв'язку з тим що реакційні гази в газифікаторах з висхідним потоком рухаються в протитечії із сировиною й виходять із нього, маючи відносно низьку температуру, одержуваний паливний газ звичайно відрізняється високим змістом пар смоли.

Газ, що утворюється в газифікаторах зі спадним потоком, чистіше газу, одержуваного в газифікаторах з висхідним і поперечним потоком: він містить відносно менша кількість пар смоли. Смола й інші пари проходять через високотемпературну зону останніми, при цьому пари смоли зазнають термічному крекінгу. У міру проходження газів через твердий шар вуглецевмісткої речовини відбувається їхнє очищення від летучої золи й бруду. Реакції, що мають місце в газифікаторові з поперечним потоком, аналогічні реакціям, що відбуваються в установці зі спадним потоком.

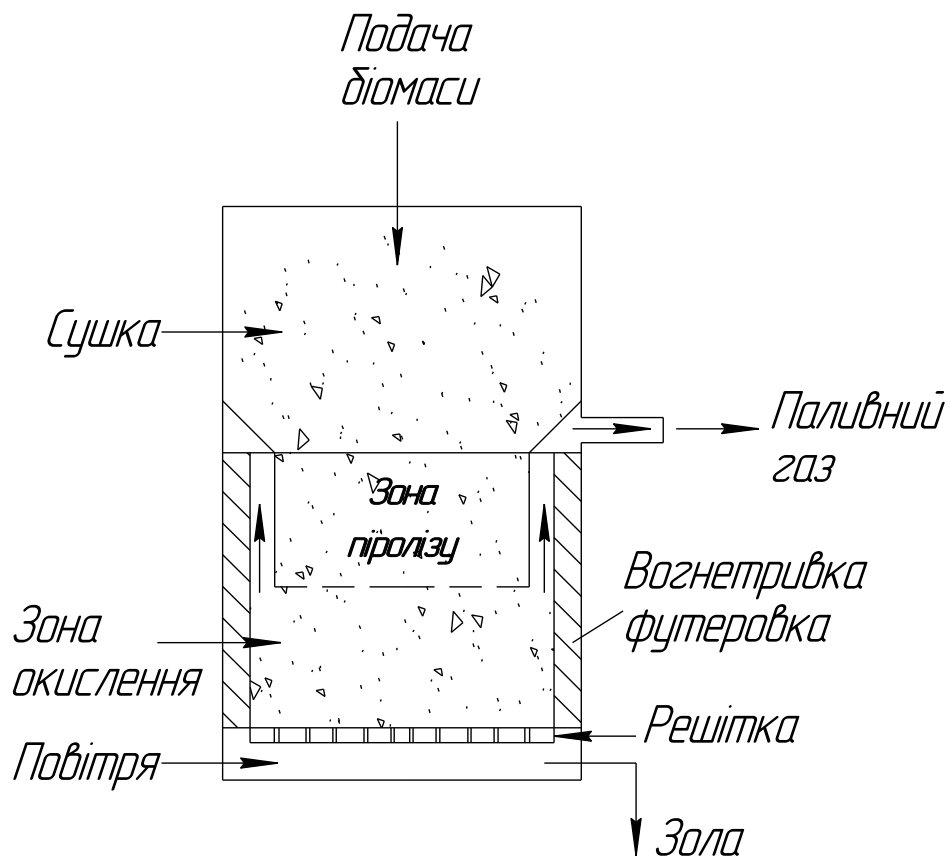


Рис. 2.6 Газифікатор з вихідним потоком повітря (з нерухомим шаром сировини)

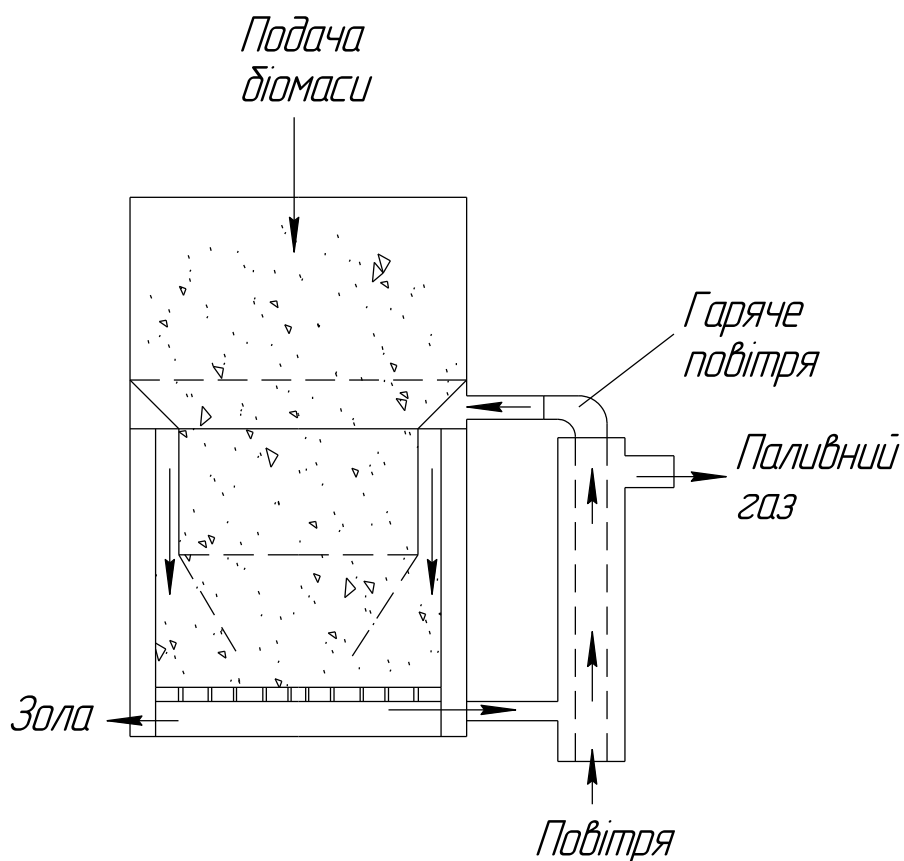


Рис. 2.7 Газифікатор із спадним потоком повітря (з нерухомим потоком сировини)

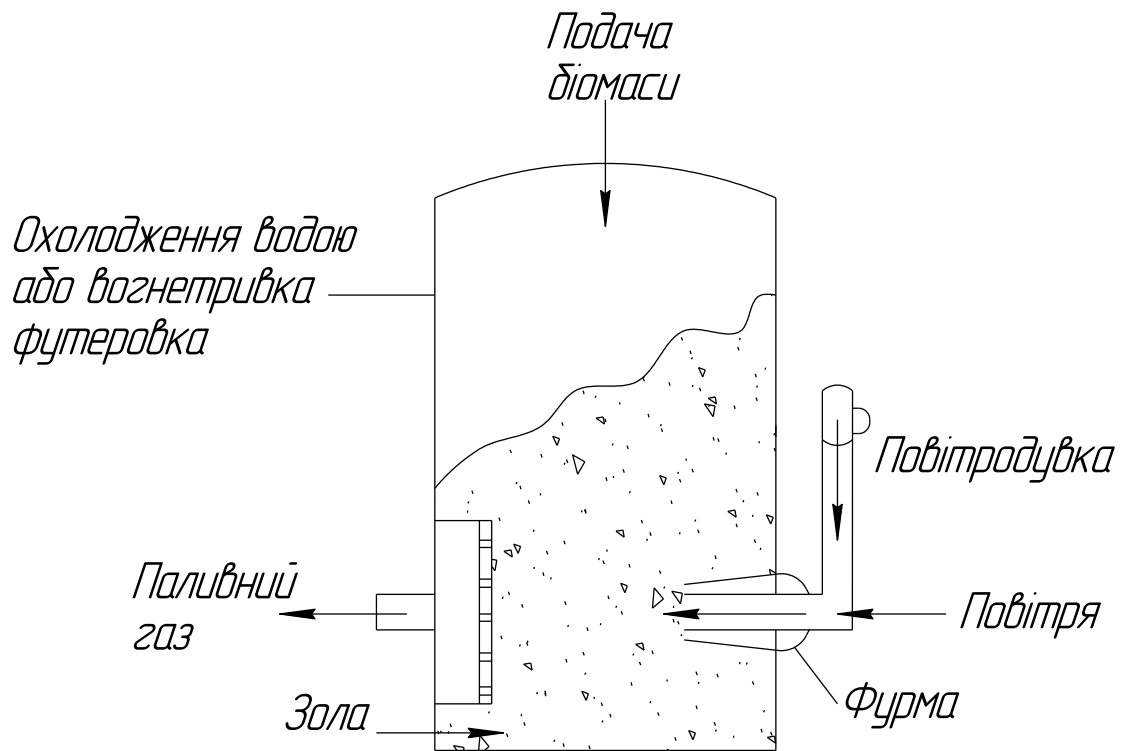


Рис. 2.8 Газифікатор з перехресною тягою (з нерухомим шаром)

Реактор з нерухливим шаром сировини має чітко виражений обсяг реакційної зони, глибина якої залежить від хімічного складу сировини, розмірів часток, змісту вологи, температури й масової витрати повітря, що подавати в реактор. Реактори даного типу мають високий к. п. буд. перетворення лігноцелюлозних матеріалів у паливний газ. Завдяки ущільненому шару газу, що відходять, містять щодо менше забруднюючих часток у порівнянні з газами реакторів з обертвовим або псевдорозрідженим шаром. Реактор певного розміру з висхідним потоком повітря можна експлуатувати при різних навантаженнях, регулюючи швидкість подачі повітря в газифікатора. Одержуваний паливний газ має низьку теплоту згоряння внаслідок його розведення азотом, а також охолодження в сушильній зоні.

2.1.2. Газифікатор із псевдорозрідженим шаром сировини

Типовий реактор із псевдорозрідженим шаром сировини являє собою велику реторту з вогнетривкої футеровкою (рис. 2.3). Псевдорозрідженим агентом можуть бути пісок, вуглецева речовина або золopodobний інертний матеріал. Пісок або інший інертний матеріал розміщується на перфорованій плиті. Рівномірний розподіл псевдорозрідженого агента (піску) досягається за допомогою повітря або кисню, що надходить через перфоровану плиту знизу. Швидкість подачі повітря або кисню повинна бути такою, щоб пісок перебував у зваженому стані.

При досягненні піщаного, або інертного, шаруючи псевдорозрідженого стану весь інертний шар стає подібний рідкій ласні, що переміщується: в установленому стані кожна частка псевдорозрідженого шару буде мати однакову температуру, а при зростанні температури на якійсь ділянці псевдорозрідженого шару відбувається швидке вирівнювання температури всього шару. Тому температурний профіль у реакторі із псевдорозрідженим шаром однорідний. У такому постійному середовищі псевдорозрідженого шару одночасно відбуваються окиснення й газифікація сировини.

При введенні сировини в псевдорозріджений шар здається, що воно поринає або плаває в ньому залежно від розмірів часток і їх щільності. При цьому сировині приходить у контакт із гарячим матеріалом, завдяки чому відбувається його швидке нагрівання й піроліз. Додаткове тепло, необхідне для піролізу, забезпечується за рахунок окиснення вуглецевмісної речовини. Гази, що утворюються в результаті окисної реакції, ретельно перемішуються в псевдорозрідженому шарі, і в такий спосіб поліпшується проходження газів через гарячу поверхню сировини.

Внаслідок високого ступеня турбулентності потоку продуктивність реакторів із псевдорозрідженим шаром, як правило, залежить від його обсягу.

Звичайне відношення висоти до діаметра в реакторах із псевдорозрідженим шаром становить 10:1, для інших типів газифікаторів це відношення коливається в межах 3:1.

Основні вимоги, пропоновані до газифікації в псевдорозрідженому шарі – достатнє диспергування сировини, що сприяє швидкому нагріванню в реакційній зоні твердих часток сировини до температури окиснення, і забезпечення підведення тепла, необхідного для піролізу.

В ідеальному випадку температура шару повинна бути такою, щоб виключити шлакоутворення зольної частини сировини й разом з тим забезпечити достатнє окиснення органічної частини сировини, тобто нижче 1150°C, але вище 850°C. У нормальних умовах температура газів, що виходять із реактора, приблизно така ж, як і температура псевдорозрідженого шару.

Однією з важливих особливостей реактора із псевдорозрідженим шаром є можливість його використання для переробки сировини із широкими межами фізичних властивостей: при використанні сировини з більшим змістом золи й вологи не виникає яких-небудь особливих проблем і, як правило, не потрібно додаткового встаткування. У той же час якщо така сировина піддати попередній обробці, що полягає в його здрібнюванні й обмеженому сушінню, те це, безумовно, підвищить експлуатаційну ефективність реактора - збільшиться його продуктивність і якість одержуваного паливного газу.

При переробці сировини без попередньої обробки можливі більші втрати вуглецю з вуглецевою речовиною в процесі видалення зольного залишку. У деяких випадках для окиснення непрореагувавшего вуглецю може знадобитися друга камера згоряння. Таким чином, незважаючи на те що в реакторах із псевдорозрідженим шаром забезпечується гарний контакт вуглецю й кисню, для підвищення їх ефективності може виникнути необхідність у попередній обробці сировини або в додатковій газифікації

залишку. Тому широке впровадження реакторів із псевдорозрідженим шаром обмежується низкою експлуатаційною ефективністю й високими капітальними витратами. Крім того, для виключення великого перепаду тиску у псевдорозрідженому шарі й у системі розподілу повітря потрібні потужні повітродувки: при переробці сухої сировини або сировини з високою енергоємністю для регулювання температури окиснення процесу на такому рівні, щоб виключити шлакоутворення залишку, буде потрібно великий надлишок повітря. Для забезпечення щодо помірних швидкостей (0,0003-0,006 м/с) проходження повітря через псевдорозріджений шар реактор повинен мати більшу кисневу камеру.

2.1.3. Газифікатор із шаром сировини, що проштовхується.

Такий газифікатор іноді називають реактором з, що рухається шаром (рис. 2.4). У якості теплового середовища використовується відпрацьований каталізатор нафтопереробної установки каталітичного крекінгу й вуглецева речовина. У проекті східчастої установки піролізу передбачається використовувати в якості додаткового транспортного середовища одержуване вуглецева речовина.

Реактори із шаром, що проштовхується, характеризуються високим коефіцієнтом масообміну. Транспортне середовище в цих реакторах служить ефективним джерелом тепла. Сировина перед подачею в реактор зазнає спеціальній обробці. Для забезпечення максимального виходу паливної рідини температура транспортного середовища звичайно підтримується в межах 482-593°C.

Реактори даного типу можуть бути використані для переробки різноманітної біомаси, оскільки в них забезпечується гарний контакт твердих компонентів сировини з газами. Такі реактори відрізняються високою продуктивністю на одиниці об'єму, а вихідні гази містять невелика кількість некрекованих вуглеводів.

2.2. Паливо для газифікаторів

Належним чином спроектований газифікатор може бути використаний для виробництва паливного газу з будь-яких твердих органічних відходів або біомаси. Низькокалорійний газ може бути отриманий шляхом газифікації різних видів біомаси:

- органічних компонентів твердих міських відходів, у тому числі паперу, тканин, гуми, трави, обрізків дерев, деревини й харчових відходів;
- лісових відходів, у тому числі деревних відходів, кори, обрізків дерев, ошукрок і деревного вугілля;
- сільськогосподарських відходів, у тому числі стрижнів кукурудзи, лляних відходів, рисової лушпайки, стебел рису, відходів цукрового очерету, лушпайки кава, шкарлупи горіхів (звичайних і кокосових).

При цьому бажане, щоб біомаса, призначена для переробки в газифікаторі, мала наступні характеристики:

- середній зміст вологи – менш 50%;
- середня теплота згоряння – не менше 9,8 МДж/кг;
- середні розміри часток сировини – 1,27-7,62 см;
- температура плавлення золи – не менше 1149°C;
- низький вміст золи (6-10%);
- легка займистість;
- однорідний хімічний склад.
- здатність утворювати структурно міцну вуглецеву речовину;
- можливість щодо простого збору, зберігання й переміщення;
- економічно виправдані транспортні витрати;
- доступність у кількості, необхідному для належного задоволення потреби установки по газифікації.

При використанні газифікаторів будь-якого типу необхідна попередня обробка сировини. Зокрема, деякі види сільськогосподарської сировини й лісової продукції також повинні бути піддані попередній обробці.

Попередня обробка твердих міських відходів включає зменшення розмірів сировини (одне- або двостадійне подрібнювання); видалення металів (чорних за допомогою магнітних сепараторів, кольорових за допомогою вихрових струмів або іншим способом); видалення скла шляхом повітряної сепарації, просівання в барабанному гуркоті, просівання.

Попередня обробка продуктів лісу включає дроблення відходів лісопиляння, здрібнювання, сушіння й/або ущільнення в брикети або в бруски.

Попередня обробка сільськогосподарських продуктів і залишків включає здрібнювання, сушіння й ущільнення.

Слід помітити, що в результаті попередньої обробки сировини стає можливим рівномірний розподіл сировини в газифікаторові; виключається поява незапливаючих канавок у потоці сировини; зменшується ймовірність зависання сировини усередині газифікатора; для завантаження газифікатора може бути використаний механічний по давач сировини; верхнє герметизуюче обладнання газифікатора може експлуатуватися безаварійно; забезпечується однорідна якість газу; можливо добитися стійкого виходу шлаків, золи й вуглецевої речовини й полегшує зберігання й виконання операцій по переміщенню.

Однак у випадку попередньої обробки сировини можуть знадобитися додаткові засоби на придбання встаткування для такої обробки сировини й на технічне обслуговування цього встаткування. Крім того, тривалий вихід з ладу встаткування для попередньої обробки сировини може привести до необхідності зупинки всієї системи газифікації.

2.3. Теплові явища, що супроводжують реакції в газифікаторі

У газифікаторові відбувається термохімічне перетворення біомаси. Якість паливного газу визначається рівновагою, яка досягається під час реакцій. Візуальні спостереження за реакціями, що відбуваються в газифікаторові, дозволяють зрозуміти їхній характер.

Допустимо, що газифікатор являє собою вертикальну шахтну піч, наповнену біомасою у вигляді деревної тріски. Верх газифікатора закритий таким чином, що повітря в нього не проникає. Унизу газифікатора на ґратчастому дні розміщена деревна тріска. У газифікаторові є система подачі повітря або водяної пари. Деревина підпалюється від джерела полум'я. Після запалення тріски в газифікаторові утворюються чотири реакційні зони (рис. 2.9). Ближче до підлоги газифікатора перебуває зона окиснення, а за нею ідуть зони відновлення, піролізу й сушіння.

У процесі газифікації можуть відбуватися наступні реакції (рис. 2.9):

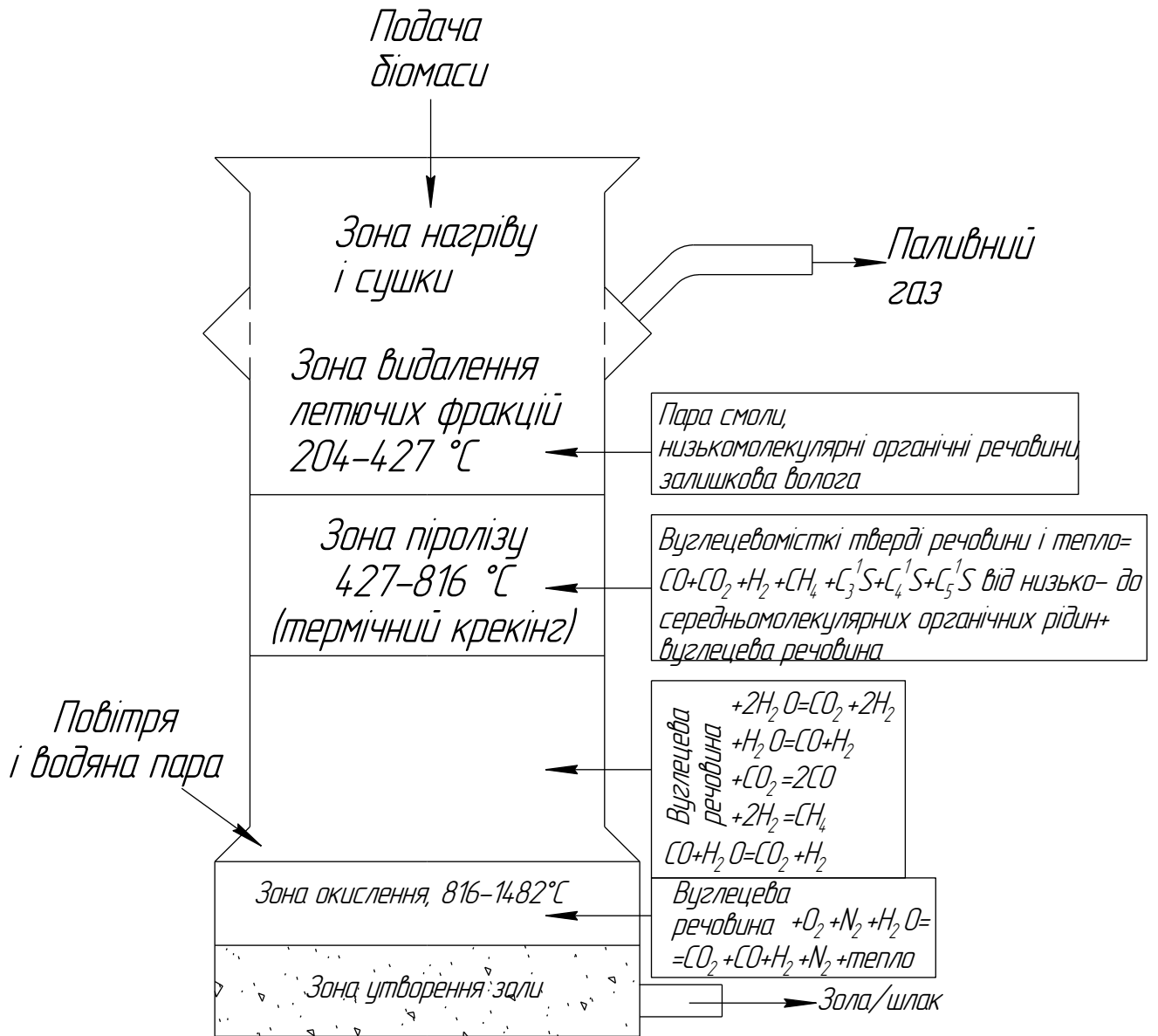


Рис. 2.9 Типові реакції в зонах реактора (з рухомих ущільненим шаром сировини)

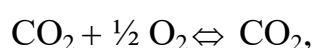
Умови рівноваги в зоні залежать від температури й тиску. Ступінь наближення до рівноваги залежить від взаємодії твердих і газоподібних речовин і часу перебування сировини в реакційній зоні. Наприклад, реакція (6) є екзотермічною реакцією водню з вуглецевмісною речовиною. Кількість, що утворюється CH₄ залежить від температури й тиску, при яких відбувається реакція; високий тиск і низький температура сприяють утвору CH₄.

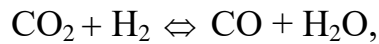
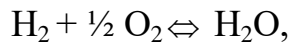
У зоні окиснення вуглецевмісна речовина окислюється киснем повітря, утворюючи CO₂. Ця екзотермічна реакція має істотне значення для забезпечення тепла, необхідного для завершення реакцій у зонах відновлення, піролізу й сушіння. Оскільки якась частина вуглецевмісної сировини використовується для згорання, к. п. буд. газифікації, розрахований без обліку фізичного тепла паливного газу, рідко перевищує 70%. Однак тепловий к. п. д. газифікації, у процесі якої виходять піропаливо й вуглецева речовина, як правило, більше 70%.

Реакція окиснення $C + O_2 = CO_2$ протікає дуже швидко й строго обмежена масопереносом. Добре спроектований газифікатор має досить вузьку й глибоку (7,6-12,7 см) зону горіння. У деяких випадках до повітря додається водяна пара й одержують водяний газ: $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$. При конденсації водяних пар ця реакція є якоюсь мірою екзотермічної, а якщо ні, то пар не конденсується. Ми маємо справу з ендотермічною реакцією. Протікання реакції $H_2O \rightarrow H_2 + (1/2) O_2$ залежить від температури.

У зв'язку з тим що кількість повітря, що нагнітається в зону окиснення, менше, чим потрібно для протікання відповідної реакції згорання, що утворюються в газифікаторові продукти, містять невелика кількість кисню або не містять його взагалі. У результаті в зоні створюється безкисневе середовище, тобто умови, сприятливі для протікання піролізу. У процесі піролізу сировина, що містить вуглець, термічно розкладає в безкисневім середовищі з утвором паливного газу, який може мати низьку або середню теплоту згорання.

Тепло до сировини звичайно подається безпосередньо (рис. 2.1). Однак останнім часом переробка твердих відходів іноді ведеться за технологією, що передбачає згорання сировини при обмеженій кількості повітря (кисню). Склад одержуваного паливного газу залежить від ступеня рівноваги реакцій, що протікають. Звичайно всі реакції горіння оборотні:





і ця оборотність із підвищенням температури зростає; рівновага будь-якої реакції горіння може бути зрушена шляхом зміни температури або тиску.

Концентрація реагуючих газів може бути виражена через парціальний тиск кожного газу. Для трьох наведених реакцій константа рівноваги відповідно рівна

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(\text{H}_2\text{O})}{(\text{H}_2) \cdot (\text{O}_2)^{1/2}},$$

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(\text{CO}_2)}{(\text{CO}) \cdot (\text{O}_2)^{1/2}},$$

$$K_{\text{водний_газ}} = \frac{(\text{H}_2\text{O}) \cdot (\text{CO})}{(\text{H}_2) \cdot (\text{CO}_2)}$$

Константи рівноваги можуть бути використані для з'ясування ролі температури, тиску, вологості сировини, відносини пального до окиснювача, а також для прогнозування ступеня дисоціації газів у реакції й оцінки досягнутого рівноваги.

2.4. Особливості роботи газифікатора

Конструкція газифікатора залежить від призначення паливного газу й типу сировини (біомаси). Так, якщо паливний газ використовується для генерування водяної пари в котельні або для сушіння запасів біомаси (твердих міських відходів або деревної тріски), то газифікатор може представляти спарену, замкнену вертикальну установку.

Газ, одержуваний з газифікатора із псевдорозрідженим шаром, можна використовувати для котелень. Однак якщо цей же газ призначає для сушіння біомаси, то його треба розбавити повітрям, щоб виключити запалення біомаси. Якщо паливний газ буде використовуватися у двигунах із

запаленням від стиску, то необхідно подбати, щоб він не містив пар смоли й летучої золи. Газифікатори, що працюють на деревному куті, відрізняються від газифікаторів, сировиною для яких служать деревина, тверді міські відходи або сільськогосподарські відходи. При газифікації деревини з метою одержання піропалива й вуглецевої речовини або газу для наступної його метанізації потрібні установки для очищення й охолодження одержуваного палива, а також для видалення рідин, що конденсуються.

У випадку системи газифікації з нерухливим шаром сировини важливе значення мають наступні фактори:

- устаткування для підготовки палива (обладнання для здрібнювання, сушіння й подачі сировини);

- установка для охолодження, обладнання для переміщення золи й вуглецевої речовини;

- наявність вогнетривкої стінки або стінки, охолоджуваною водою. (У першому випадку виникають труднощі, пов'язані з технічним обслуговуванням газифікатора; у другому випадку спостерігаються значні втрати тепла. Для переробки твердих відходів без їхньої попередньої підготовки переважніше газифікатор зі стінкою, охолоджуваною водою, оскільки зношування або псування вогнетривкої стінки газифікатора може привести до зависання подаваного сировини.);

- шлакоутворення й температура плавлення золи;

- устаткування для відводу газів;

- обладнання для нагнітання кисню, водяної пари або повітря;

- відношення діаметра газифікатора до висоти (при занадто великому діаметрі виникають проблеми, пов'язані з розподілом потоку сировини, а при занадто великій висоті виникають проблеми, пов'язані з якістю паливного газу);

- обладнання для очищення й охолодження газу;

- загальні заходи щодо запобігання забруднення навколишнього середовища й забезпеченню безпеки;
- забезпечення біомасовою сировиною.

Нижче перераховані найбільш важливі характеристики газифікаторів із шаром, що переміщається, сировини:

- компактність і невелика вага;
- відносна простота технічного обслуговування й заміни деталей, монтажу й демонтажу;
- стійкість проти пожеж, запобігання токсичного отруєння навколишнього середовища й запалення від гарячої поверхні;
- надійність обладнань для охолодження й очищення газів;
- наявність обладнань для приймання й видалення золи;
- наявність відповідних конструктивних матеріалів, здатних витримувати механічні вібрації й напруги, викликувані працюючим устаткуванням.

При проектуванні газифікаторів необхідно враховувати вплив змінних параметрів процесу на характеристики реактора. Змінні параметри процесу газифікації включають тип окиснювача (повітря або кисень), вид і склад біомаси, величину тиску й температури, при яких повинен експлуатуватися газифікатор. Крім того, для деяких типів біомаси важливе значення має час перебування сировини в реакційній зоні.

Щоб процес газифікації біомаси одержав широке промислове впровадження, потрібне продовження робіт в області вдосконалення встаткування, застосовуваного в процесі її переробки. Поки ще повністю не вирішена проблема введення сировини в газифікатора з підвищеним тиском, так само як дотепер не встановлена економічна ефективність експлуатації установки із застосуванням брикетів.

2.5. Характеристика паливного газу

Паливний газ, одержуваний у процесі газифікації, багатий монооксидом вуглецю, воднем і вуглецеводними газами. При спалюванні низько- і середньокалорійних газів важливе значення мають відношення повітря до палива, температура, довжина й стабільність полум'я, легкість запалення газу й межі його займистості.

Низькокалорійний газ містить 1/6 частина енергії, що втримується в такому ж обсязі природного газу. Однак для спалювання низькокалорійного газу розмір пальника слід збільшити всього на 31%, при цьому обсяг продуктів згоряння зростає всього на 19% у порівнянні з обсягом продуктів згоряння природного газу. У належним чином сконструйованому пальнику низькокалорійний газ може горіти стабільним полум'ям, хоча температура полум'я низькокалорійного газу 1760°C, у той час як температура полум'я природного газу 1960°C, що обумовлене високим розведенням паливного газу азотом. Довжина полум'я звичайно збільшується з підвищенням теплоти згоряння газу (деякі фахівці з такою виставою не згодні). Низькокалорійний газ має більш широкі межі запалення, і тому запалення такого газу не викликає проблем. Для запобігання конденсації піропалива й смоли система паливних трубопроводів повинна бути покрита теплоізоляцією.

Внаслідок більш високого змісту водню в низькокалорійному газі при його горінні утворюється щодо більше пар води, що приводить до деяких втрат тепла. Втрати тепла із продуктами згоряння будуть вище внаслідок більшого їхнього обсягу, що викличе також підвищений перепад тиску в котельні. Низька температура полум'я при спалюванні низькокалорійного газу приведе до збільшення конвективної теплопередачі й зниженню кількості поглиненого тепла в обсязі самої печі.

Температура полум'я середньокалорійного газу приблизно на 38°C нижче, чим у природного газу, і проте при спалюванні такого газу повітря

споживається всього лише на 5% більше. Отже, обсяг продуктів згоряння середньокалорійного газу приблизно дорівнює обсягу продуктів згоряння природного газу.

Переустаткування котелень, що працюють на здрібненому куті, для експлуатації на низькокалорійному газі пов'язане з незначною реконструкцією, у той час як переклад котелень, що працюють на природному газі, на низькокалорійний газ зажадає значної модифікації. Пересувні котельні, оснащені пальниками, що працюють на рідкім і газоподібним паливі, мають дуже маленькі камери Згоряння, щоб можна було їх пристосувати для роботи на низькокалорійному газі. У цьому випадку прийде реконструювати котельні приблизно на 50%, і економічно робота чи навряд буде виправдана. При модифікації котельні, що працює на куті, нафтовім рідкім паливі й природному газі, для спалювання низькокалорійного газу будуть потрібні:

- повітрорудки більших розмірів з нагнітальним потоком;
- модернізація конвективної секції котельні для пристосування її до збільшеного обсягу продуктів згоряння;
- модернізація пальників і повітряної камери для того, щоб можна було встановити пальника більшого розміру;
- установка паливопроводів з більшою пропускною здатністю, регуляторів згоряння й обладнань для захисту від полум'я;
- зміцнення комунікацій і пов'язаного з ними допоміжного устаткування для подачі більшого обсягу повітря й відводу гарячих газів, що відходять.

Низькокалорійний газ давно вже застосовується в шахтних печах з дуттям у металургійній промисловості, причому теплота його згоряння коливається в межах 2,6-3,35 Мдж/м³. Для спалювання низькокалорійного газу звичайно використовуються пальники з газовим равликом. Дуже важливо, щоб для всіх низькокалорійних газів використовувалися спеціально

сконструйовані пальники. Важливими параметрами, які треба враховувати при конструюванні таких пальників, є склад низькокалорійного газу, температура й тиск газу, що надходить у пальники, і ступінь забруднення газу (волога, пари, смола й кислі з'єднання).

2.6. Допоміжне устаткування

Конструкція газифікатора сама по собі досить проста, однак уся система, призначена для газифікації біомаси, включає найрізноманітніше й відносно складне встаткування. При проектуванні напівпромислових, досвідчених і демонстраційних установок по газифікації біомаси виникають труднощі у зв'язку з відсутністю відповідного встаткування. У багатьох випадках відсутність такого встаткування обумовлене невідповідністю проектних даних конструкції вимогам, пропонованим до переробки неоднорідної сировини. Уживали спроби використання для газифікації біомаси повітродувок, що випускаються промисловістю, насосів, компресорів, теплообмінників, сушарок, транспортерів, контрольно-вимірювальних приладів, але досвід показав, що більш підходящим є спеціально спроектоване встаткування. До такого встаткування ставляться:

- обладнання для приймання, навантаження, розвантаження, транспортування й зберігання сировини;
- обладнання для подачі сировини;
- обладнання для подачі водяної пари;
- обладнання для скидання, розвантаження перекиданням, охолодження, зберігання й видалення золи й вуглецевої речовини;
- контрольно-вимірювальні прилади.

У тих випадках, коли газифікатор передбачається використовувати в якості джерела заміника палива, можуть знадобитися:

- системи охолодження й очищення газу;

- обладнання для постачання водою, розподілу й очищення води;
- обладнання для постачання додатковою кількістю рідкого палива, його розподілу й застосування;
- система запобігання забруднення навколишнього середовища;
- обладнання для обігу з паливною рідиною, газом і вуглецевою речовиною.

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

3.1. Класифікація твердого палива, як сировини для одержання генераторного газу.

Основні види твердого палива, що знайшли застосування в газогенераторах силового газу, що впливають: деревина, торф, бурий вугілля, антрацит, а в останнє время-полукокс і всілякі рослинні відходи.

Конструкція газогенератора й технологічна схема газогенераторної установки для одержання силового газу визначаються в основному наступними характеристиками палива: смолистістю, спікливістю, зольністю й плавкістю золи. Відповідно до цих ознак можна класифікувати види твердого палива.

Перша група. Деревина, торф і рослинні відходи є найбільш характерними представниками першої групи палива. Деревина є найбільше широко розповсюдженим газогенераторним паливо. Техніка газифікації деревини в достатній мері освоєна не тільки в стаціонарних, але й у транспортних газогенераторах. Торф може бути використане як пальне для газогенераторів у трьох різновидах: грудковий торф природного сушіння, торф'яні брикети й торф'яний кокс.

Рослинні відходи є щорічно поновлюваним паливом місцевого значення.

По теплотворності рослинні відходи близькі до дров і торфу, що визначає їх як важливий додатковий паливний ресурс і як надійну місцеву паливну базу для газомоторних установок, особливо в сільському господарстві.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Дослідна частина та узагальнення результатів		221857.KP.25.003 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 42

Друга група. Основними представниками другої групи палива є бурі вугілля, кам'яні вугілля з різним ступенем спікливості й сланці.

Основні труднощі при газифікації бурих вугінь викликаються їхньою зольністю й малою термічною стійкістю. Здрібнювання палива приводить до росту опору шаруючи й порушенню рівномірності протікання режиму газифікації. Незважаючи на деякі негативні з погляду генераторного процесу властивості, бурі вугілля варто вважати досить ефективним видом місцевого палива не тільки для стаціонарних газомоторних установок, але й для транспортних газогенераторів.

Серед різноманітних видів кам'яного вугілля найбільший інтерес для цілей одержання силового генераторного газу представляють довгопламенні й газові вугілля. Сланці хоча й ставляться до низькосортного палива, однак, завдяки особливим властивостям їхньої органічної маси, є кошовною сировиною не тільки для хімічної переробки, але й для цілей газифікації.

Третя група. До цієї групи ставляться: антрацит, кокс, напівкокс, плоскі кам'яні й бурі вугілля. Антрацит являє собою висококалорійне паливо з незначним змістом води й повною відсутністю смол у продуктах розкладання.

Кокс, подібно антрациту, являє собою висококалорійне паливо, що містить незначна кількість сірки, води й золи

Поряд з коксом, у газогенераторах застосовується також напівкокс, одержуваний при нагріванні вихідного палива до 500—550° С. На відміну від коксу, напівкокс має знижену механічну міцність, погано витримує перевантаження й далекі транспортування й повинен бути використаний головним чином на місці.

плоскі бурі вугілля як газогенераторне паливо заслуговують позитивну оцінку, незважаючи на властиву їм високу вологість і низьку термічну стійкість.

Відсутність смоли в перерахованих видах палива третьої групи створює особливо сприятливі умови для їхньої газифікації й дозволяє застосувати для цього найпростіші технологічні схеми.

Четверта група. Основними представниками четвертої групи - є деревне вугілля й торф'яний кокс.

Деревне вугілля як паливо для газогенераторів володіє рядом гарних показників: високою теплотворністю, малою зольністю, незначним змістом летучих, високої реактивною здатністю й невеликим змістом вологи при правильному зберіганні. Торф'яний кокс являє собою штучне тверде паливо, одержуване шляхом нагрівання повітряного сухого торфу без доступу повітря до високої температури. Практично для цих видів палива найпоширеніший прямий і горизонтальний процеси газифікації.

3.2. Основні характеристики твердого палива й показники газифікації

Дослідження газифікації твердого палива показують, що протікання генераторного процесу залежить від наступних характеристик: реактивної здатності палива, щільності, вмісту смолистих речовин, здатності до спікання, розміру часток, вологості, вмісту в паливі сірки й, нарешті, його зольності.

Реактивна здатність. Під реактивною здатністю твердого палива у відновлювальному процесі звичайно розуміють швидкість перетворення вуглекислоти в окис вуглецю. Для з'ясування факторів, що впливають на реактивну здатність палива, був проведений ряд досліджень, у результаті яких встановлено, що:

- найбільший вплив на реактивну здатність виявляє структура молекул вуглецю в даному паливі;
- чим ближче ця структура до деревного вугілля, тем паливо активніше, і навпаки, чому ближче структура до графіту, тем палива менш активно.

Встановлено також, що реактивна здатність залежить від виду палива, тому до палива з високою реактивною здатністю ставиться деревна рослинність, а до палива з низкою, реактивною здатністю — антрацит.

Для генераторного процесу реактивна здатність палива є досить важливим показником, що визначають інтенсивність, газифікації, час розпалу палива й ін.

Щільність. Щільність газогенераторного палива залежить від виду, палива, способу його заготовки або обробки. Чим вище щільність палива, тем вище його цінність. Це насамперед позначається на збільшенні насипної ваги палива в бункері газогенератора, що збільшує час між завантаженнями й веде до полегшення обслуговування.

Поряд із щільністю палива, має значення і його механічна міцність. При недостатній міцності дріб'язок, що утворюється, створює в шарі газифікованого палива ділянки високого опору, які приводять до порушення нормального процесу газифікації.

Зміст смолистих речовин. Цей показник твердого палива є одним з головних, що визначають схему процесу газифікації. Газифікацію палива, багатого летучими, у газогенераторах силового газу найчастіше ведуть по зверненому процесі. При цій схемі установка в цілому виходить простіше, а газ виявляється вільним від смолистих домішок, які частково згоряють а частково розкладають, проходячи через зону високих температур..

Спикливість. Властивість газогенераторного палива зберігати свою форму при проходженні по зонах газогенератора без значних змін також визначає одну з якісних сторін процесу газифікації твердого палива. Спикання палива в більші шматки утрудняє його просування по шахті, приводить до утвору в шарі газогенератора порожнеч і прогарів і порушує процес газифікації. Подрібнення шматків палива під час перебування в газогенераторі також негативно позначається на протіканні процесу газифікації, тому що приводить до різкого зростання опору шару.

Розмір часток палива. Розмір часток палива дуже впливає на протікання процесу газифікації, його інтенсивність і якість одержуваного газу.

Основні реакції генераторного процесу є гетерогенними, тобто відбуваються в площині зіткнення двох фаз — твердої й газоподібної. На відміну від газових гомогенних реакцій, що йдуть у повному обсязі, газифікація твердого палива може відбуватися тільки в місці зіткнення палива з киснем повітря, тому розміри шматків газифікованого палива мають великий вплив на роботу газогенератора. Від величини шматків палива залежить питома поверхня, тобто загальна поверхня шматків, що доводяться на одиниці об'єму, зі збільшенням якої підвищується продуктивність газогенератора.

Вологість. Зміст вологи в паливі є важливою характеристикою його придатності як газогенераторного палива.

Дослідження показують, що при оберненому процесі збільшення вологості впливає на протікання реакцій в активній зоні газогенератора. Зі збільшенням вологості палива хімічний склад газу погіршується. Високий зміст вологи в паливі знижує термічний коефіцієнт корисної дії газогенератора й приводить до збільшення витрати палива.

Вологість палива визначається як відношення ваги води, що втримується в ньому, до первісної ваги палива або до його ваги в абсолютно сухому стані. Розрізняють абсолютну й відносну вологість твердого палива. Відношення ваги вологи, що втримується в паливі, до первісної ваги палива називається відотною вологістю й виражається у відсотках формулою:

$$W_{\text{відн.}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100$$

Відношення ваги вологи, що втримується в паливі, до ваги сухого палива називається абсолютною вологістю й виражається формулою:

$$W_{\text{відн.}} = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100, \text{ де}$$

G_1 - вага вологого палива;

G_2 - вага палива, яке висушене до постійної ваги при 105 °С.

Зміст сірки. Зміст сірки в генераторному газі залежить від її кількості в паливі й може змінюватись в широких межах. З відомих видів твердого палива тільки дрова, рослинні відходи й деякі сорту торфу можуть вважатися безсірковими. Сірка в паливі втримується у формі різних неорганічних і органічних сполук. Її кількість у торфі доходить до 2%, у донецьких вугіллях до 4%.

Зольність. Чим менше зміст золи й чим вище температура її рідкоплавкого стану, тем краще паливо. Золи низькі температури, що мають, плавлення, утворюють шлаки й утрудняють протікання процесу газифікації.

Індекси	C	H	O	N	S	A	W
<i>o</i>							
<i>g</i>							
<i>c</i>							
<i>p</i>							

Рис. 3.1 Характеристика твердого палива елементарного складу палива

Зольність деревини й деревного вугілля не перевищує 2—3%, а температура плавлення золи лежить у межах 1200—1400° С, тому газифікація деревини й деревного вугілля може проводитися без побоювання шлакування газогенератора. Зольність торфу коливається в широких межах, однак для стаціонарних газомоторних установок уживається торф із зольністю не вище 15—18%. Зольність торфу ставляться до середньоплавокі і легкоплавкої й часто вимагають спеціальних заходів, що обгороджують футеровку газогенератора, стінки топки й колосникові решітки від налипання шлаків.

Більшість кам'яних вугіль дає легкоплавку золу з температурою плавлення 800—1000° С; для таких видів палива застосовуються спеціальні конструкції газогенераторів і способи ведення процесу газифікації.

Елементарний склад твердого палива характеризує: органічну масу (о), горючу масу (г), суху масу (с), робоче паливо (р). Кожна з них визначається вхідними в неї елементами. Данні про ці характеристики дає схема на Рис. 3.1.

Сумарний зміст золи й вологи характеризує баласт палива. Виділення органічної маси, як суми СНО й N дає можливість визначити природу палива.

Вуглець — найбільш важлива складова частина палива; є основним джерелом його потенційного тепла. Вуглецю в паливі звичайно втримується більше, ніж водню. Якщо в паливі відношення $\frac{C}{N}$ значне, тоді такі тверді палива горять без полум'я або з коротким полум'ям (худі вугілля), і, навпаки, збільшення змісту водню приводить до виділення значних кількостей смолистих летучих речовин, здатних давати коптяще полум'я.

Водень є другим джерелом тепла палива. У паливі розрізняють зв'язаний і вільний водень. Зв'язаний водень перебуває в паливі в з'єднанні з киснем у вигляді вологи H_2O і тепла не виділяє.

Кисень органічної маси палива знижує його теплотворність на та кількість тепла, яка виділена при утворенні з'єднання кисню з воднем у самому паливі.

Азот входить до складу твердого палива у вигляді складних азотистих з'єднань, які при газифікації палива розкладають -з виділенням вільного азоту, що переходить до складу генераторного газу. Азот неактивний, внаслідок чого в складі горючої маси палива він є баластом.

Сірка, що втримується у твердому паливі, пов'язана з різними елементами у вигляді FeS , FeS_2 і $CaCO_4$

При горінні, поряд з вуглицем і воднем палива, сірка є теплостворюючим елементом (при згорянні 1 кг сірки в сірчистий газ 802 виділяється 3200 ккал тепла), однак з погляду вимог до газогенераторного палива сірка є шкідливою домішкою. Сірчистий газ і сірководень, що

входять до складу генераторного газу, сильно роз'їдають металеві частини установки.

Летюча частина палива (V). Вихід летючих речовин — досить важлива особливість палива. З виходом летючих зв'язаний ряд властивостей, які визначають спосіб газифікації палива для одержання силового газу й технологічну схему газогенераторної установки в цілому. Вихід летючих зростає від антрацитів до бурих вугіль і торфу, для якого ця величина доходить до 70%.

Теплотворність палива. Теплотворність палива звичайно визначається по формулах Д. І. Менделєєва:

$$Q_g = 81C + 300H - 26(O - S)$$

$$Q_n = 81C + 300H - 26(O - S) - 6(9H + W), \text{ де}$$

C, H, S і O – процентний вміст цих елементів у паливі.

Склад деревини. Головною частиною деревини є органічні сполуки, до складу яких, крім вуглецю, входять водень, кисень і азот.

Джерела живлення деревних порід однакові, тому, незважаючи на різноманітність деревних порід, їх органічні маси мало відрізняються друг від друга.

Смоли перебувають як у деревині, так і в корі дерева. Вихід смоли може змінюватися залежно від породи дерева й умов його виростання.

Зольність деревини коливається від 0,2 до 1,7% і також залежить від породи деревини й від умов виростання.

3.2.1. Деревина

Фізичні властивості деревини. Для газифікації деревини важливими показниками є наступні її фізичні властивості: питома вага, вологість і механічна міцність деревного вугілля.

Питома вага речовини деревини для різних порід майже постійний і ухвалюється рівним приблизно 1,56. Зі збільшенням питомої ваги росте об'ємна вага й теплотворність деревини. Ця обставина має велике значення при експлуатації транспортних газогенераторів, тому що зі збільшенням об'ємної ваги деревини збільшується тривалість роботи газогенератора на одній загрузці.

Основні показники газифікації деревини. Деревина – легко газифікуюче паливо. Незначна зольність деревини й висока температура плавлення золи дають можливість працювати із сухим золовидаленням, а висока реактивна здатність деревного вугілля, яке утворюється з деревини в процесі сухої перегонки, сприяє утворенню калорійного газу.

Стан деревного вугілля, що виходить в активній зоні при газифікації деревини, дуже впливає на плинність газогенераторного процесу. При газифікації м'яких деревних порід вугілля у відновлюючій зоні виходить недостатньо міцним.

Через більш швидке вигорання деревних вугіль м'яких порід, при роботі на тому самому газогенераторі відбір газу в деяких випадках рекомендується зменшувати на 20% у порівнянні з газифікацією твердих порід, що необхідно для попередження опускання рівня активної зони. При роботі на деревному паливі м'яких порід відбувається швидке засмічення вугільним дріб'язком очисних пристроїв установки, що скорочує час між чищеннями.

Режим газифікації залежить головним чином від розміру й вологості днів, інтенсивності процесу, висоти й форми камери.

У табл. приводиться приблизний склад газу, отриманого з деревини в стаціонарних газогенераторах силового газу.

Вихід сухого генераторного газу при газифікації деревини коливається в середньому від 2,0 до 2,5 нм^3 на 1 кг робочого палива.

Із збільшенням вологості витрата днів підвищується.

Табл. 3.2 Приблизний склад силового газу із деревини

Рід палива	Вологість	Об'ємний склад сухого генераторного газу в %						Нижча теплотвор- ність
		CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂	
Хвойні породи — довжина 710 мм	20,0	7,0	27,6	15,1	2,2		48,1	1415
Сосна 65% Ялина 30% Береза 5% } суміш	25,5	5,6	29,2	11,7	3,3	0,1	50,1	1470
Хвойні породи 5 %, береза	20,0	7,0	27,3	12,6	3,7	0,2	49,2	1480
Тріска	30,0	6,8	28,1	15,4	3,0	0,5	46,2	1510
Тріска березова	45,0	5,4	32,6	12,0	3,7	0,2	46,1	1640
Ялинка (метрівка)	47,0	10,9	20,1	11,8	2,6	0,4	54,2	1140
Сосна і ялинка — довжина 500 мм	20,0	11,7	17,8	19,1	1,9	0,0	49,5	1197
Дуб (чурка) 40 x 40 x 60 мм	31,0	12,66	17,29	9,19	3,21	0,73	56,92	1041

3.2.2. Торф

Торф займає середнє положення між деревиною й бурим вугіллям.

Зольність торфу коливається в досить широких межах і на робоче паливо становить: для верхівкових боліт 2—3%, перехідних 5—6%, низинних 6—15%.

Середній склад торфу наступний:

Вуглецю – 54—60%;

Водню – 5—6%;

Кисню – 28,5—39,5%;

Азоту – 0,5—3,0%;

Сірки – 0,1—1,5%.

Теплотворність робочої маси торфу при середній вологості 18% перебуває в межах 2700—3400 ккал/кг. Насипна вага торфу залежить від способу торфовидобутку й вологості торфу. Вага 1 м³ машинно-

формуваального торфу, выложенного в штабелі, коливається від 351 до 410 кг. Гідроторф, выложенный у штабелі, важить 300—330 кг\мР. При навантаженні зведені ваги слід зменшити, ухвалюючи коефіцієнт заповнення для машинно-формуваального торфу 0,80—0,85 і для гідроторфу 0,65—0,70.

Основні показники газифікації торфу. Для одержання силового газу можна рекомендувати машинно-формувальний торф, гідроторф, брикетований торф і торф'яний кокс при зольності на суху масу не більш 13—16%, температурі плавлення золи не нижче 1300° С и вологості робочого палива не вище 25% (підвищення вологості до 40—45% може бути допущене при організації підсушування торфу в бункері газогенератора).

При газифікації торфу, схильного до утворення більших кількостей крихти, значно збільшується опір газогенератора, порушується рівномірне живлення шару киснем, що приводить до різкого погіршення складу газу.

Особливо різко всі явища, пов'язані з більшим змістом дріб'язки в шарі, позначаються при газифікації промороженого торфу, який містить дуже багато пилу.

Наявність у торфі великої кількості летучих обумовлює його газифікацію по оберненому або двозонному процесам. Двезонний процес є особливо вигідним тоді, коли зольність торфу вище 5—6%. У цьому випадку представляється можливим видаляти золу й шлаки під час ходу газогенератора, що є важливою експлуатаційною перевагою двозонного процесу газифікації

Інтенсивність процесу газифікації торфу приймається в середньому 180—220 кг/м² – годину. Вихід сухого газу з торфу становить у середньому 3,0 чмг\кгу при його середній теплотворності 1200—1250 ккал/м³.

3.2.3. Вугілля

Газифікація вугілля для одержання силового газу представляє великий економічний інтерес через величезні запаси цього виду палива, починаючи з покладів промислового масштабу до невеликих запасів місцевого значення.

Цілком освоєним паливом для газомоторних установок слід вважати антрацит, потім кам'яні вугілля, і менш освоєними – бурі вугілля.

Антрацит. Антрацит є різновидом кам'яного вугілля в найвищій стадії обвуглювання. Зміст вуглецю в антрациті досягає 97,5%. При сухій перегонці антрацит не дає смолистих погонів, відрізняється великою твердістю й значною щільністю. Кокс антрациту порошкоподібний. Состав антрацитів майже однаковий, але фізична будова й міцність їх бувають різні. Деякі з них мають дрібнозернистий злам, інші— грубозернистий, іноді шаруватий і лускатий. Основні показники газифікації антрациту.

Невеликий зміст летучих в антрациті дозволяє газифікувати його по прямому й горизонтальному процесам (при зольності антрациту не вище 4%).

Застосування пароповітряного дуття поліпшує процес газифікації і якість одержуваного газу.

Кам'яне вугілля. У якості палива для газомоторних установок переважно застосовуються вугілля зі значним змістом летучих, яке дає газ із високою теплотворністю та неспікливий або слабо спікливий кокс. Особливо широко застосовуються довгоплавкі, газові й слабо спікливі вугілля з розмірами шматків 12—50 мм. Можна вважати цілком освоєними для газифікації донецькі й лисичанські вугілля. Інтенсивність газифікації цих вугілля коливається в межах 140—260 кг/м² – година, при теплотворності сухого газу 1300— 1500 ккал/м³ Вихід сухого газу з 1 кг вугілля цього типу становить 2,0—3,0 м³.

Табл. 3.3 Склад силового генераторного газу із кам'яного вугілля

Склад сухого газу, %	Теплотворність газу, ккал/ м ²
----------------------	---

CO_2	C_nH_m	H_2S	CO	H_2	CH_4	N_2	Q_b	Q_n
5,0	0,2	0,3	27,0	13,0	2,7	51,8	1420	1210

Буре вугілля. Внаслідок того, що буре вугілля є паливом нестійким, самозаймистим, яке містить велику кількість золи, сірки й вологи, найкраще застосовувати його поблизу місць видобутку.

Зміст вуглецю в горючій масі становить 67—78%, кисню 16—27% і водню 5,0—5,5/0. Вища теплотворність горючої маси бурого вугілля рівна 6000—7400 ккал/кг. Зольність бурих вугілів як робочого палива доходить до 20/0, вологість до 30% і вище.

Основні показники газифікації бурого вугілля. Позитивні якості бурого вугілля як палива для газифікації заключаються в порівняно високому змісті в ньому летучих і у властивостях коксу, що володіє високою реактивною здатністю.

Крупношматове буре вугілля, при високій температурі плавлення золи, може газифікуватися у звичайних газогенераторах і при значній зольності. З бурих вугілів, придатних для газифікації, слід зазначити челябінські, богословські, сулюктинские й карагандинські із зольністю до 12% і летучими не понад 40%, що не дають спікливого коксу.

Газифікація бурих вугілів із метою одержання силового газу звичайно здійснюється в газогенераторах зверненого або горизонтального процесів (у малопотужних установках), рідше — по прямому процесі з уловлюванням смол. Інтенсивність газифікації коливається в межах 160—400 кг/м² – година. Вихід сухого газу становить у середньому 2 м³/кг.

Вологість бурих вугілів може досягати 50%; при сушінні вугілля окисняється й розпадаються. Еvidу цього бурі вугілля іноді газифікують із вологістю вище 30%, з обов'язковим отсосом пар з бункера.

Табл. 3.4 Склад силового генераторного газу з бурого вугілля

Склад сухого газу, %								Теплотворність газу, ккал/ м ²
CO ₂	O ₂	C _n H _m	H ₂ S	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	
6,0	0,2	0,3	0,2	25,5	14,0	2,1	51,7	1020
5,0	0,2	0,2	0,2	28,0	14,0	2,0	50,4	1170

3.2.4. Сланці.

Сланці – високозольне паливо. Зміст золи в сланцях перебуває в межах 30—70%. Мінеральною основою горючих сланців служать вапняк, глина, кварцовий пісок або їх суміш.

Органічна маса, що просочує сланці, може складатися з найрізноманітніших з'єднань і має подібність із витритом кам'яних вугіль і органічними речовинами нафти.

Зола сланців містить усі складові частини цементу й часто являє собою в'язку речовину.

Сухий сланець має зольність 57—65% з них:

- мінеральної вуглекислоти – до 20%;
- вуглецю – 26—27%;
- водню – 3,0—3,5%;
- сірки – 1,5—2,0%.

Органічна маса сланцю має теплотворність 8900 ккал/кг.

Основні показники газифікації сланцю. У порівнянні з іншими видами палива, сланець газифікується найбільше важко. Труднощі газифікації сланцю пояснюється більшим змістом у ньому легкоплавкої золи й малим змістом нелетючого вуглецю в коксовому залишку. Виходячи зі специфічних особливостей сланцю, його газифікацію проводять у

газогенераторах із сильно розвитою швельшахтою і додатковим теплоносієм. Вихідний з газогенератора газ прохолоджується шляхом змішування в необхідній пропорції із уже охолодженим, очищеним від смоли газом, і частина його вертається при температурі близько 600° С назад у зону швелювання газогенератора.

Рослинні відходи. Рослинні відходи винятково різноманітні як по характеру будови, так і по своїх фізико-хімічних властивостях у якості палива для газифікації; властивості ці є наслідком їх ботанічних особливостей, умов виростання, клімату й ґрунту.

Усе зазначене суттєво відбивається на характері процесу горіння й газифікації цих палив і пред'являє ряд вимог до їхньої підготовки, якщо вони у своєму природньому виді не можуть бути використані досить ефективно.

Враховуючи вплив форми й розміру шматків палива на процес його газифікації, рослинні відходи можуть бути розділені на чотири класи.

Класифікація досить повно охоплює широку номенклатуру рослинних відходів, що представляють основну масу щорічно поновлюваного енергетичного палива (рис. 3.2)

Основні показники газифікації рослинних відходів. Ряд властивостей рослинних відходів, наприклад, мала насипна вага й невисока теплоплотність стеблевидних відходів, і, навпаки, висока щільність і нерухомість шару таких відходів, як лляне багаття, лузга, високий зміст летючих, низька температура плавлення золи, — усе це не дозволяє віднести рослинні відходи до групи легко газифікованих палив.

Досвід показує, що газифікацію рослинних відходів з метою одержання силового газу не можна нести звичайними в техніку газифікації методами. Роботи, проведені в цьому напрямку автором

встановлюють, що нормальна газифікація рослинних відходів різному ступеня зернистості залежить від рішення наступних завдань:

- підводу повітря в шар;
- безперервного й рівномірного живлення паливом зони газифікації;
- забезпечення умов стабільної діяльності оновлюючого шару.

Створені на основі експериментального рішення зазначених завдань досвідчені й промислові силові газогенераторні установки показують, що газифікація рослинних відходів протікає в них задовільно.

Інтенсивність процесу газифікації соломи, очерету й кізяка. може бути рекомендовано в межах 600—750 тис. ккал/м² – година, а для палива типу багаття й лузги може бути підвищено до 800— 900 тис. ккал/м² – година

У табл. 3.5 приводяться для ряду рослинних відходів склад силового генераторного газу, його вихід і теплотворність.

Табл. 3.5 Склад силового газу із рослинних відходів

Вид палива	Склад газу в %							Сума горючих, %	Вихід газу м ³ /кг	Q _n ккал/м ²
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	N ₂			
Солома	13,3	0,2	15,4	14,8	3,2	0,1	53,0	33,5	2,3	1121
Багаття льйону	14,1	0,3	15,1	19,9	6,2	0,87	43,53	41,74	2,5	1567
Сухий гній	12,8	0,4	16,1	13,2	1,8		55,49	31,31	2,1	1017
Кізяк у цеглах	13,4	0,7	15,8	10,9	1,76	0,16	57,28	28,62	2,2	934
Опад деревного листя	13,08	0,6	15,8	15,1	0,8	0,0	54,62	30,98	2,0	883
Полинь	13,3	0,4 1	16,1	14,8 4	2,4	0,1	52,85	33,35	2,4	1078

3.3. Газифікація твердого палива.

Механізм основних реакцій процесу газифікації.

Газифікація – термохімічний процес взаємодії вуглецю палива з окислювачами, що проводиться з метою отримання горючих газів (H_2 , CO , CH_4). Як окислювачі, які іноді називають газифікуючими агентами, використовують повітря, кисень (або збагачене ним повітря), водяну пару, діоксид вуглецю або суміші вказаних речовин. Залежно від співвідношення початкових реагентів, температури, тривалості реакції і інших чинників можна отримувати газові суміші самого різного складу.

Вперше промислова реалізація газифікації твердого палива була здійснена в 1835р. у Великобританії. До середини ХХ ст. цей процес отримав широкий розвиток в більшості промислових країн світу. Наприклад, в СРСР в 50-і роки працювало понад 350 газогенераторних станцій, на яких було встановлено близько 2500 газогенераторів. Ці станції виробляли щорічно 35 млрд. m^3 енергетичних і технологічних газів. Як відомо, в подальших 20 – 25 років в світовому енергетичному балансі відбувалися зміни, обумовлені зростанням видобутку і споживання нафти, попутних і природних газів. Внаслідок цього, конкурентоспроможність штучних енергетичних і технологічних газів, що отримуються з твердого палива, різко знизилася, а їх виробництво, практично скрізь, (за винятком ЮАР) було припинене.

Проте в останні роки, у зв'язку з скороченням ресурсів нафтової і газової сировини, процес газифікації твердих паливних копалин знов привернув до себе увагу, штучні гази знову починають розглядатися як одна з істотних складових теплового балансу. В даний час виявилися наступні, економічно ефективні, області застосування даного методу.

1. Газифікація сірчистого і багатозольного палива з

подальшим спалюванням отриманих газів на могутніх теплових електростанціях. У вугіллі, що щорічно видобувається в СРСР, міститься близько 10 млн. т сірки, велика частина якої при спалюванні викидається в атмосферу у вигляді токсичних оксидів сірки вуглецю. При газифікації сірчистого вугілля утворюється сірководень, який можна порівняно легко вивільнити, а потім переробити в товарну сірку або сірчану кислоту.

2. Газифікація твердого палива для великомасштабного виробництва заміників природного газу (ВПГ). Цей напрям має найбільше значення для місцевого газопостачання районів, віддалених від родовищ природного газу і нафти або від магістральних трубопроводів.

3. Газифікація твердого палива з метою отримання синтез-газу, газів-відновлювачів і водню для потреб хімічної, нафтохімічної і металургійної промисловості.

4. Газифікація різних відходів органічного походження.

5. Процес газифікації залежить від багатьох чинників, що впливають на склад отриманого газу і його теплоту згорання. У зв'язку з цим, до цих пір відсутня єдина загальноприйнята класифікація методів здійснення даного процесу, нижче приведений один з можливих варіантів класифікації.

По вигляду дуття (газифікуючого агента): повітря, легко-кисневе, пароповітряне, парокислородное, з використанням CO_2 .

По напрямку рухів потоку палива і дуття: прямого – Рис. 1.1 – (паливо рухається зверху в низ генератора, а газу дуття – від низу до верху) і оберненого процесу – Мал. 1.2 – (паливо рухається зверху вниз, а газу дуття, так само зверху вниз).

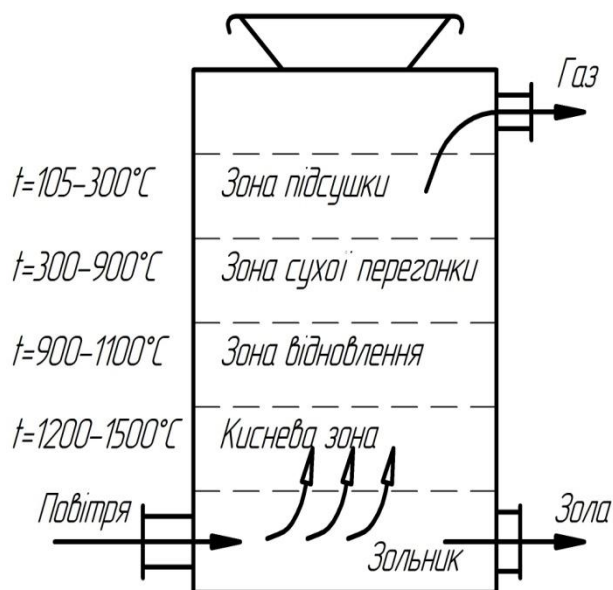


Рис.1.1 Схема газогенератора прямого процесу газогенерації.

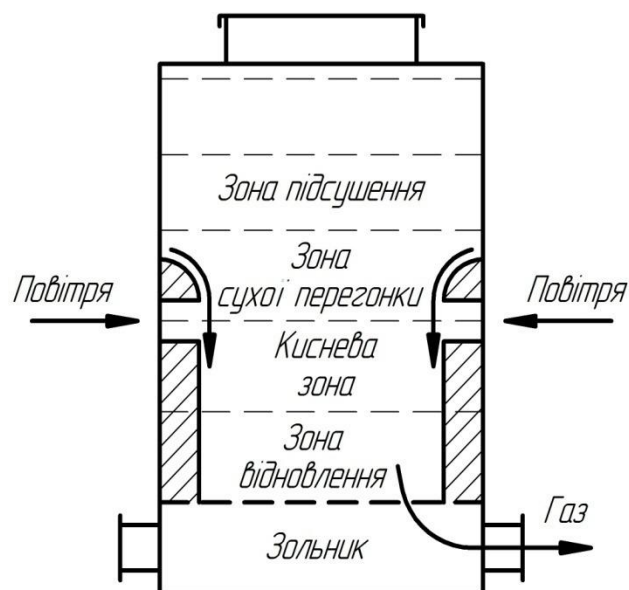


Рис.1.2 Схема газогенератора оберненого процесу газогенерації.

Причому, газогенератори оберненого процесу будувалися, в основному, для забезпечення роботи двигунів внутрішнього згорання автомобілів (130000 одиниць в СРСР), тракторів, електростанцій. Завод ім. Малишева (колишній Харківський паровозобудівний завод) випускав газогенераторні тепловози потужністю 2000 к.с, паливом яким служив антрацит шахт Донбасу. Конструктивно, газогенератори оберненого процесу, мають меншу металоємність, допускають застосування широкого спектру палива по великій (від 100 – 150мм до пилу), зольності (до 60 %) і особливо по вологості (50 – 60 %). можуть працювати як під надлишковим тиском, так і під розрідженням, мають можливість цілеспрямованого введення газів дуття і каталізаторів горіння палива, без істотних змін конструкції можуть бути переведені на випуск золи або шлаку в розплавленому вигляді, при застосуванні парового дуття не вимагають спеціальних пароутворювачів з системою водо-підготовки і так т.п.

По тиску: при атмосферному тиску, при підвищеному тиску.

За розміром частинок палива: газифікація грубозернистого (шматкового), дрібнозернистого і пилоподібного палива, водо-вугільного палива.

По застосуванню каталізатора окислення вуглецю: подача каталізатора з паливом або безпосередньо в камеру газифікації.

По конструктивних особливостях реакційної зони: у нерухомому щільному шарі палива, в псевдо-зрідженому (киплячому) шарі палива, в пиле-вугільному, водо-вугільному факелі.

За способом виведення золи: у твердому вигляді, у вигляді рідкого шлаку.

За способом підведення тепла: при частковому спалюванні палива в газогенераторі, при змішенні палива із заздалегідь нагрітим твердим, рідким або газоподібним теплоносієм (регенеративний нагрів), «CO₂ – акцептор», при підводі тепла через стінку апарату (рекуперативний нагрів).

За призначенням отриманого газу: отримання газів із заданою теплотою згорання (низькою – до 6700 кДж/м³, середньою, – від 12000 до 18000 кДж/м³ і високою – від 30000 до 35000 кДж/м³); отримання газів заданого складу.

За способом збагачення кінцевого газу метаном: беззалишкова газифікація палива в CO, CO₂ і H₂ поєднанні з окремою стадією метанування CO і CO₂ воднем; газифікація з повним виділенням летючих і максимальним утворенням метану в шарі палива; гідро-газифікація.

Газифікації можуть бути піддані, практично всі відомі види твердих, рідких і газоподібних корисних копалин. При цьому можна отримати газ заданого складу або заданої теплоти згорання, оскільки ці показники в значній мірі визначаються температурою, тиском і складом дуття.

Газ з низькою теплотою згорання утворюється при використанні повітряного або пароповітряного дуття. Відповідно до цього його називають повітряним або пароповітряним (змішаним). Він характеризується високим

вмістом баласту – азоту (до 40 – 55 %), що обумовлює низьку теплоту згорання такого газу. Основна область застосування таких газів – спалювання в топках промислових печей. Проте, після конверсії оксиду вуглецю і очищення, від CO_2 , отримують азотно-водневу суміш – початкова сировина для синтезу аміаку.

Гази з середньою теплотою згорання отримують в процесах парової або паро-кисневої газифікації твердого палива під тиском до 2 – 2,5 мПа. По складу вони є сумішами оксидів вуглецю і водню з невеликими кількостями метану і інших вуглеводнів: 30 – 35 % CO_2 ; 10 – 13 % CO ; 38 – 40 % H_2 ; 10 – 12 % CH_4 ; 0,5 – 1,5 % C_nH_{2n} . З економічних міркуваннях такі гази застосовують в обмежених масштабах. Їх використовують головним чином як хімічну сировину, а також починають застосовувати в металургії як газ-відновники.

Характеристика виробництва різних продуктів на основі газів, що отримуються при газифікації твердого палива приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Процес	Продукт	Склад вихідного газу, %	Витрата на 1 т кінцевого продукту	Затрати твердого палива на 1 т кінцевого продукту, т
1 Синтез газу	аміак	75 – H_2 , 25 – CO	2050 – H_2 + 685 – CO	1,4
2 Синтез метанола	метанол	67 – H_2 , 33 – CO	1650 – H_2 + 825 – CO	1,5
3 Оксосинтез	альдегіди, спирти	50 – H_2 , 50 – CO	600 – H_2 + 600 – CO	0,88
4 Синтез вуглецевмісних по Фішеру-Тропшу	рідкі вуглеводневі	33 – H_2 , 67 – CO	2000 – H_2 + 4000 – CO	3,85
		або		
		67 – H_2 , 33 – CO	4000 – H_2 + 2000 – CO	3,85

5 Пряме відновлення заліза	залізна губка (92% Fe)	33 – H ₂ , 67 – CO	225 – H ₂ + 450 – CO	0,45
6 Гідрокрекінг вакуумного дистиляту нафти	бензин	100 – H ₂	500 – H ₂	0,02
7 Гідрування кам'яного вугілля	рідкі вуглеводневі	100 – H ₂	2070 – H ₂	0,27
8 Гідрування бурого вугілля	рідкі вуглеводневі	100 – H ₂	1620 – H ₂	0,16

Технологія отримання вказаних газів спочатку була заснована на використанні пароповітряного дуття, причому повітря заздалегідь збагачувалося киснем до 40%. Разом з цим підвищити теплоту згорання газу можна, проводячи газифікацію при підвищеному тиску.

Інший спосіб отримання газів з середньою теплотою згорання – газифікація твердого палива із застосуванням парового дуття і заздалегідь нагрітого до 900 – 1100 °С твердого теплоносія. Як останній можна використовувати золу, що залишається після спалювання частини палива у виносній топці. Подібний варіант дозволяє отримувати газ, що складається в основному із CO і H₂ в співвідношенні, близькому до 1:1, проте цей спосіб випробуваний поки лише на невеликих дослідно-промислових установках.

Гази з високою теплотою згорання, що наближаються, по цьому показнику, до природного газу, в даний час в промислових масштабах не використовують. Проте технологія їх отримання у ряді випадків відпрацьована на достатньо крупних дослідно-промислових установках. Основа підвищення теплоти згорання газу – збагачення його метаном за рахунок проведення газифікації при підвищеному тиску, завдяки чому інтенсифікується взаємодія вуглецю і його оксидів з воднем, що утворюється в шарі палива. Продуктом цих реакцій є метан.

Розроблено також декілька варіантів багатоступінчатих газогенераторів, в яких передбачено максимальне вихід летючих продуктів з

палива і подальшу газифікацію вуглецевого залишку із застосуванням водневмісних газів як газифікуючого агента (гідро-газифікація). Разом з цим газ, збагачений метаном, може бути отриманий з низько і середьокалорійного газу шляхом гідрування оксидів вуглецю, що містяться в нім, у виносному реакторі (поза газогенератором).

Гази заданого складу призначені для безпосереднього синтезу хімічних продуктів і є сумішами водню з азотом або оксидом вуглецю (і широкому діапазоні співвідношень) або технічним воднем.

Уявлення про склад генераторного газу і про продукти, що отримуються на їх основі, дає таблиця 1.1. Основна вимога в даному випадку – необхідність забезпечити задане співвідношення цільових компонентів в отримуваному газі.

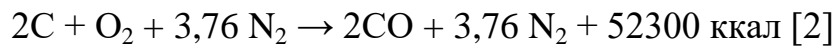
Для орієнтовної оцінки складу газу, що отримується за тих або інших умов, часто використовують поняття про «ідеальні» генераторні гази. Під ними розуміють гази, що утворюються при взаємодії чистого вуглецю і газифікуючих агентів (CO_2 і H_2O) з отриманням тільки горючих компонентів (не рахуючи азоту при використанні повітряного дуття).

Характеристиками «ідеальних» генераторних газів служать їх склад [% (о.)], вихід (м^3 на 1 кг палива), теплота згорання (кДж/м^3) і коефіцієнт корисної дії газифікації (η). Останній знаходять як відношення кількості тепла, яке можна отримати при спалюванні газу (Q_1), що утворюється, до кількості тепла, що виділяється при спалюванні витраченого палива (Q_2). У разі ендотермічного процесу знаменник повинен бути збільшений на величину теплового ефекту реакції (Q_3):

$$\eta = Q_1 / (Q_2 + Q_3) [1]$$

Існує декілька типів «ідеальних» генераторних газів.

Повітряний газ може бути отриманий при взаємодії вуглецю з киснем повітря по екзотермічній реакції, що супроводжується виділенням тепла в кількості 52300 ккал.



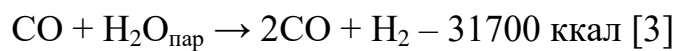
Склад повітряного газу: CO – 34,5 %; N₂ – 65,5 %.

Вихід повітряного газу з 1 кг вуглецю $V^1 = 5,41 \text{ м}^3$

Теплотворна здатність $Q=1050 \text{ ккал/ м}^3$

$\eta = 72,3 \%$

Водяний газ – продукт взаємодії вуглецю з водяною парою по реакції;



Склад водяного газу: CO – 50,0 %; H₂ – 50,0 %.

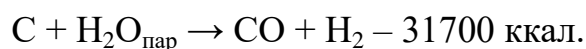
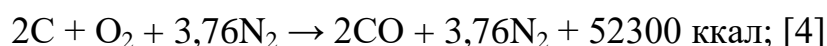
Вихід водяного газу з 1 кг вуглецю $V^1 = 3,73 \text{ м}^3$

Теплотворна здатність $Q= 2815 \text{ ккал/м}^3$

$\eta = 100,0\%$

Ця реакція ендотермічна (– 31700 ккал), тому кількість тепла, що витрачається на її проведення, повинна бути враховане при розрахунку коефіцієнта корисної дії газифікації.

Напівводяний газ отримують на пароповітряному дутті. При цьому, одночасно протікають реакції [2] і [3], причому основна умова полягає в тому, що все тепло, що виділяється по реакції [2], повинне витрачатися по реакції [3]. Для дотримання цієї умови з 2 моль вуглецю, що реагує по реакції [2], повинно взаємодіяти 1,65 моль вуглецю по реакції [3]. Рівняння процесу в цьому випадку мають вигляд:



Для дотримання рівності екзотермічного і ендотермічного теплових ефектів цих реакцій на 2 кг-моль вуглецю, вступаючого в реакцію з повітрям, повинні вступити в реакцію з водяною парою $52300/31700= 1,65$ кг-моль вуглецю. Склад напівводяного газу: CO – 40,1 %; H₂ – 18,1 %; N₂ – 41,8 %.

Вихід напівводяного газу з 1 кг вуглецю $V^1 = 4,65 \text{ м}^3$

Теплотворна здатність $Q=1685 \text{ ккал/ м}^3$

$\eta = 100,0\%$

Оксисводяний газ можна отримати на парокисневному дутті за тієї ж умови, що і напівводяний. Процес отримання оксисводяного газу відрізняється тільки тим, що замість повітря подається чистий кисень, тобто в газі відсутній баласт (азот)



Склад оксисводяного газу: CO – 68,9 %; H₂ – 31,1 %

Вихід напівводяного газу з 1 кг вуглецю $V^1 = 2,71 \text{ м}^3$

Теплотворна здатність $Q=2900 \text{ ккал/ м}^3$

$\eta = 100,0\%$

Основні характеристики і вихід ідеального генераторного газу з 1 кг вуглецю приводяться в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Генераторний газ (ідеальний)	Склад, %			Вихід газу із 1 кг вуглецю, м ³	Теплотворна здатність газу (низ.)		к.к.д., % (по тепловому ефекту)
	CO	H ₂	N ₂		ккал/м ³	кДж/м ³	
повітряний	34,5	-	65,5	5,41	1050	4396	72,3
водяний	50,0	50,0	-	3,73	2815	11786	100,0
напівводяний	40,1	18,1	41,8	4,65	1685	7055	100,0
оксисводяний	68,9	31,1	-	2,71	2900	12142	100,0

З основних характеристик «ідеальних» генераторних газів, представлених в таблиці 1.2., видно, що найбільша кількість газу утворюється при отриманні повітряного газу, проте його теплота згорання невелика унаслідок того, що майже 2/3 його об'єму доводиться на азот. В цьому випадку спостерігається також найменший к.к.д. газифікація. При отриманні генераторних газів з використанням водяної пари к.к.д. рівний 100 %, а теплота його згорання отриманого газу істотно вища, ніж у повітря. Слід зазначити, що вихід газу і його теплота згорання знаходяться в

зворотній залежності: при збільшенні одного з цих параметрів відбувається зменшення іншого.

Дані, що відносяться до «ідеальних» генераторних газів, як і результати термодинамічних розрахунків рівноважних складів, можна використовувати для оцінки результатів газифікації за різних умов.

3.4. Підбір конструкційних матеріалів

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні при конструюванні апаратів, зумовлений наступними основними факторами:

- 1) допустимістю контакту з харчовими продуктами;
- 2) економічною доцільністю застосування;
- 3) вимогами до надійності та довговічності устаткування.

При проектуванні машин і апаратів харчового машинобудування ці завдання вирішуються шляхом застосуванням конструкційних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих матеріалів, які відповідають вимогам конструкції, а також поєднанням пар конструкційних матеріалів, що забезпечують найменше зношування поверхонь тертя.

Довговічність машини визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення строку служби та надійності її роботи є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей.

Вихід деталей із ладу внаслідок зношування приводить до простою устаткування, що порушує режим виробництва.

Вибір конструкційних матеріалів для виготовлення машини заснований на застосуванні матеріалів, що забезпечують найбільшу довговічність і дешевизну з урахуванням впливу робочого середовища та економічної доцільності їх застосування.

Конструкційними називаються сталі, призначені для виготовлення деталей

машин (машинобудівні сталі). До конструкційних сталей відносяться й сталі зі спеціальними властивостями - зносостійкі, пружинні, корозостійкі, жаростійкі, жароміцні й ін.

Конструкційні сталі повинні мати високу межу плинності σ_T , що є основною характеристикою при розрахунках деталей машин і конструкцій, у сполученні з високою пластичністю (δ, ψ) опором тендітному руйнуванню низьким порогом холодоламкості (t_{50}). Довговічність роботи виробу залежить від опору утоми (σ_{-1}), зношуванню й корозії.

Конструкційна сталь повинна мати гарні технологічні властивості добре оброблятися тиском (прокатка, кування, штампування й т.д.) і різанням, не утворювати шліфувальних тріщин, володіти високою прокалюванністю й малою схильністю до обезвуглецювання, деформаціям і тріщиноутворенню при загартуванні й т.д.

Провівши порівняльний аналіз аналогічних пристроїв, з метою визначення оптимального підбору конструкційних матеріалів, які б задовольняли співвідношення „ціна/якість” (якомога нижча ціна при високих показниках якості роботи машини марки И8-МОК 55), був проведений підбір матеріалів основних деталей (Табл. 4.3.1.):

Всі матеріали використані в машині це нержавіюча сталь, а насос виконано з бронзи. Всі матеріали допущені Міністерство охорони здоров'я.

Корпус виконаний з листового метала, встановлений на раму, яка зварена з прямокутних труб.

Корпус, зубчасті колеса і кришка насоса виконані з бронзи Бр АЖ9-4 ГОСТ 18175-78. Вали насоса зроблені з нержавіючої Сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Бункер зроблено з листа полірованою сталі 12Х18Н10Т.

Сегменти діафрагми виконані з Фторопласт-4 ПН ГОСТ 10007-80. Основа виконана зі Сталі 45ГОСТ 1050-88.

Вісі, ричаги, опори, вали машини виконані з Сталі 45 ГОСТ 1050-88 чи зі Сталі 40X ГОСТ 4543-71.

Також для корпусів використовують бронзу БрА9ЖЗЛ ГОСТ 493-79.

Призначена Сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72 для деталей, що працюють до 600 °С. Зварні апарати і судини, що працюють в розбавлених розчинах азотною, оцетовою, фосфорною кислот, розчинах лугів і солей і інші деталі, що працюють під тиском при температурі від —196 до +600 °С, а за наявності агресивних середовищ до +350 °С.; сталь аустенітного. Зварюється без обмежень. Температура ковкі початку 1200, кінця 850. Перерізи до 350 мм охолоджуються на повітрі. Хімічний склад: Кремній 0.8, Марганець 2.0, Мідь 0.30, Нікель 9.0-11.0, Сера 0.020, Вуглевод 0.12, Фосфор 0.035, Хром: 7.0-19.0, Титан 0.6-0.8

Модуль пружності $E=220000$ МПа;

Модуль зсуву $G=77000$ МПа.

Таблиця 3.4.1.

Перелік матеріалів, використаних в сепараторі		
Найменування матеріалу, марка	Стандарт	Місце застосування
Бр АЖ9-4	ГОСТ 18175-78	Корпус, зубчасті колеса і кришка насосу
БрА9ЖЗЛ	ГОСТ 493-79	Корпуси
Лист полірований зеркал сталі 12X18H10T	ГОСТ 5632-72	Бункер
Фторопласт-4 ПН	ГОСТ 10007-80	Сегменти діафрагми
Сталі 45	ГОСТ 1050-88	Вісі, ричаги, опори, вали
Сталі 40X	ГОСТ 4543-71	Вісі, ричаги, опори, вали

Цементацию широко застосовують для зміцнення середньо розмірних зубчастих коліс, валів, валів швидкохідних верстатів, шпинделів і багатьох інших деталей машин.

Хромисті сталі. Хром - порівняно дешевий елемент і широко використовується для легування сталі. У конструкційних сталях він частково розчинений у фериті, частково в цементиті або утворює спеціальні карбіди. Хромисті сталі 40Х призначаються для виготовлення невеликих виробів простої форми, цементуємих на глибину 1,0-1,5 мм. У хромистих сталях більшою мірою розвивається проміжне перетворення; при загартуванні з охолодженням у маслі, виконуваної після цементациї, серцевина виробу має бейнитну будову. Внаслідок цього хромисті сталі в порівнянні з вуглецевими мають більш високі міцнісні властивості при трохи меншій пластичності в серцевині й кращій міцності в цементованому шарі. Хромиста сталь чутлива до перегріву (але менше, ніж вуглецева) і при цементациї може мати підвищений зміст вуглецю в поверхневому шарі. Прокалювання хромистих сталей невелика.

Хромисті сталі. Для середньонавантажених деталей невеликих розмірів застосовують хромисті сталі 40Х. Зі збільшенням змісту вуглецю зростає міцність, але знижуються пластичність і в'язкість. Прокалювання хромистих сталей невелика. Хромисті сталі схильні до відпускнуї крихкості, тому після високої відпустки охолодження повинне бути швидким; для дрібних деталей - у маслі й для великих - у воді.

Ці сталі застосовують для виробів, що працюють при підвищених динамічних навантаженнях.

3.5. Устрій та принцип роботи нового обладнання

Для газифікації твердого палива було вирішено застосувати газогенераційний енергетичний комплекс ГЕКА-3

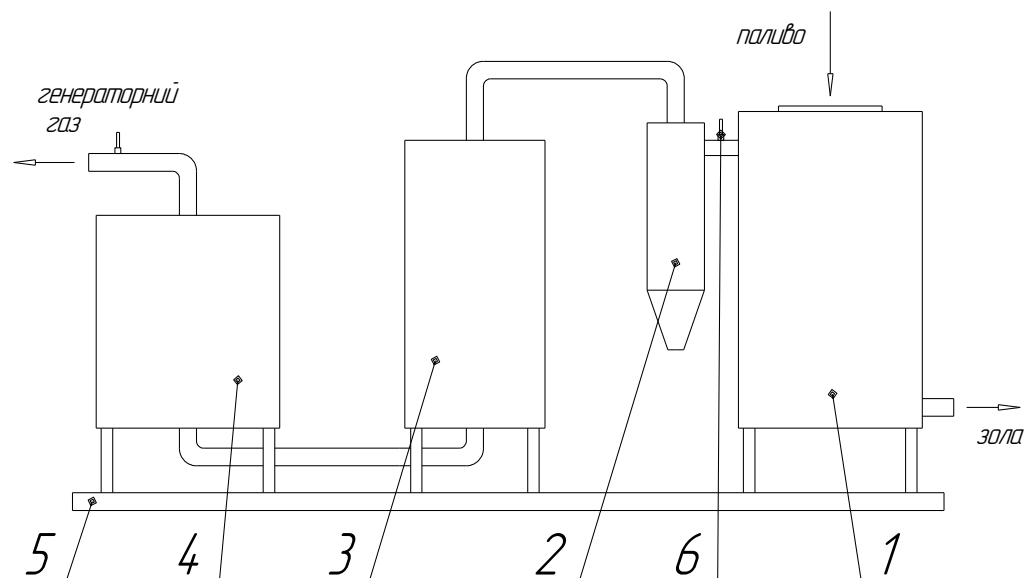


Рис. 3.5.1 Газогенераційний енергетичний комплекс ГЕКА-3, що виробляє генераторний газ тепловою потужністю від 100 кВт до 400 кВт.

- 1 - газогенератор;
- 2 - циклон для грубої очистки генераторного газу;
- 3 - радіатор, що виконує функції додаткового фільтра і охолоджувача газу;
- 4 - фільтр тонкої очистки, для остаточної очистки і охолодження газу;
- 5 - рама (не входить в комплект поставки);
- 6 - прилад для вимірювання температури газу на виході з газогенератора.

Газогенераційний енергетичний комплекс ГЕКА-3 призначений для:

- вироблення генераторного газу тепловою потужністю від 100 кВт до 400 кВт;
- утилізації крупно дисперсних вуглевмісних органічних відходів побутового, промислового та сільськогосподарського походження;

- використання генераторного газу як енергоносія в опалювальній системі – опалення побутових, промислових приміщень, цехів, теплиць, майстерень, гаражів, будмайданчиків, тощо;
- застосування в комплексі з силовою дизель-генераторною установкою для вироблення електроенергії.

Основні вузли ГЕКА-3 (1÷4) – це цільнозварні конструкції зі сталі, покриті захисною (жаростійкою) фарбою.

Газогенератор складається з металевого трубчастого корпусу з вбудованим паливним бункером, завантажувальним пристроєм, реакторною камерою і зольником для видалення золи і шлаку. Повітря, необхідне для газифікації палива, подається в реакторну камеру компресором (вентилятором високого тиску), або всмоктується за рахунок депресії, створюваної двигуном внутрішнього згорання.

Паливо завантажується в бункер зверху, через завантажувальний пристрій, а зола і шлак віддаляються через люк в нижній частині зольника. Об'єм палива, що завантажується в паливний бункер рівний $0,13\text{м}^3$. Цієї кількості, залежно від навантаження і виду палива, вистачає на 1 ÷ 4 години роботи.

Можливі незначні відхилення в конструкції газогенераційного енергетичного комплексу, які пов'язані з процесом постійного технічного вдосконалення останнього.

Процес газифікації твердого палива складається з ряду теплохімічних реакцій, які відбуваються в різних зонах стовпа палива, в шахті газогенератора (див. рис. 3.5.2), що утворюється бункером, реактором і колосниковими ґратами.

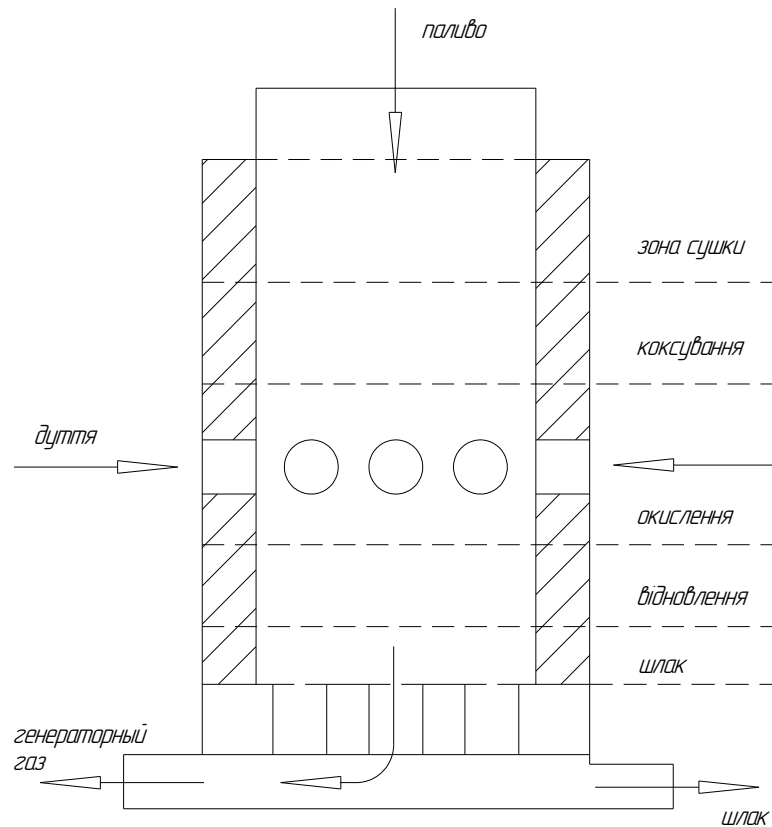
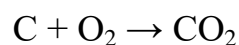


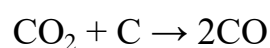
Рис. 3.5.2 Схема процесу газифікації твердого органічного палива.

Першою зоною по ходу просування палива під власною вагою в шахті генератора є зона підсушування палива, потім воно послідовно проходить зони піролізу, горіння, утворення (CO_2) і відновлення окислу вуглецю (CO) з вуглекислого газу (CO_2).

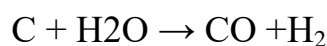
Повітря (точніше O_2) яке вводиться через решітку в шар палива, контактуючи з вуглецем практично миттєво перетворюється в вуглецеву кислоту (реакція 1).



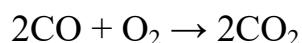
Піднімаючись догори через шар палива CO_2 , контактуючи з розжареним вуглецем, (реакція 2) перетворюється в окис вуглецю (CO).



Якщо біля колосникової решітки газу мають високу температуру, то можливо (реакція 3) утворення окису вуглецю з кисню і вуглецю.



Щодо реакції 4 – горіння CO з вільним киснем і перетворення його в CO₂, то в газогенераторі вона не повинна мати місця.



Реакція (4) можлива при поганій ізоляції, недостатній висоті і нерівномірній температурі шару палива. В цьому випадку кисень місцями може дійти до верхніх шарів палива, на своєму шляху не контактуючи з вуглецем високої температури, що може бути небезпечним і призвести до вибуху.

Кінцева мета процесу газифікації – отримання як можна більшої кількості CO, і як можна меншої частки CO₂.

В результаті отримуємо генераторний газ, що складається з: CO, H₂, CO₂, N₂, і не великої кількості CH₄.

Теплотворна здатність генераторного газу, залежно від вживаного виду палива, знаходиться в межах 1000÷1600 ккал/м³.

«Сирий» неочищений газ на виході з газогенератора (1) має температуру ~ 550°C (контролюється вимірювальним і показуючим приладами (6): термодатчик ТХА-К.106-2-1-1-178-50 Т78 сталь ХН78Т ТУ4211-022-39375199-02, двуканальний измеритель 2ТРМО ТУ4211-016-46526536-05) і несе близько 200 ккал/м³ фізичного тепла. При необхідності в тепловій енергії газ охолоджують, а тепло відповідно утилізують в теплообміннику. При подачі отриманого генераторного газу безпосередньо на палиник котла, необхідності в охолодженні газу немає, його лише очищають від легких домішок палива (сировини газифікації) і частково від парів води.

Попередня груба очистка газу від легких домішок палива і золи відбувається в циклоні (2). По мірі накопичення осаду робоча камера циклона очищається через люк в нижній частині корпусу.

При подачі генераторного газу в двигун внутрішнього згорання газ повинен мати температуру не вище 35 ÷ 40 °С. В цьому випадку газ

охладжується в радіаторі (3) і з температурою $\sim 120^{\circ}\text{C}$ подається в фільтр тонкої очистки (4), де відбувається кінцеве охолодження, і очищення від дрібнодисперсного пилу. В якості очищувача в фільтрі (4) застосовують «кільця Рашига» або відрізки металевої спіралі, навиті з проволочи діаметром $1 \div 2$ мм. Пари води від контакту з поверхнею фільтруючого елементу конденсуються і осідають на останніх, забираючи з собою «тонкий» пил. Остаточна очистка газу від механічних домішок відбувається в масляному (паливному) фільтрі двигуна.

Якщо газ на виході з газогенератора матиме температуру вищу за 40°C , це призведе до зменшення об'ємного коефіцієнту наповнення циліндрів робочою сумішшю, як наслідок зниження потужності двигуна, тому, що кількість горючого газу в робочій суміші в одному і тому ж об'ємі при більш високій температурі буде менше.

Для компактного розміщення всіх вузлів ГЕКА-3 монтаж здійснюють на цільній рамі (5) (в комплект поставки не входить).

Безпека під час експлуатації газогенераційного енергетичного комплексу забезпечується чітким виконанням заходів безпеки, зазначених у наступних документах:

- Інструкція по експлуатації газогенераційного енергетичного комплексу ГЕКА-3 Ю;
- правила пожежної безпеки в Україні НАПБ А.01.001-2004;
- СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція і кондиціонування;
- інші діючі нормативні документи.

Відповідальність за дотримання заходів безпеки під час монтажу, розміщення і експлуатація енергетичного комплексу покладається на керівників організацій, в яких встановлено даний комплекс.

Енергетичний комплекс має монтуватися і збиратися відповідно до вимог даних інструкцій, а також до вимог пожежної безпеки, що встановлені

СНиП2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и
СНиП11.35-76 «Котельные установки».

В приміщенні, де працює енергетичний комплекс, має бути вивішена інструкція про заходи безпеки під час експлуатації комплексів для співробітників, що їх обслуговують.

Газогенераційний енергетичний комплекс може розміщуватися або у відкритих приміщеннях під навісом або в закритих приміщеннях за умови обов'язкової витяжної вентиляції.

При виході димової труби через стелю і покрівлю мають виконуватись розділки, що відповідають вимогам СНиП2.04.05-91.

До обслуговування енергетичного комплексу допускаються робітники не молодше 18 років, навчені прийомам роботи на обладнанні і правилам його безпечної експлуатації.

Не допускається проводити ремонт будь-якої одиниці обладнання комплексу під час його роботи.

Приміщення газогенераторного комплексу має бути оснащено необхідним інвентарем для гасіння пожежі.

При правильній експлуатації надійність газогенераційного комплексу складе:

- середнє напрацювання на відмову, годин, не менше – 10000;
- середній ресурс до капітального ремонту, годин, не менше – 30000;
- технічний (повний ресурс), годин, – 100000.

В якості палива (сировини) для газогенерації можуть бути використані:

- дрова різних порід, розміром 50×50×100 мм з вологістю 35%;
- відходи деревообробної промисловості (стружка, тирса, обрізки і тому подібне);

відходи сільськогосподарського походження: солома, відходи кукурудзи, сухе гілля фруктових дерев і виноградної лози, шкаралупа та лушпиння різних кісточкових і зернових культур, насіння бур'янів і т.д.

4. Розрахункова частина

Дані для розрахунку:

1. Вологість сирого жому після дифузії $W_0=94$ %.
2. Вологість відпресованого жому $W_1=82$ %.
3. Вологість жому після сушіння $W_2=12$ %.
4. Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу $G=100$ т/добу
5. Сушильний агент – газ.
6. Температура теплоносія перед сушкою $t_1=750$ °С.
7. Температура теплоносія після сушки $t_2=120$ °С.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова частина	221857.KP.25.004 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 78

4.1. Визначення основних параметрів процесу газифікації.

1. Паливо — сіно наступного состава (в %):

Табл. 4.1 Основні показники твердого палива для отримання паливного газу

Показники	Розмірність	Солома
	Б	
Характеристика палива	Вологість	10,0
	Зольність	3,5
	Крупність	Різання/ пакет
	Теплотворність	ккал/кг
Інтенсивність газифікації	кг/м ² година	180—220
Вихід сухого газу на 1 кг робочого палива	м ³ /кг	2,3
Склад сухого газу	CO ₂	13,30
	O ₂	0,20
	-	0,10
	CO	15,40
	H ₂	14,80
	CH ₄	3,20
	N ₂	53,00
Теплотворність	ккал/ м ²	1121
Температура газу на виході з генератора	°C	450
Витрата повітря на 1 кг палива	м ³ /кг	1,27
Температура пароповітряного	°C	—
Витрата пари в дуття	г/кг	—

Для визначення основних параметрів процесу газифікації необхідно знати елементарний состав палива, на якому працює газогенератор, і зразковий состав газу, який може бути отриманий у результаті ведення процесу газифікації.

Табл. 4.2 Елементарний склад сухої соломи

Найменування показника	Значення показника
Зміст, %: вуглецю	45 – 47
водню	5,8 – 6,0
азоту	0,4 – 1
кисню	39 – 45
сірки	0,01 – 0,13
хлору	0,14 – 0,97
Температура, (З: початку деформації золи розм'якшення золи розплавлення)	735 – 840
	1035 – 1150
	1175 - 1330

Зміст вологи в паливі W^p дане у відсотках по вазі стосовно робочої маси палива, золи a_c — у відсотках по вазі стосовно сухої маси, а інші компоненти — у відсотках по вазі стосовно горючої маси палива.

Горюча маса палива складається з вуглецю C^r , водню H^r , кисню O^r , азоту N^r і сірки S^r :

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S^r = 100\%$$

Табл. 4.3 Склад горючої маси

Вологість W^p	Зольність a_c	Склад горючої маси				
		C^r	H^r	O^r	N^r	S^r
10	3,5	47	6	45	1	1

Суша маса палива складається з горючої маси й золи. Компоненти сухої маси палива позначаються буквою „з”:

$$C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + a_c = 100\%$$

Для перерахування состава палива з горючої маси на суху користуються для будь-якого компонента наступною формулою:

$$x^c = \frac{x^c(100 - A^c)}{100}$$

Робоча маса палива складається із сухої маси й вологи. Компоненти робочої маси позначаються буквою «р». Перерахування із сухої маси на робочу проводиться для будь-якого компонента по формулі:

$$x^p = \frac{x^c(100 - W^p)}{100}$$

**Перераховуємо елементарний состав палива на робочу масу.
Коефіцієнт для перерахування із сухої маси на робочу**

$$\frac{100 - 10}{100} = 90$$

Коефіцієнт для перерахування з горючої маси на робочу

$$\frac{(100 - 3,5) - (100 - 10)}{100 \cdot 100} = 0,8685$$

Табл. 4.4 Склад робочої маси

Вологість W^p	Зольність ар	Склад робочої маси				
		C^p	H^p	O^p	N^p	S^p
10	3,15	40,8	5,2	39,08	0,87	0,87

2. Відповідно до заданого палива й результатами випробувань газогенераторних установок для газифікації рослинних відходів (соломи) ухвалюємо наступний состав газу:

CO	CO_2	H_2	CH_4	O_2	N_2
15,4	13,3	14,8	3,2	0,2	53

3. Теплотворність палива

Нижча теплотворність робочої маси твердого палива визначається по формулі Менделєєва:

$$H_H^p = 81 \cdot C^p + 246 \cdot H^p - 26 \cdot (O^p - S_{\text{л}}^p) - 6 \cdot W^p = 81 \cdot 40,8 + 246 \cdot 5,2 - 26 \cdot (39,08 - 0,87) - 6 \cdot 10 = 3530,54 \text{ (кккал/кг)}$$

де $S_{\text{л}}^p$ — зміст летучої (горючої) сірки в робочім паливі.

4. Теплотворність газу

$$H_u = 30,35 \cdot CO + 25,7 \cdot H_2 + 85,7 \cdot CH_4 = 1125 \text{ (кккал/м}^3\text{)}$$

5. Вага 1 м^3 сухого нормального генераторного газу при температурі 0° і тиску 760 мм рт. ст. Питома вага сухого нормального генераторного газу визначається залежно від його состава по формулі:

$$\begin{aligned} \gamma_g &= \frac{1}{100} (1,25 \cdot CO + 0,09 \cdot H_2 + 0,72 \cdot CH_4 + 1,98 \cdot CO_2 + 1,25 \cdot N_2) = \\ &= \frac{1}{100} \cdot (1,25 \cdot 15,4 + 0,09 \cdot 14,8 + 0,72 \cdot 3,2 + 1,98 \cdot 13,3 + 1,25 \cdot 53) = 1,155 \text{ (кг/м}^3\text{)} \end{aligned}$$

6. Вихід сухого газу з 1 кг робочого палива. Враховуючи втрати вуглецю палива разом із золою, а також у вигляді пилу, яка виходе з газогенератора, одержимо кількість вуглецю в паливі, яке перейшло в газ, на 1 кг палива:

$$\frac{(C^p - C_n)}{100} \text{ кг}$$

де C_n втрати вуглецю

Вміст вуглецю в газі визначається по наступнім рівнянню:

$$C_g = \frac{12 \cdot (CO + CO_2 + CH_4)}{22,4 \cdot 100} \text{ кг/м}^3 \text{ газу,}$$

де 12 — молекулярна вага вуглецю;

22,4 — обсяг 1 моля газу в м^3 при 0° і 760 мм рт. ст.

Розділивши кількість вуглецю в паливі, яке перейшло в газ, на зміст вуглецю в 1 м^3 газу, одержимо вихід сухого газу з 1 кг робочого палива:

$$V_g = \frac{22,4 \cdot (C^p - C_n) \cdot 100}{12 \cdot (CO + CO_2 + CH_4) \cdot 100} = \frac{1,867 \cdot (C^p - C_n)}{CO + CO_2 + CH_4}$$

На підставі досвідчених даних втрати вуглецю C_n в осередкових залишках і у вигляді пили оцінюються в 1,5—2,5%. *Втрати вуглецю в осередкових залишках C_n ухвалюємо рівними 2/0. Тоді*

$$V_g = \frac{1,867 \cdot (40,8 - 2)}{15,4 + 13,3 + 3,2} = 2,27 (\text{м}^3 / \text{кг})$$

7. Для розрахунку прохідного перетину фурм газогенератора необхідно знати кількість повітря, яке потрібно для газифікації 1 кг палива.

Витрата повітря визначається на підставі балансу азоту, який при газифікації палива переходить із повітря в газ (азотом, що втримується в паливі, у наступних розрахунках зневажаємо через незначність його кількості).

Тому що 1 м^3 повітря містить 79% азоту (за обсягом), а 1 м^3 газу містить N2% азоту, то на утвір 1 м^3 газу витрачається повітря $\frac{N_2}{79}$. Отже, на газифікацію 1 кг палива потрібно повітря

$$L = 0,0127 \cdot V_g \cdot N_2 = 0,0127 \cdot 2,27 \cdot 53 = 1,53 (\text{м}^3 / \text{кг})$$

або

$$L = \frac{1,53}{2,27} = 0,67$$

8. Зміст вологи в генераторному газі. Кількість водяних пар, що втримуються в газі, що виходить із газогенератора, складається з вологи гігроскопічної, вологи, яка підводиться ззовні, і вологи, що утворюється з водню палива, за винятком водню, витраченого на утвір метану, і водню газу. Кількість вологи, що втримується в 1 м^3 газу,

Вологість газу визначимо по формулі

$$f_z = \frac{W^p + 9 \cdot H^p}{100 \cdot V_g} + \frac{G_6}{V_g} - \frac{0,804 \cdot (H_2 + 2 \cdot CH_4)}{100},$$

де W^p й H^p — процентний вміст вологи й водню в 1 кг палива;

H_2uH_4 — процентне (за обсягом) зміст водню й метану в 1 м^3 газу; G_g — вага води, яка підводиться ззовні, у кг на 1 кг палива;

0,804 — умовна питома вага в $\text{кг}/\text{м}^3$ водяної пари при 0° і 760 мм рт. ст., підрахований по формулі

$$\frac{m_{H_2O}}{22,4} = \frac{18}{22,4} = 0,804$$

Витрата пари G_g ухвалюємо рівним 0,4 кг на 1 кг палива тоді:

$$f_z = \frac{10 + 9 \cdot 5,2}{100 \cdot 2,27} + \frac{0,4}{2,27} - \frac{0,804 \cdot (14,8 + 2 \cdot 3,2)}{100} = 0,26 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

9.9. Сумарний зміст водяних пар у газі, що вийшли в результаті газифікації 1 кг палива,

$$G_{H_2O} = f_z \cdot V_g = 0,26 \cdot 2,27 = 0,59 (\text{кг} / \text{кг}) \text{ палива.}$$

10. Матеріальний баланс. Відповідно до закону збереження матерії кількість речовин, витрачених при газифікації 1 кг палива, повинне рівнятися кількості речовин, отриманих у результаті процесу газифікації:

$$1,00 + 1,293 \cdot L + G_g = \gamma_z \cdot V_g + G_{H_2O} + 0,01 \cdot A^p + 0,01 \cdot C_n$$

Ліва частина цього рівняння матеріального балансу являє собою вихідні компоненти, а права частина — продукти процесу газифікації. Усе компоненти віднесені до 1 кг палива й означають:

1,00 — вага палива в робочому стані;

1,293 й питома вага повітря при 0° і 760 мм рт. ст.;

1,293L — вага повітря, що витрачається на газифікацію;

G_g — вага вологи, підведеної ззовні;

$\gamma_z \cdot V_g$ — вага сухого газу, що утворюється в результаті газифікації;

G_{H_2O} — вага водяної пари, отриманого при газифікації;

$0,01 \cdot A^p$ — вага золи, що виділяється при газифікації палива;

и $0,01 \cdot C_n$ втрати вуглецю із золою й у пилу, яка відноситься з газогенератора.

Кількість H_2 і O_2 , що губиться з вугіллям і з пилом незначно й тому не враховується.

Маючи у виді можливі відхилення в складі генераторного газу стосовно заданого состава палива, а також округлення при обчисленнях, можна допустити різницю в матеріальному балансі в межах $+2,5\%$.

$$1,00 + 1,293 \cdot 1,53 + 0,4 = 1,155 \cdot 2,27 + 0,59 + 0,01 \cdot 3,15 + 0,01 \cdot 2$$

$$3,37 \approx 3,30$$

11. Коефіцієнт корисної дії газогенератора визначається по наступній формулі:

$$\eta_z = \frac{V_g \cdot H_u}{H_n^p} = \frac{2,27 \cdot 1125}{3530,54} = 0,72,$$

де η_z — к. к. д. газогенератора;

H_n^p — теплотворність робочого палива в ккал/кг;

V_g — вихід газу з 1 кг палива в m^3 /кг;

H_u — нижча теплотворність газу при 0° И 760 мм рт. ст. у ккал/ m^3 .

Параметри топки, що працює на газогенераторному газі

1. При згорянні газу витрачається повітря в кількості

$$L_0 = \frac{1}{21} [0,5 \cdot (CO + H_2) + 2 \cdot CH_4 - O_2] = \frac{1}{21} [0,5 \cdot (15,4 + 14,8) + 2 \cdot 3,2 - 0,2] = 1,01 m^3$$

на $1 m^3$ газу

2. Теплотворність газо-повітряної суміші визначаємо по формулі

$$h_u = \frac{k \cdot H_u}{1 + \alpha \cdot L_0},$$

де $k=0,92$ і $\alpha=1$, тоді

$$h_u = \frac{0,92 \cdot 1125}{1 + 1 \cdot 1,01} = 515 \text{ ккал/м}^3$$

4.2. Розрахунок жомосушильної установки

Розрахунок жомосушильних установок містить у собі визначення основних конструктивних розмірів сушильного апарата (конструктивний розрахунок) і тепловий баланс установки (теплотехнічний розрахунок).

4.2.1. Конструктивний розрахунок.

Розміри сушильного барабана залежать від коефіцієнта його заповнення, швидкості руху сушильного агента в барабані, тривалості процесу сушіння й інших факторів.

Коефіцієнт заповнення барабана залежить від фізичних властивостей матеріалу й конструкції насадок. Для жомосушильних барабанів величина коефіцієнта заповнення β перебуває в межах 0,178—0,225.

Швидкість сушильного агента усередині барабана повинна бути такою, щоб з барабана не нісся вологий жом. Швидкість сушильного агента для жому (V_{ag}) ухвалюють 1,5—2,5 м/с.

Тривалість процесу сушіння залежить від температури, відносної вологості й швидкості сушильного агента, частоти обертання й розмірів барабана, коефіцієнта заповнення, конструкції насадок і ін.

Опис цієї залежності з урахуванням усіх параметрів, що виявляють вплив на тривалість процесу сушіння, досить складно. Тому в розрахунках

користуються величиною, названої напругою обсягу барабана по волозі [А, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$], яку обчислюють по формулі

$$A = G_{H_2O} / V_6$$

де G_{H_2O} кількість випаруваної з матеріалу вологи протягом 1 рік, $\text{кг}/\text{рік}$;

V_6 — обсяг сушильного барабана, м^3

Величину напруги обсягу барабана по волозі встановлювали в процесі експлуатації сушильних установок. Вона залежить від конструктивних характеристик барабана, режимів роботи й інших факторів. |При температурі сушильного агента на вході в жомосушильний барабан $800\text{—}850^\circ\text{C}$ величина А перебуває в межах $160\text{—}250 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$.

Кількість випаруваної з матеріалу вологи (G_{H_2O} $\text{кг}/\text{рік}$) визначають по формулі:

$$G_{H_2O} = G_{с.ж.} \cdot \left(\frac{CB_2}{CB_1} - 1 \right)$$

$$G_{H_2O} = G_{с.ж.} \cdot \left(\frac{W_2}{W_1} - 1 \right)$$

$$G_{H_2O} = 4167 \cdot \left(\frac{88}{12} - 1 \right) = 16205 \text{ (кг/рік)}$$

$G_{с.ж.}$ — продуктивність установки по сушеному жому, $\text{кг}/\text{год}$;

CB_1, CB_2 — зміст сухих речовин відповідно у вихідному й сушеному гніті %;

W_1, W_2 — вологість відповідно вихідного й сушеного жому% до загальної маси.

Відношення довжини (l, м) жомосушильного барабана до діаметра, (D, м) ухвалюють рівним $3,5\text{—}5,5$.

Тому що обсяг барабана ($V_6, \text{м}^3$) рівний:

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4},$$

Шляхом перетворення рівнянь одержуємо наступну розрахункову формулу для визначення діаметра жомосушильного барабана:

$$D_{\bar{o}} = (0,615 \div 0,635) \cdot \sqrt[3]{G_{H_2O} / A}$$

$$D_{\bar{o}} = 0,615 \cdot \sqrt[3]{16205/160} = 2,862(\text{м})$$

$$\frac{L_{\bar{o}}}{D_{\bar{o}}} = 3,5$$

$$L_{\bar{o}} = 3,5 \cdot 2,862 \approx 10(\text{м})$$

$$V_{\bar{o}} = \frac{3,14 \cdot 2,862^2 \cdot 10}{4} = 64,3(\text{м})$$

Тривалість процесу сушіння визначається з наступного рівняння:

$$\tau = 2 \cdot \frac{\beta \cdot \rho_{cp}}{A} \cdot \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{[200 - (\omega_1 + \omega_2)]}$$

При незмінних умовах сушіння час сушіння залежить від коефіцієнта заповнення барабана, середньої об'ємної маси жому, початкового й кінцевого змісту вологи в гніті, напруги обсягу барабана по волозі.

Середню насипну щільність жому ($\rho_{cp}, \text{кг} / \text{м}^3$) визначають як середньо логарифмічну щільність вологого й сушеного жому по формулі:

$$\rho_{cp} = (\rho_1 - \rho_2) / \ln \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$\rho_1 = 340 \text{кг} / \text{м}^3, \rho_2 = 230 \text{кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{cp} = (340 - 230) / \ln \frac{340}{230} = 280 \text{кг} / \text{м}^3$$

$$\tau = 2 \cdot \frac{0,22 \cdot 280}{160} \cdot \frac{(82 - 12)}{[200 - (82 + 12)]} = 0,5$$

Частота обертання барабана. Виходячи з рекомендованих значень окружної швидкості барабана $v = 0,2 + 0,9$ м/с; необхідна частота обертання (у об/хв) визначається по формулі

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{(0,2 \div 0,9) \cdot 60}{3,14 \cdot 2,862} = (1,5 \div 6) \text{ (об/хв)};$$

Потрібна потужність для обертання барабана (у кВт) орієнтовно визначають по формулі:

$$N = 0,0013 \cdot D^3 \cdot L \cdot \rho_{cp} \cdot \sigma \cdot n$$

де D діаметр барабана, м;

L — довжина барабана, м;

ρ_{cp} — насипна щільність матеріалу $кг / м^3$;

σ_n — коефіцієнт потужності, що залежить від типу насадки й коефіцієнта заповнення барабана β ;

n — частота обертання барабана об/хв.

Значення коефіцієнта потужності σ_n залежно від типу насадок і коефіцієнта заповнення барабана β наведені в табл.

$$N = 0,0013 \cdot 2,862^3 \cdot 10 \cdot 280 \cdot 0,038 \cdot 0,5 = 20 \text{ (кВт)}$$

Потужність двигуна з урахуванням ККД приводу буде дорівнювати

$$N_{oe} = \frac{N}{\eta_{прив}} = \frac{20}{0.8} = 25 \text{ кВт}$$

По каталогу вибираємо двигун 5A200L6 з потужністю $N_{дв}=130$ кВт, та частотою обертання ротора $n_{дв}=978$ об/хв.

4.2.2. Тепловий розрахунок сушарки.

Тепло, яке внесене в топочну камеру з паливом:

$$Q_m = Q_n^c, \text{ де}$$

Q_n^c - теплотворна здатність палива.

$$Q_m = 2156 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Коефіцієнт використання тепла в топці:

$$\beta_m = 1 - (q_3 + q^{m_5}) / 100 = 1 - (1,5 + 1,2) / 100 = 0,973, \text{ де}$$

q_3 - коефіцієнт, який враховує втрату тепла в топці від хімічної неповноти згоряння;

q^{m_5} - коефіцієнт, який враховує втрату тепла в топці від зовнішнього охолодження.

Коефіцієнт надлишку повітря в топочній камері:

$$\alpha_m = (2920 \cdot \beta_m / \theta) - 0,43 = (2920 \cdot 0,973 / 1300) - 0,43 = 1,76,$$

де θ - температура продуктів згоряння,

для камери змішення:

$$\alpha_{к.з.} = (2920 \cdot \beta_m / \theta) - 0,43 = (2920 \cdot 0,973 / 950) - 0,43 = 2,56$$

Коефіцієнт надлишку повітря на вході в сушильний барабан:

$$\alpha' = \alpha_{к.з.} + 0,3 = 2,56 + 0,3 = 2,86$$

Коефіцієнт надлишку повітря у вивантажувальній камері:

$$\alpha'' = \alpha' + 0,3 = 2,86 + 0,3 = 3,16$$

Об'єм повітря, який поступає в топочну камеру змішення з повітрям при згоранні 1 т палива:

$$V'_e = \alpha_m \cdot V^0 = 1,76 \cdot 10,2 = 17,952 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

в камері змішення:

$$V'_e = (\alpha_{к.з.} - \alpha_m) \cdot V^0 = (2,56 - 1,76) \cdot 10,2 = 8,16 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}, \text{ де}$$

V^0 - об'єм повітря, необхідний для згоряння газоподібного палива

Тепло, яке внесене в топочну камеру і камеру змішення з повітрям:

$$Q'_e = V'_e \cdot c \cdot \theta = 17,952 \cdot 1,48 \cdot 30 = 797 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

$$Q''_e = V''_e \cdot c \cdot \theta = 8,16 \cdot 1,48 \cdot 30 = 362 (\text{кДж} / \text{м}^3),$$

де c – теплоємність повітря при його температурі θ .

Витрати тепла в топці від хімічного недопалу і в навколишнє середовище:

$$Q_3 = q_3 \cdot (Q_m + Q'_e + Q''_e) / 100 = 1,5 \cdot (2156,2 + 797 + 362) / 100 = 49,72 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

$$Q_5 = q^m_5 \cdot (Q_m + Q'_e + Q''_e) / 100 = 1,2 \cdot (2156,2 + 797 + 362) / 100 = 39,78 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

Корисне тепловиділення в камері згорання:

$$Q^{kop}_m = Q_m + Q'_e - (Q_3 + Q_5) = 2156 + 797 - 49,72 - 39,78 = 2863,5 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

$$I_{к.з.} = I_m + Q''_e = 38740 + 362 = 39102 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

Кількість тепла, яке засмоктується в сушильний барабан:

$$Q_{присед} = 0,3 \cdot V^0 \cdot c \cdot \theta = 0,3 \cdot 10,2 \cdot 1,48 \cdot 30 = 136 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

Ентальпія газів на вході в барабан:

$$I'_6 = I_{к.з.} + Q'_{присед} = 39102 + 136 = 39236 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

Витрати тепла від поверхневого охолодження барабана:

$$Q^6_5 = q^6_5 \cdot (Q_m + Q'_e + Q''_e) / 100 = 1,0 \cdot (2156 + 797 + 362) / 100 = 33,15 (\text{кДж} / \text{м}^3)$$

q^6_5 - питомі витрати тепла від поверхневого охолодження, виражених у відсотках до тепла, яке внесено в топку.

Корисне використане тепло сушильного агента на 1 кг палива:

$$Q_{кор} = I_{к.з.} - Q^6_5 - I_{вих} = 39102 - 33,15 - 5147 = 33922 (\text{кДж} / \text{м}^3),$$

$I_{вих}$ - ентальпія вихідних газів.

Тепло, яке передане сушоновому жому відносно 1 кг випареної вологи:

$$q_{c.ж.} = c_{c.ж.} \cdot (t_{c.ж.} - t_{o.ж.}) \cdot CB / (CB_2 - CB_1) = 1,85 \cdot (100 - 30) \cdot 12 / (82 - 12) = 22,2 (\text{кДж} / \text{кг})$$

Корисно використане тепло відносно 1 кг випареної вологи:

$$q_{кор} = i_n - c_{H_2O} \cdot t_{o.ж.} + q_{c.ж.} = 2744 - 4,19 \cdot 30 + 22,2 = 2640,5 (\text{кДж} / \text{кг})$$

Ентальпія водяної пари $i_n = 2744$ кДж/кг

Випарна здатність палива:

$$u = \frac{Q_{кор}}{q_{кор}} = \frac{33922}{2640,5} = 12,85$$

Витрата палива на жомосушильну установку:

$$B = \frac{G_{H_2O}}{u} = \frac{16205}{12,85} = 1261 (\text{м}^3 / \text{год})$$

Враховуючи ККД топки, витрата палива складе

$$B = \frac{B_0}{\eta_T} = \frac{1544}{0,9} = 1716 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

4.3. Технологія машинобудування

Аналіз призначення виробу і технологічність конструкції редуктора

Двоступінчастий горизонтальний циліндричний редуктор Ц2У-400Н призначений для пониження частоти обертального руху і для збільшення крутного моменту.

Механізм складається з наступних основних деталей: корпус 1, вал ведучий 5, вал проміжний 9, вал ведений 14, колесо зубчате 16, шестерня 6, колесо зубчате 11, кришка корпусу 23, кришки під підшипники 17,18,19,20,28,29.

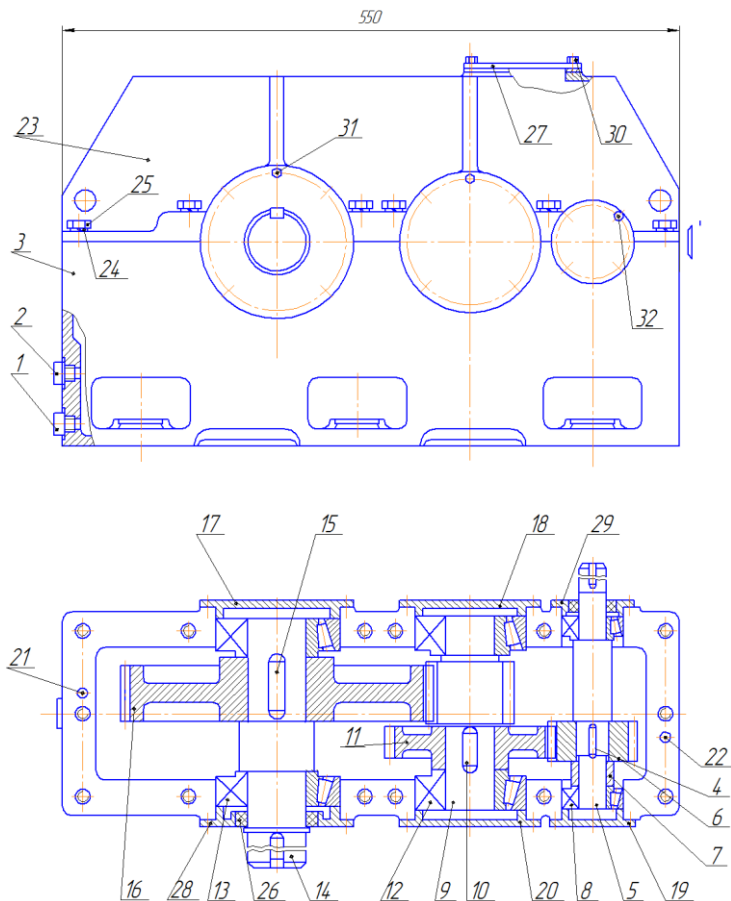


Рис. 4.3.1. Редуктор двоступінчастий циліндричний Ц2У-400Н

Виріб в цілому має просту компоновку і просте конструктивне рішення, не викликає утруднення при збірці. Конструкція виробу допускає можливість його складання з попередньо зібраних вузлів.

Базова деталь виробу має технологічну базу, що забезпечує його достатню стійкість в процесі складання. Уніфікація кріпильних та інших деталей сприяє скороченню номенклатури складальних інструментів і більш ефективному використанню засобів механізації складальних робіт. При конструюванні виробу забезпечується можливість вільного підведення високопродуктивних механізованих складальних інструментів до місць з'єднання..деталей.

На підставі вищесказаного, конструкцію виробу можна вважати технологічною.

Розмірний аналіз складальних розмірних ланцюгів.

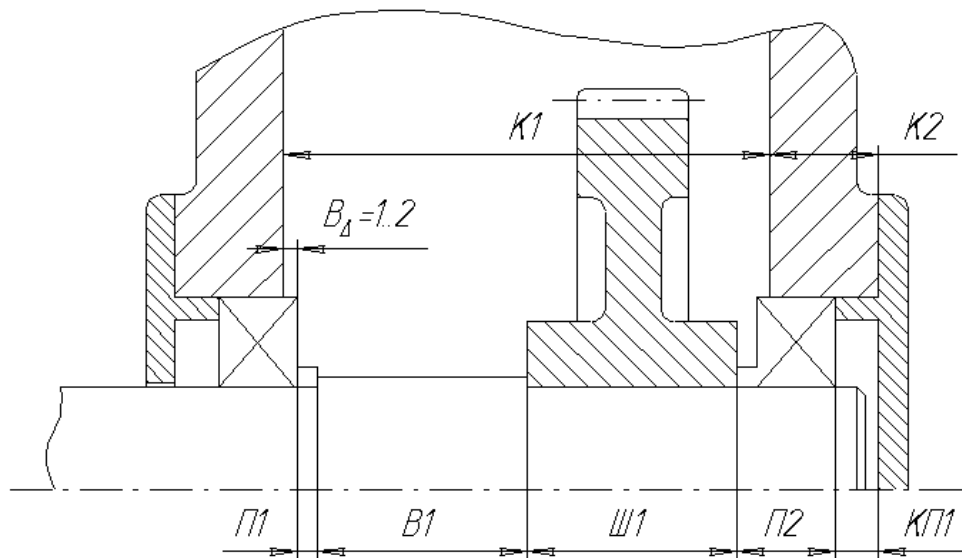


Рис. 4.3.2. Схема розмірного ланцюга

Для розмірного аналізу виберемо складальний розмірний ланцюг, замикаючою ланкою ВΔ яка є виступаюча з корпусу частина підшипника.

Допуск на розмір замикаючої ланки: $T_{B\Delta}=1\text{мм}$.

Таким чином, даний розмір приймаємо за вихідну ланку ВΔ розмірного ланцюга в горизонтальному напрямку. Розглянемо цей розмірний ланцюг.

$$B\Delta = K_1 + K_2 - K_{П1} - П_2 - Ш_1 - В_1 - П_1$$

Складовими ланками цього ланцюга будуть:

K_1 - ширина внутрішньої порожнини корпусу;

K_2 - товщина стінки корпусу;

$K_{П1}$ - висота буртика кришки під підшипник;

$П_2$ - ширина підшипника;

$Ш_1$ - ширина шестерні;

$В_1$ - довжина ступені вала;

$П_1$ - виступ підшипника;

4.3.1. Розрахунок складального розмірного ланцюга

Таблиця 4.3.1.

№ ланки	Позначення	Величина, мм	Одиниця допуску,	Допуск, мкм	I^2	Допуск, мкм $T_{A_i} = a_2 \cdot i$
---------	------------	--------------	------------------	-------------	-------	--

			i, мм	TA _i =a ₁ ·i		
1	П1	10	0,8	51,2	0,64	128
2	В1	110	2,5	160	6,25	400
3	Ш1	140	2,5	160	6,25	400
4	П2	80	1,5	96	2,25	240
5	КП1	30	1,5	96	2,25	240
6	К2	85	2,5	160	6,25	400
7	К1	286	3,3	211,2	10,89	528
8	В _Δ	1..2	-	-	-	-
9		Σ	14,6	934,4	34,78	2336

Число одиниць допуску складових розмірного ланцюга:

$$a_1 = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} i}$$

$$a_1 = \frac{1000}{14,6} = 68,5$$

По таблиці а_т=64, що відповідає 10 квалітету.

$$a_2 = 169,5$$

По таблиці а_т=160, що відповідає 12 квалітету

Значення ТА=2336 виходить за межі допуску.

Висновок: при обраних допусках на розміри складального вузла, розрахункове значення останнього не перевищує заданого параметра. Отже, точність вихідної ланки забезпечується повною взаємозамінністю.

4.3.2. Технологічна схема складання виробу.

Конструкція механізму має декілька складальних вузлів, які можливо збирати незалежно один від одного, тому можлива вузлова зборка виробу.

Але неможливо одночасне приєднання декількох вузлів до базового елемента

через його конструкцію.

При послідовному з'єднанні можлива механізація процесу складання.

Більшість кріпильних виробів - стандартні, що дозволяє застосовувати простий інструмент.

В даному виробі основним базовим елементом є корпус, до якого приєднуються всі деталі і вузли.

Технологічна схема збірки показує, в якій послідовності необхідно приєднувати і закріплювати один до одного елементи, з яких збирається виріб. Такими елементами є деталі, комплекти, вузли, підвузли та складальні одиниці.

Під деталлю при складанні збірки розуміють первинний елемент виробу (базова деталь), характерною ознакою якого є відсутність в ньому роз'ємних і нероз'ємних з'єднань. Складальна ж одиниця являє собою елемент виробу, що складається з двох або більше деталей, з'єднаних в одне ціле, не роз'єднується при зміні положення у вузлі. Характерним відмінною ознакою складальної одиниці є - можливість її складання незалежно від інших елементів виробу.

Для складання технологічної схеми збірки всі складальні одиниці, що входять у виріб умовно розділимо на групи і підгрупи. Групою будемо вважати складальну одиницю, що входить у виріб.

Технологічну схему зборки складаємо на основі складального креслення виробу, яка показує, в якій послідовності необхідно приєднувати один до одного елементи, з яких складається виріб.

Кожен елемент виробу будемо зображати у вигляді прямокутника розділеного на три частини. У його верхній частині дається найменування виробу, в лівій нижній частині вказуємо числовий індекс, що відповідає номеру цього елемента на складальному кресленні та згідно прийнятої специфікації, у правій нижній частині кількість приєднувальних елементів.

Порядок складання технологічної схеми зборки починаємо з призначення базового елемента. Базовим елементом назвемо деталь, з якої починаємо збірку виробу.

Такий алгоритм складання технологічної схеми полегшує подальше проектування технологічного процесу складання, дозволяє оцінити технологічність конструкції виробу з точки зору можливості розчленування збірки на загальну і вузлову і гарантує від пропуску деталей, що входять у виріб.

Розроблена технологічна схема збірки двоступінчастого циліндричного редуктора Ц2У-400Н представлена на аркуші формату А1 графічної частини дипломного проекту.

При складанні виробу в якості базового елемента на початковому етапі застосовують корпус редуктора, що базується на нижній опорній площині. Для реалізації направляючої і опорної баз використовуємо отвори в нижній частині корпусу, призначені для кріплення редуктора на фундаменті (опорній плиті).

Вузлова збірка редуктора здійснюється наступним чином:

- при складанні вала, операція 40, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні діаметром 140 мм.
- при складанні вала, операція 30, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні зубчастого колеса.
- при складанні вала, операція 20, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні діаметром 60 мм.

4.3.3. Технологічний маршрут процесу складання

Таблиця 4.3.2.

№ операції	Операція	Зміст операції, переходів
------------	----------	---------------------------

10	Закрутити пробки 1,2 в корпус 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити корпус в пристосування 2. Закрутити пробки в корпус 3. Зняти корпус 4. Перемістити корпус на наступну позицію
20	Запресувати шпонку 4 в вал 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити вал на призми 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Запресувати шпонку 4. Зняти вал з призм 5. Перемістити вал на наступну позицію
20.1	Напресувати колесо 6 на вал 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити в вал в пристосування 2. Змастити колесо машинним маслом 3. Напресувати колесо на вал 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.2	Напресувати втулку 7 на вал 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити втулку машинним маслом 3. Напресувати втулку на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.3	Промити і посушити вал 5 в зборі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Промити вал в зборі 3. Перемістити вал в зборі на наступну позицію 4. Посушити вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.4	Напресувати підшипник 8 на вал в зборі 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити підшипник індустріальним маслом 3. Напресувати підшипник на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал ведучий в зборі на загальну збірку
30	Запресувати шпонку 10 в вал 9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити вал на призми 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Запресувати шпонку 4. Зняти вал з призм <p>Перемістити вал на наступну позицію</p>
30.1	Напресувати колесо 11 на вал 9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити в вал в пристосування 2. Змастити колесо машинним маслом 3. Напресувати колесо на вал 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію

30.2	Промити і посушити вал 9 в зборі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Промити вал в зборі 3. Перемістити вал в зборі на наступну позицію 4. Посушити вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
30.3	Напресувати підшипник 12 на вал 9 в зборі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити підшипник індустріальним маслом 3. Напресувати підшипник на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал ведучий в зборі на загальну збірку
40	Напресувати підшипник 13 на вал 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оглянути вал 2. Встановити вал в пристосування 3. Змастити підшипник індустріальним маслом 4. Напресувати підшипник на вал в зборі 5. Зняти вал в зборі 6. Перемістити вал ведучий в зборі на загальну збірку
40.1	Запресувати шпонку 15 в вал 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити вал на призми 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Запресувати шпонку 4. Зняти вал з призм 5. Перемістити вал на наступну позицію
40.2	Напресувати колесо 16 на вал 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити вал в пристосований 2. Змастити колесо машинним маслом 3. Напресувати колесо на вал 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
40.3	Встановити кільце ущільнювальне 26 в кришку 28	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити кришку в пристосування 2. Обдути стисненим повітрям канавку для ущільнення 3. Установити кільце в кришку 4. Зняти кришку торцеву в зборі 5. Перемістити кришку торцеву в зборі на загальну збірку

50	Закрутити віддушину 27 в кришку 23	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити кришку в пристосування 2. Оглянути віддушину 3. Закрутити віддушину в кришку 4. Зняти кришку корпусу в зборі 5. Перемістити кришку в зборі на загальну збірку
60	Встановити в корпус в зборі ведучий 5, проміжний 9 і ведений 14 вали, Встановити всі кришки торцеві 17,18,19,20,28, 29.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити корпус в зборі в пристосування 2. Встановити кришку ліву глуху в корпус в зборі 3. Установити кільце розпирне 4. Встановити кришку торцеву в зборі на вал в зборі 5. Встановити вал ведучий в зборі в корпус 6. Встановити кришку ліву глуху в корпус в зборі 7. Установити кільце розпирне 8. Встановити кришку праву глуху в корпус в зборі 9. Встановити вал проміжний в зборі в корпус в зборі 10. Установити кільце розпирне на вал в зборі 11. Встановити кришку торцеву праву в зборі на вал в зборі 12. Встановити кришку торцеву ліву в зборі на вал в зборі 13. Встановити вал ведений в зборі в корпус в зборі 14. Перемістити корпус в зборі на наступну позицію
60.1	Встановити в корпус в зборі штифти 21,22, Встановити кришку корпусу 23.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Змастити штифт перший циліндричний індустріальним маслом 2. Запресувати штифт першого циліндричний 3. Змастити штифт другий циліндричний індустріальним маслом 4. Запресувати штифт другий циліндричний 5. Встановити кришку корпусу в зборі на корпус на штифти 5. Перемістити корпус в зборі на наступну позицію
60.2	Встановити шайби 24 на гвинти 25, закрутити гвинти 25.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити шайби пружинні на гвинти 2. Закрутити гвинти попередньо 3. Закрутити гвинти остаточно 4. Контролювати легкість обертання ведучого вала 5. Зняти редуктор в зборі
70.	Фарбування	Пофарбувати виріб

5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Впровадження автоматизації відіграє важливу роль в процесі виробництва. Вона дозволяє підвищити продуктивність технологічного обладнання, розширити міжремонтні терміни, відрегулювати рівномірність роботи апарату, покращити якість продукції, знос обладнання, скоротити витрати, зменшити затрати сировини, допоміжних матеріалів, знизити собівартість продукції, втрати палива і електроенергії.

Автоматизація виробничих процесів дозволяє підвищити продуктивність праці, покращити умови праці, скоротити чисельність працюючого персоналу, покращити організацію виробництва.

Автоматизація створює такий режим роботи, при якому необхідна безперервна подача сировини і палива, при цьому зберігається надійність протікання технологічного процесу, запобігається виникнення аварії та покращується управління процесом виробництва.

Метою автоматизації виробничих процесів є отримання максимальної величини технологічної складової прибутку з врахуванням досягнень основних техніко-економічних показників виробництва на рівні, або вище їх нормативних значень.

5.1. Аналіз виробничої діяльності як об'єкта автоматизації.

Свіжий жом з максимально можливим вмістом сухих речовин зважують на стрічкових терезах, змішують в шнековому змішувачі з мелясою та іншими добавками, подають в камеру змішування жомосушки, куди з камери згорання палива надходять топочні газу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування		221857.KP.25.005 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

Потім жом разом з топочними газами прямотоком за допомогою прямотоком за допомогою лопатей перемішується, сушиться і рухається до вигрузочної камери.

Вентилятор подає в камери згоряння і змішування повітря. З вивантажувальної камери сухий жом потрапляє на шнек, який подає його на грануляцію. Відпрацьовані димові гази звільнюються в циклоні від дрібних і пиловидних часток сушеного жому та димонасосом відводиться в атмосферу.

Температура топочних газів на вході в камеру змішування підтримують на рівні 800-900 °С, т димових газів 120-140 °С, а розрідження за сушильним барабаном 350-400 Мпа.

При підвищенні температури відпрацьованих газів збільшують загрузку жому в апараті. Якщо жом виходить недосушеним, то інтенсифікують роботу топки і зменшують швидкість завантаження жома.

5.2. Складання параметричних схем об'єктів.

Змінні, що характеризують процес поділяють на 2 групи: вхідні і вихідні, тобто діяння і керовані параметри X_i .

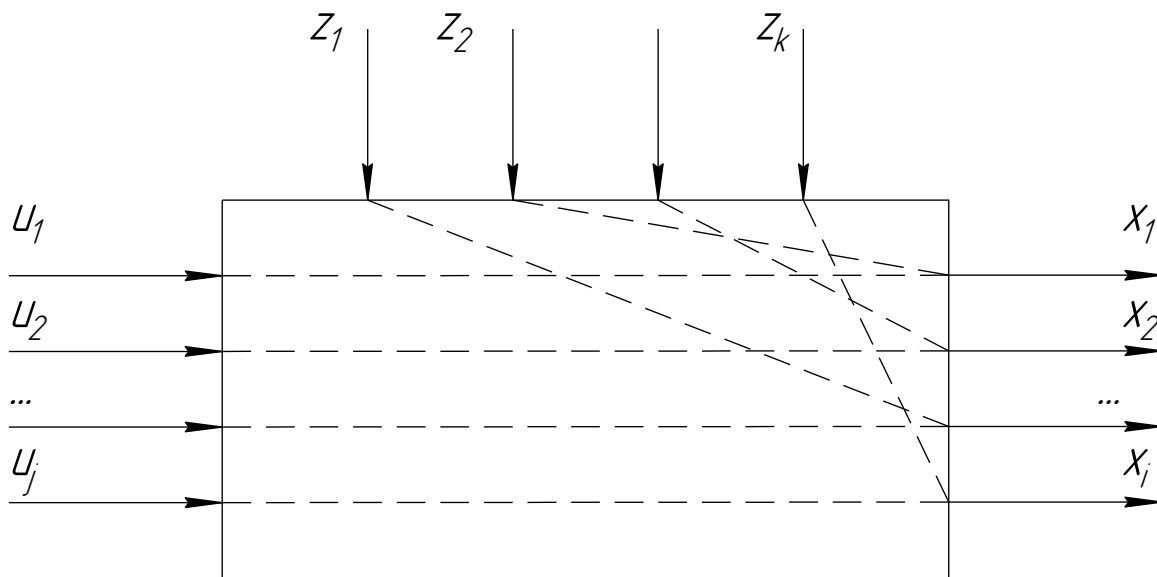


Рис. 5.1 Загальна параметрична схема процесів

Групу діянь у свою чергу поділяють на керовані і збурювальні Z_k . До перших входять вхідні величини, які можна легко змінити і які безпосередньо впливають на керований параметр, до других – незалежні або такі параметри, які неможливо виміряти, хоча вони також впливають на вихідні параметри.

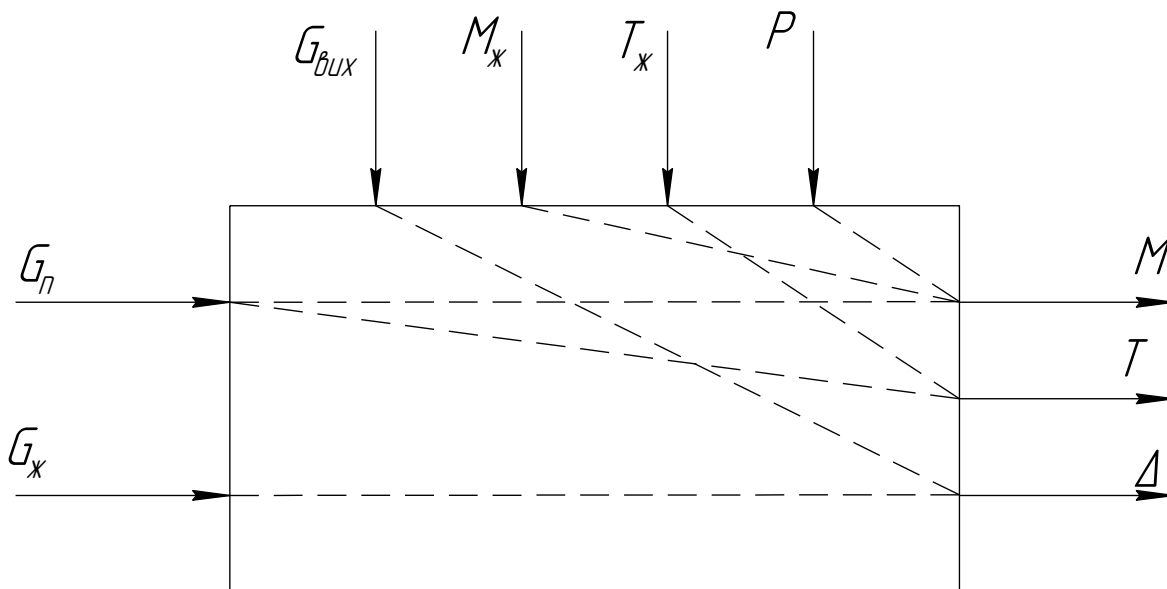


Рис. 5.2 Параметрична схема сушильної установки жому.

M – вологість жому (керований параметр);

$M_{ж}$ – вологість сирого жому;

$G_{п}$ – кількість жому, що надходить в сушарку;

$G_{ж}$ – кількість жому, що надходить в сушарку;

$T_{ж}$ – температура жому, що надходить на сушку;

P – тиск газу;

$G_{вих}$ – кількість жому, що відбирається;

T – температур димових газів (керований параметр).

Вибираємо управляючі та контролюючі змінні.

Управляючі: кількість палива, маса жому, розрідження в топці, температура відпрацьованих газів.

Контролюючі: рівень жому в сушарці, вологість сирого жому.

Головний показник, по якому визначають про оптиммальність технологічного процесу – критерій оптимізації.

В даній схемі автоматизації критерієм оптимізації є вологість жому, яка регулюється витратою палива в топці з розрахунку вологості сирого жому. Використовуємо як критерій оптимізації температуру газів на виході з апарату, яка характеризує кількість води в сирому жомі на вході в барабан і в сухому жомі на виході з барабану.

Машина, агрегат, апарат	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи регулювання	Додаткові вимоги	Примітка
Топка	Температура (на щиті)	800...900 °С	Контроль	Покази		
			Регулювання Ручне	Стабілізація	Дія на електричний виконувальний механізм	
Камера змішування	Температура (на щиті)	750 °С	Контроль	Покази, регулювання, контролювання		
			Регулювання	Стабілізація	Дія на електричний виконувальний механізм	
	Тиск за сушильним барабаном	350...400 Па	Контроль	Дистанційна передача		
			Регулювання	Підтримання в заданому діапазоні	Дія на електричний виконувальний механізм	
Транспортер	Витрата (на щиті)	175 т/добу	Контроль	Покази, регулювання, контролювання		
			Регулювання	Підтримання в заданому діапазоні	Дія на регулюючий клапан	
Вивантажувальна камера	Температура димових газів (на щиті)	120...140 °С	Контроль	Показники		
			Регулювання	Сигналізація	Дія на регулюючий клапан	

Табл. 5.1. Завдання на розробку схеми автоматизації

5.3. Структурні схеми контролю і регулювання

Процес регулювання полягає в підтримуванні заданого значення регульованої величини об'єкта.

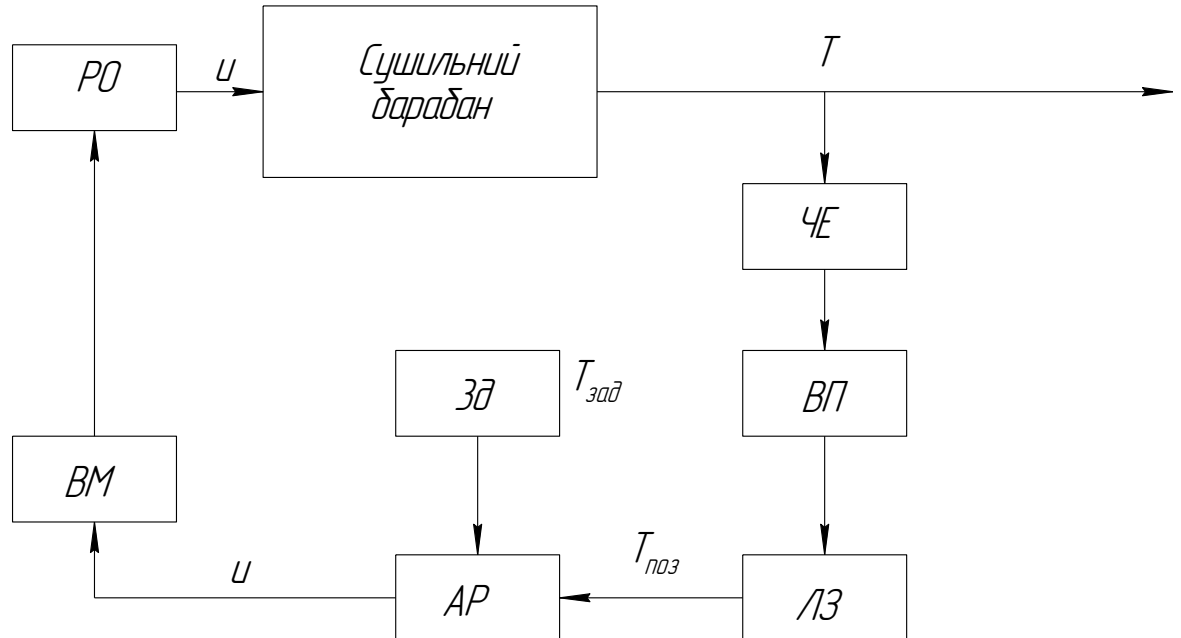


Рис. 5.3 Структурна схема контролю і регулювання лінії сушки жому

Об'єктом управління є сушильний барабан в якому проходить технологічний процес. Для його ефективності необхідно підтримувати $T=T$ задане. В результаті дії різних збурень значення T (температура) відхиляється від заданого. Чутливий елемент (ЧЕ) встановлений в об'єкті управління, реагує на поточне значення T і перетворює його у відповідний сигнал, який надходить на вторинний прилад (ВП), що показує поточне значення регульованої величини та за допомогою лінії зв'язку (ЛЗ) надходить на автоматичний регулятор (АР). На вході АР є елемент порівняння, на який крім T , надходить також сигнал завдання від задавача (ЗД). На елементі порівняння визначається відхилення $\Delta T = T - T_{\text{задане}}$ після чого АР змінює регульовальне діяння u . Виконавчий механізм (ВМ) перетворює вихідний сигнал регулятора u в механічне зусилля, яке потрібне для перемішування регульовального органу РО, який в свою чергу змінює подачу жому в апарат, в барабан таким чином, щоб ліквідувати різницю ΔT .

В нашому випадку РО являється електричним виконувальним механізмом.

Вибір технічних засобів автоматичного контролю і регулювання.

Найбільш ефективною системою керування процесом сушки жому являється регулювання подачі палива по вологості сирого жому.

Витрату повітря вимірюють за допомогою нестандартної діафрагми прямокутного перетину. Витратомір палива і повітря, що надходить в топку складається із звужувального пристрою-діафрагми, безшкального дифманометра з диференційно-трансформаторною передачею типу ДМ 3582 з класом точності 1, 1,5.

Недоліки витратоміра: невисока точність (1,5-3,0%), нелінійна залежність між витратою і перепадом тиску тощо.

Температура в топці і димових газів регулюється за допомогою автоматичного моста КСМ-3 з вбудованим ПІ-регулятором. Показувальний та самописний малогабаритного типу із записом на дисковій діафрагмі. Для вимірювання опору застосовують нульовий метод вимірювань. Переваги: більш точні вимірювання, але вони складні за конструкцією і в обслуговуванні.

Розрідження в камері змішування вимірюється безшкальним диференційним манометром з диференційно-трансформаторною передачею ДМ-3582 чутливим елементом якого є мембранний блок. Простий і компактний за конструкцією, надійний в роботі, має широкий діапазон вимірювання тиску – від 0,1 до 260 мПа.

Температуру в топці вимірюємо показувальним приладом манометричним термометром з діапазоном вимірювання – 200 °С до 2000 °С. Принцип дії ТПГ ґрунтується на залежності тиску у замкненому об'ємі від температури. Відноситься до спеціальних приладів.

Табл. 5.2. Специфікація на прилади і засоби автоматизації.

Позиція на схемі автоматизації	Найменування	Технічна характеристика	Тип	Кількіст	Примітк
1а	Перетворювач навантаження транспортера	Клас точності – 1; габаритні розміри 116×237×195, маса бкг, перетворює рівень в стандартний сигнал	ПЧТ	1	
1б, 2а	Діафрагми	Стандартний звужувальний пристрій ЧЄ, похибка ±0,6-2,5% без градуювання для трубопроводів з Ø від 50 мм і >	БДЧ	2	
1в, 2в	Вимірювачі різниці тиску	З дистанційною передачею показів	«Сапфір -22 ДД»	2	
1г, 2г, 5д, 6а, 7а	Прилади технологічного	Мають тіньову шкалу з відрахунком вимірюваної величини на червоною і зеленою кольорів. Ці прилади живляться від електричної мережі змінного струму $u=24$ В, частотою 50 Гц	ППВ 1.3 ППВ 1.34	5	
1д, 2д, 3б	Регулятор (температури)	Кліматичне виконання Т категорії. Діапазон регулюючих температур 40-80 °С похибка ±1	РГ 29 РГ-3-Т4	3	
4б	Регулятор (тиску)	Діапазон контролюючого тиску 0,006-0,06 МПа	ДД-1	1	
1ж, 2б, 3а	Термоелектричні і перетворюючі температури	Рідкі, тверді і газоподібні середовища в енергетичних установках межа виміру 0-1000°С, мах тиск 0,4, без арматури	ТХА-1439 ХА	3	

Продовження табл. 5.2.

1е, 2е, 3в, 4в	Виконавчі механізми	Споживча потужність 80 В·А. Розміри 366×362×325, крутний момент 245 Н·м Призначені для автоматичного і дистанційного керування РО	НЭО-250/25-0,25	4	
4а	Тягомір диференційний	Клас точності 1, межа виміру 0,6, 1,2, 3кПа	ДТ-2	1	
10а, 10б, 11а	Сигналізатори автоматики безпеки	Передають сигнал у випадку небезпеки на лампу розжарювання	НЛ 1,2,3	3	

5.4. Опис схеми автоматизації.

Для стабілізації температури вихідних димових газів з барабану 4 жомосушки здійснюється регулятором співвідношення 1д, ведучим параметром якого є витрата жому, виміряна перетворювачем навантаження транспортера 1а, а відомим – витрата палива, виміряна діафрагмою в сукупності з вимірювачем різниці тиску 1в.

Температура димових газів, яка виміряна термоелектричним перетворювачем 1ж, являється параметром, що керує відношення витрат жому і палива.

Регулятор діє на подачу палива за допомогою виконувального механізму 1е і регулюючого клапана. Стабілізація співвідношення витрат палива і первинного повітря передбачена з корекцією температури в топці дією на подачу повітря, витрата якого регулюється за допомогою регулятора співвідношення 2д і виконувального механізму 2е.

Витрату повітря вимірюють за допомогою нестандартної діафрагми прямокутного перетину 2а разом з вимірювачем різниці тисків, або імпульсу тисків в повітроводі. В останньому випадку вимоги до стабільності розрідження в топці зростають. Призначення корекції по температурі в топці – запобігання футеровки від небезпечної для неї підвищення температури в топці 1 при збільшенні теплового навантаження шляхом збільшення коефіцієнта надлишку повітря. Ця температура вимірюється термоелектричним перетворювачем 2б.

Стабілізація температури і розрідження в камері змішування 2 досягається за допомогою двох контурів, які складаються з термоелектричного перетворювача 3а, регулятора 3б, виконувального механізму 3в, диференційного тягометра 4а, регулятора 4б, виконувального механізму 4в. Регулюючим органом є направляючі апарати відповідно вентилятора вторинного повітря та димонасоса.

Жомосушильна установка споряджена засобами технологічного і теплового контролю: приладами 1г, 2г, 5г, 5д, 6а, 7а, 8а, 8б, а також автоматикою безпеки – сигналізаторами 10а, 10б, 11а.

Таким чином режим сушильної установки регулюють з урахування фактичної витрати жому, тобто по навантаженню, коли при різних і частих коливаннях витрат жому важко утримувати вологість сушеного жому в необхідних межах. Тому, якщо дозволяють умови виробництва, витрату жому потрібно підтримувати постійною.

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

6.1. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Це відділення відноситься до вибухонебезпечної категорії Б. Всі електродвигуни, освітлювальні прилади та інші електричні елементи мають бути виконані у вибухозахисному варіанті.

Перед початком монтажу обладнання перевіряють комплектацію та супроводжуючу документацію. Так як обладнання установки монтується на різних етапах одночасно, то необхідно передбачити паралельний монтаж кількох видів обладнання. Перед початком монтажу сушильної установки, необхідно:

- провести огляд барабана, завантажувальної та розвантажувальної камер, опорних та упорних роликів, виявлення пошкодження усунути;
- перевірити електродвигуни і редуктори, звірити їх характеристики з проектним завданням;
- перевірити фундамент установки на перекус, який не повинен перевищувати 1°, розмітку фундаментних болтів, прив'язки і звірити їх з проектом;
- перевірити наявність ушкоджень та перевірити їх на пошкодження;
- при монтажі електродвигунів перевіряють їх співвісність.

Черговість робіт при монтажі вентиляційних установок:

- провести огляд вентиляторів і електродвигунів і звірити їх характеристики з проектними документами;
- скомплектувати вентиляційний агрегат;
- вирівняти обладнання за допомогою металевих підкладок з перевіркою на рівнях;
- закріпити агрегат на фундаменті;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи з охорони праці та охорони довкілля	221857.KP.25.006 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 111

- вали вентилятора і електродвигуна мають бути паралельними.

Після встановлення всіх агрегатів монтують повітропроводи, необхідно звернути увагу на герметичність всієї системи. Після закінчення монтажних робіт і з'єднання відповідних агрегатів повітропроводів, проводять часткові випробування окремих агрегатів: турнікетів, вентиляторів, здійснюють пов'язані з цим налагоджувальні роботи. одночасно проводять наладку системи автоматизації і дистанційного керування. Всі змонтовані агрегати до здачі їх в експлуатацію повинні бути випробувані і відрегульовані. Монтажне регулювання проводиться з метою доведення їх параметрів до проектних.

До початку регулювання всі пристрої необхідно оглянути візуально і перевірити їх відповідність проекту. При огляді обладнання, необхідно звернути увагу на:

- установку обладнання;
- щільність з'єднань;
- встановлення шиберів;
- наявність огорожень частин, що обертаються.

Всі виявлені дефекти до початку випробувань мають бути усунені. Крім цього, також перевіряється стан лопатей вентиляторів, обертання і балансування коліс, зазор між кожухом і колесом вентилятора, надійність кріплення вентиляторів і двигунів, справність пускових пристроїв і ступінь нагріву електродвигунів в робочому стані, наявність змазки в підшипниках. Роботи по регулюванню завершуються складальним актом по відповідності формі, де вказується проектні і фактичні дані до і після регулювання характеристики встановленого обладнання, заходи, проведені при регулюванні. Обкатка і комплексне випробування в робочому стані протягом восьми годин.

6.1.1. Ремонт обладнання

Під час ремонту сушильної установки знімають огорожу, розбирають привід, розбирають ролики з підйомом барабана, очищують корпус, вузли і деталі які мають значення. При розбиранні агрегати оглядають знімають свинцеві відтиски з усіх підшипників для визначення величини зазорів, замірюють радіальні і бонові зазори в зачепленні шестерні. Виявляють, чи немає задирів, осях роликів і шийках валу привода. Визначають овальність і потужність шийок валу, перевіряють посадку на валу приводної шестерні, шківів, муфти.

Лопатки барабана повинні мати правильну форму і міцно закріпленні.

Якщо на бандажі з'явилися поперечна або повздовжня тріщини, місцеві нерівності або його поверхня стає конусоподібною, що не дає можливості повного монтажу бандажа з роликом, а також у випадку значного зношення, бандажі замінюють новими. Поверхні бандажів і опорних роликів повинні бути частини і мати правильну циліндричну форму, що забезпечує обертання барабана без ривків і пробуксовує опорні ролики виготовляються із більш м'якого матеріалу, ніж барабані. Радіальне биття не більше 3 мм, ролика-0.5 мм. Зубчатий вінець і приводну шестерню міняють при зношені на 30%

При зношені вкладишів підшипників приводу, їх розточують або змінюють на новими з послідоючого шабровою, добиваючись прилягання вкладишів до валу. Зношення стінок корпуса барабана допускається до остаточної товщини 3 мм. Під час ремонту допоміжного обладнання відбувається розбирання приводів, огляду підшипникових вузлів. При виявленні пошкоджень їх усувають, а при неможливості усунення замінюють новими. Після збирання обладнання, відбувається змащення всіх вузлів, замінюється мастило в редукторах приводів.

Під час ремонтних робіт, обладнання відключається від електричної мережі, паропроводів, трубопроводів для безпечної роботи виробничого персоналу.

6.1.2. Експлуатація сушильних установок

Під час обслуговування сушильних установок необхідно слідкувати за вологістю цукру, який виходить з сушарки: при тарному зберіганні вона повинна становити 0,1-0,15%, а при безтарному зберіганні 0,03-0,05%. з цією метою контролюють рівномірність подачі цукру в барабан, початкову та кінцеву температуру сушильного агенту і розрідження в апараті. В сушильному відділенні заборонено користуватись відкритим вогнем. В період експлуатації необхідно слідкувати за роботою роликів, зубчатих передач, роботою приводів і своєчасним змащуванням підшипників.

6.1.3. Експлуатація газогенераторного комплексу

Важливішою умовою безпеки при експлуатації топок, газогенераторів і сушилок є постійна наявність тяги – невеликого розрідження, яке утворюється димососами – вентиляторами або високими димовими трубами.

В топках, які працюють на газоподібному паливі, при невірному розжигу або порушенні процесу горіння (неповне згорання палива) можуть відбуватися вибухи, викиди полум'я, які визивають руйнування топок, димоходів та небезпеку виробничого персоналу. Для запобігання цього, топки споруджують пусковим (від електромережі) запальним засобом, який підпалює горілку, після чого стає можливою подача газу в основну горілку.

Для захисту топок, газогенераторів, сушок і газогенераторів від руйнувань у випадку невеликих вибухів («хлопків») в торцевих стінках по

ходу газів, особливо в місцях поворотів газових потоків, передбачаються пристрої запобіжних, легко руйнівних і відновлювальних панелей (вибухові мембрани).

При застосуванні твердого палива в газогенераторі необхідно механізувати загрузку, встановити в завантажувальних отворах бункерів решітки, мати механічні або вібраційні засоби для руйнування зводів і зависання палива.

Загрузочні пристрої повинні виключати прорив газів, що досягається за допомогою шлюзових камер з подвійними затворами.

Небезпека передбачається у витоці горючого газу в робоче приміщення. Періодичні огляди, перевірка герметичності (за перепадом тисків на окремих ділянках), а також своєчасне усунення неполадок забезпечують безпеку систем подачі газоподібного палива.

Для запобігання проскоку блискавок між топкою і сушкою ставлять вогнегороджуючі сітки або гравійні фільтри.

Для захисту від електромагнітної індукції між трубопроводами та іншими металевими предметами в місцях їх взаємного зближення на відстані 10 см і менше, через кожні 20 см слід приварити перемички із сталевого дроту Ø6мм.

6.2. Охорона праці

В основу державної політики покладено принцип створення здорових та нешкідливих умов праці шляхом ліквідації тяжкої фізичної праці, впровадження нової техніки. Охорона праці в нашій країні регулюється на основі закону «Про охорону праці» від 14.10.1992, «Кодексу законів про працю України», «Правил охорони праці в цукровому виробництві», закон «Про пожежну безпеку» від 17.11.1993, а також іншими нормативно правовими актами і інструкціями.

6.2.1. Організація охорони праці на виробництві

У відповідності з діючим законодавством України, на адміністрацію підприємств та організацій покладається проведення інструктажів працівників та службовців по техніці безпеки. Інструктаж працюючих на небезпечних ділянках проводять незалежно від їх кваліфікації та стану роботи, по наступних основних видах:

- ввідний інструктаж
- інструктажі на робочому місці
- цільовий інструктаж
- повторний інструктаж
- позачерговий інструктаж

Ввідний інструктаж по техніці безпеки з усіма влаштованими на підприємство працівниками, проводить інженер по охороні праці.

Перед допуском до самостійної роботи з кожним новоприбулим командированим, що виконує нову роботу, безпосередньо на робочому місці проводять первинний інструктаж. Проводиться майстром з кожним працівником окремо по кожному виду робіт.

Повторний інструктаж проводить майстер на робочому місці з встановленою для даного виду робіт періодичністю.

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально. Він проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушеннях працівниками техніки безпеки.

Цільові інструктаж проводиться з працівниками перед виконанням робіт, на які оформлюється наряд-допуск, в якому фіксується інструктаж.

6.2.2. Фінансування

Щорічно витрати на охорону праці складаються з витрат на впровадження заходів, направлених на покращення умов і підвищення його безпечності, пільги і компенсації.

В зв'язку з несприятливими умовами праці, відшкодування наслідків несприятливого впливу умов праці на працюючих.

Витрати направлені на покращення умов праці і підвищення її безпеки, на підприємствах складається з двох основних частин:

Номенклатурні заходи, передбачені договорами по охороні праці

Придбання спецодягу, взуття і інших засобів захисту і запобіжних пристроїв

Всі заходи по охороні праці фінансуються з фонду охорони праці підприємств, який складає 0.5% від прибутку підприємств.

6.2.3. Шкідливі речовини, методи боротьби.

Жомосушильне відділення характеризується підвищеним виділенням цукрового пилу. Він утворюється тертям кристалів в обладнанні при транспортуванні. Особливо багато його утворюється в сушильному барабані, а тому технологічна схема передбачає уловлення утвореного пилу. Б

Безпека гарантується постійним невеликим розрідженням, яке виключає запилення або більш великим вакуумом. Пил вловлюється в

циклонах, мішкових, вовняних, смоляних фільтрах або мокрих пиловловлювачах. Розчинники вловлюються в конденсаторах і адсорберах.

6.2.4. Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання

Обслуговування та експлуатація сушильних ліній пов'язана з наступними небезпечними чинниками: небезпека ураження електричним струмом, небезпека травмування частинами апарату, що обертаються, вибухо- та пожежонебезпекою.

Важливішою умовою безпеки при експлуатації топок, газогенераторів і сушилок є постійна наявність тяги – невеликого розрідження, яке утворюється димососами – вентиляторами або високими димовими трубами.

В топках, які працюють на газоподібному паливі, при невірному розжигу або порушенні процесу горіння (неповне згоряння палива) можуть відбуватися вибухи, викиди полум'я, які визивають руйнування топок, димоходів та небезпеку виробничого персоналу. Для запобігання цього, топки споруджують пусковим (від електромережі) запальним засобом, який підпалює горілку, після чого стає можливою подача газу в основну горілку.

Для захисту топок, газогенераторів, сушок і газогенераторів від руйнувань у випадку невеликих вибухів («хлопків») в торцевих стінках по ходу газів, особливо в місцях поворотів газових потоків, передбачаються пристрої запобіжних, легко руйнівних і відновлювальних панелей (вибухові мембрани).

При застосуванні твердого палива в газогенераторі необхідно механізувати загрузку, встановити в завантажувальних отворах бункерів решітки, мати механічні або вібраційні засоби для руйнування зводів і зависання палива.

Загрузочні пристрої повинні виключати прорив газів, що досягається за допомогою шлюзових камер з подвійними затворами.

Небезпека передбачається у витоці горючого газу в робоче приміщення. Періодичні огляди, перевірка герметичності (за перепадом тисків на окремих ділянках), а також своєчасне усунення неполадок забезпечують безпеку систем подачі газоподібного палива.

При роботі в жомосушильному відділенні необхідно:

- здійснювати постійний контроль за виконанням заданих технологічних параметрів по приладах, встановлених на шафах і щитах оператора;
- зупиняти апарат при виявленні в його механізмах різких стукотів, сильних вібрацій і перевантажень;
- дотримувати в постійній чистоті підлоги майданчиків обслуговування і ступеня драбин.

6.2.5. Вентиляція

У жомосушильному відділенні передбачено витяжку вентиляцію з механічним збудженням. Повітря перед викидом в атмосферу проходить очистку у мокрому циклоні. Вентиляційне обладнання, що розміщується у вибухонебезпечному приміщенні, виконується в вибухозахисному виконанні. Для концепції повітря, що видаляється системою з приміщення, передбачено влаштування припливної камери. Регулювання подачі повітря здійснюється за допомогою решіток.

6.2.6. Побутові приміщення

Побутові приміщення повинні відповідати вимогам СН 245-84, СНиП 2.09.04-87. Технологічний процес в цукросушильному відділенні обслуговує два працівника, а тому побутове і санітарне обслуговування для них передбачене в приміщеннях головного корпусу, які розташовані поряд з робочими місцями.

Заходи боротьби з шумом і вібрацією

Систематична дія виробничих шумів і вібрації на працюючих призводить до зниження продуктивності їх праці, різним важким захворюванням. У зв'язку з цим особлива увага надається боротьбі з шумом і вібрацією.

Передбачений проектом сушильний апарат не є джерелом підвищеного шуму та вібрації. Але деякі частини обладнання є джерелом шуму і вібрації. Це насоси і вентилятори. Всі вентилятори розміщені в середині приміщення. Зменшення шуму досягається встановлення їх на віброоснові, а також відгородження вентиляторів стінами від основного приміщення

6.2.7. Освітлення

Для забезпечення освітленості передбачається природне і штучне освітлення. Освітлення відповідає вимогам СН і ПІ-4-79 і ДСТУ 18.384-81. В денний час максимально повинне використовуватися денне світло, що поступає в приміщення через вікна а у разі потреби - через заklenі ліхтарі і крівлі . Робочі місця, які в денний час з технічних причин не можуть бути забезпеченні природним освітленням повинні освітлюватися електричним світлом. Для забезпечення освітленості в темний час доби використовують світильники з люмінесцентними лампами або лампами розжарювання.

Для розряду зорової роботи ІІІ підрозряду г, встановлені такі норми освітленості:

При комбінованому освітленні (газорозрядні лампи та лампи розжарювання) – 200 лк.

При загальному освітленні (газорозрядні лампи) - 75 лк.

При загальному освітленні (лампи розжарювання) - 100 лк.

Передбачене джерело понижуючої напруги (24 В) для вмикання переносних світильників і ручного електроінструменту.

Перші використовуються для загального освітлення, другі - для місцевого і аварійного освітлення.

Освітлення приміщень жомосушильного відділення здійснюється через вікна вдень, а в ночі при необхідності використовуються світильники, або при необхідності використовуються комбіноване освітлення. Так як реконструйована будівля використовується за призначенням, перерахунок освітлення не приводиться.

В електроосвітлювальній апаратурі використовують світильники з люмінесцентними лампами типу ЛСП-18 и світильники з лампами розжарюванням НСП-02. Для ремонтного освітлення використовуються світильники РВО42

Напруга мереж освітлення:

- робоча 220 В
- аварійна 220 В
- ремонтна 12 В

Мережі всіх видів освітлення роздільні і використовуються кабель марки АВВГ, що прокладаються по стінах на скобах.

6.2.8. Електробезпека, статична електрика, захист від блискавок

Для обмеження можливості попадання обслуговуючого персоналу під безпеку для життя напругу, передбачається захисне занулення.

Занулення електрообладнання повинно виконувати згідно вимог ПУЕ.

Занулення електрообладнання (електродвигунів, постів управління) у вибухозахисному приміщенні цукросушильного відділення необхідно виконувати тільки приєднання спеціальної нульової захисної жили кабелів до заземленого електрообладнання. Нульова жила кабелю приєднується до глухо заземленої нейтралі транспортера.

Для запобігання проскоку блискавок між топкою і сушкою ставлять вогнегороджучі сітки або гравійні фільтри.

Для захисту від електромагнітної індукції між трубопроводами та іншими металевими предметами в місцях їх взаємного зближення на відстані 10 см і менше, через кожні 20 см слід приварити перемички із сталевого дроту Ø6мм. Використовують два види захисту від ураження

Існує два види захисту від ураження електричним струмом:

колективні;

індивідуальні;

До колективних засобів захисту відноситься ізоляція усіх струмоведучих частин обладнання, а також встановлення огороження для двигунів.

До індивідуальних засобів захисту відносяться: ізолюючі рукавиці, резинові чоботи, спецодяг, також мають бути ізольовані усі інструменти, якими ремонтуються струмоведучі частини.

6.2.9. Пожежна безпека

Жомосушильне відділення відноситься до категорії приміщень Б за пожежонебезпекою. Приміщення, в яких спалюють паливо, зокрема газ, відноситься до категорії Г. Категорія пожежонебезпеки приміщень визначається для найбільш несприятливого по відношенню пожежі, виходячи з видів апаратів, горючих речовин і матеріалів, особливостей технологічних процесів.

Данне відділення жомосушки відноситься до категорії Б приміщень за пожежонебезпекою.

На випадок загоряння сушки забезпечують відділення системою автоматичного пожежогасіння.

Система пожежної сигналізації виконана з шлейфів, пожежних оповісників і приєднуються до пульта ППС-1, встановлюється в приміщенні прохідної.

Пожежні оповіщення прийняті автоматичні типу ЦП-103-2\2 і ручні типу ИПР. Шлейфи пожежної сигналізації виконані кабелями марки ВВГ, що прокладені по стінах відкрито, на скобах, під перекриттям. Сигнал тривоги подається за пульта ППС-1 до пожежного депо за допомогою резервної жили існуючого телефонного кабелю. Біля місць установки ручних пожежних оповісників ИПР ззовні будівлі необхідно передбачити вказівні знаки згідно з ГОСТ-124026-76.

Протипожежна безпека відділення досягається впровадженням конструкційних матеріалів, яку мають необхідну границю вогнестійкості і забезпечують будівлі необхідну ступінь вогнестійкості, згідно СНІП 20102-85. На заводі також первинні бути засоби пожежогасіння: вогнегасники, бочки з водою, лопати, сухий пісок.

Витрата води на пожежогасіння, яка необхідна для тушіння пожежі протягом 3-х годин:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot n}{1000} = 108 \text{ м}^3$$

де: n — секундна витрата води на внутрішнє (5 л/с) і зовнішнє (10 л/с) пожежогасіння, л/с; 3600 і 1000 - перевідні коефіцієнти відповідно годин в секунди і літри в м³.

Пожежний під'їзд до будинку, шляхи евакуації на поверхах евакуаційні виходи і пожежно-евакуаційні сходи мають бути виконані згідно вимог СНП 20102-85.

6.3. Охорона довкілля

6.3.1. Екологічні проблеми галузі.

Несприятлива екологічна ситуація, що склалася в деяких регіонах, України не знайшла відповідного відображення у програмах розвитку державного агропромислового комплексу, зокрема бурякоцукрового сектора. Деградація природних ландшафтів і екосистем, забруднення біосфери шкідливими хімічними сполуками прискорили збільшення захворювань, особливо серед дітей у зонах виробництва цукру. Крім того, низька конкурентоспроможність технологій бурякоцукрового виробництва на світовому ринку може в недалекому майбутньому призвести до зміни інфраструктури, навіть стратегії розвитку всього агропромислового комплексу України.

Так, нові економічні й екологічні умови природокористування передбачають плату за забруднення навколишнього середовища, тому доречніше виробляти сухий гранульований жом.

Повністю уникнути екологічних втрат при виробництві цукру найближчим часом неможливо, однак досить реально і навіть необхідно

визначити соціальне прийнятний рівень і шляхи зниження цих витрат на всіх стадіях буряк цукрового виробництва

Але існують альтернативні шляхи зниження екологічних витрат. По-перше, використання нових технологій, більш екологічно та економічно вигідніших. По-друге раціональне використання відходів бурякоцукрового виробництва

Цукрові заводи є одними з найбільших забрудників атмосфери. До атмосфери внаслідок технологічних процесів надходять :

- 1) – сірчистий газ після сульфатації соків, сиропів і живильної води;
- 2) – CO_2 і NH_3 при проведенні сатурації соку, їх випарюванні та кристалізації;
- 3) – вапняковий пил від випалювальних печей;
- 4) – жомовий пил від жомосушок;
- 5) – цукровий пил від сушіння, трембування упаковки цукру;
- 6) - викиди енергетичних установок (котелень) : оксиди сірки, азоту, вуглецю, пилу при спалюванні рідких видів палива.

Перехід на механізований спосіб збирання цукрового буряка без ручної доочистки коренеплодів призвів до значного підвищення забрудненості буряка, який поступає на цукрові заводи. Цьому сприяють погані погодні умови вирощування та збирання буряка, порушення агротехніки його вирощування та агротехнічних вимог на бурякозбиральні машини. В результаті загальна забрудненість буряка склала 12,8 % а в деяких випадках досягла 20 % і навіть більше.

Дослідження фракційного складу вихідної забрудненості буряка механізованого збирання показали, що близько 75 % домішків

припадає на землю (вільну та зв'язану). Інша частина домішків представлена вільною та зв'язаною гичкою і трав'янистими домішками - близько 25 %, в тому числі 2 % бурякової маси (бій та хвостики буряка).

Аналізи проведені на одному з цукрових заводів показали, що середній склад землі, яка поступає з буряком, складає: сухі речовини - 59,83 %, загальний азот - 0,48 %, КгО - 1,0 %. P_2O_5 - 0,19 % при середньому врожаї цукрового буряка з 1 га 26,6 т, загальною забрудненістю 12,8 % і вмістом землі в домі піках 75% разом з нею на цукровий завод з кожного гектара посіву поступає: азоту - 12,27 кг, K_2O - 25,4 кг, P_2O_5 - 4,91 кг. Для поновлення полів при вказаних втратах необхідно вводити з добривами відповідно 73,53 кг селітри, 40,87 кг хлористого калія і 28,91 кг суперфосфату.

Але найголовнішим є те що видалення з полів разом з коренеплодам землі наносить шкоду верхньому родючому шару ґрунту, який неможливо відновити, і призводить до зниження в ньому вмісту гумусу . В зв'язку з цим необхідно поряд з вдосконаленням бурякозбиральної техніки і зниженням забрудненості буряка, який подається на цукрові заводи, забезпечити максимальне відділення землі при прийманні і її поверненні на поля. Повернення землі на поля може бути здійснене тим же транспортом, яким буряк подається на бурякопункти.

На сьогоднішній день НДЦП розроблена стаціонарна установка, яка складається з системи грохотів для відділення і класифікації домішків буряка на крупну та мелку бурякомасу, гичку та землю. Така установка дозволяє відділити від буряка при вкладанні його в катати до 50 % домішок. Враховуючи, що відлічена при прийманні буряка земля містить велику кількість цінних мінімальних речовин та гуминових сполук і всі інші

мікроелементи, які в ній містяться в збалансованому відношенні, другим напрямком - є використання її для отримання органічних добрив, в тому числі амонізованого, живильних ґрунтів для теплиць, живильних брикетів.

6.3.2. Характеристика відходів.

Транспортерно-мийний осад.

Транспортерно-мийний осад утворюється в відстійниках в процесі очистки транспортерно-мийних вод, які використовуються для подачі буряка і його очистки від домішок. Він містить до 93% мулу і мілкового піска. Інша частина осаду представлена органічними і мінеральними домішками, що підвищує його цінність. Розбавлений транспортерно-мийний осад з відстійника подається в виробничі стічні води, які піддаються природній або синтетичній біологічній очистці. При цьому транспортерно-мийний осад та інші осади попередньо відділяються від стічних вод в земляних відстійниках.

В літній час підсушений осад вивозиться в долини і на непридатні для сільського господарства землі і таким чином майже не використовується в сільському господарстві. Завантаження та вивезення осаду пов'язані зі значними матеріальними витратами. Більш раціональною є розроблена в останні часи обернена система гідравлічного видалення транспортерно-мийного осаду, яка передбачає його видалення на спеціальні земляні відвали-відстійники, де відбувається відділення твердої фази від рідини відстоюванням. Відстійні води повертаються в обернену систему транспортерно-мийних вод. Застосування окремої оберненої системи видалення транспортерно-мийного осаду дозволяє отримувати осад в чистому вигляді. Такій осад не містить каміння, крупного піску, збагачений органічними домішками, яві перейшли в воду при гідротранспортуванні

буряка, і більш цінний в порівнянні з вихідною землею, яка поступає на завод з буряком. Недоліком такої системи є необхідність відведення значних площ землі під відстійники.

НДЦП розроблена система очистки транспортерно-мийних вод з обезводненням осаду в відстійних центрифугах типу НОГШ до вологості

35-40%, що дозволяє використовувати його безпосередньо після зневоднення і підсушки для потреб сільського господарства

За кордоном також проводяться дослідження по зневодненню і транспортно-мийного осаду на стрічкових фільтрах, вакуум-фільтрах та в центрифугах.

Транспортно-мийний осад та земля, яка відділяється при прийманні буряка можуть широко застосовуватись для отримання компостів, комплексних органо-мінеральних добрив.

Можливо також використання транспортерно-мийного осаду для заземлення малопродуктивних ґрунтів знизити витрати на ці потреби.

Широке використання транспортерно-мийного осаду стримується тим, що до теперішнього часу на нього не встановлені науково обґрунтовані ціни.

Фільтраційний осад.

Фільтраційний осад утворюється при взаємодії нецукрів дифузійного соку з вапном та вуглекислим газом. Вологість осаду безпосередньо після вакуум-фільтрів складає до 50% по відношенню до загальної маси. Він представляє собою густу, липку масу, яку важко транспортувати та перевантажувати.

Кількість осаду, який утворюється, складає 8-12% до маси перероблюваного буряка і залежить від сумарної кількості вапна, яке використовується для очистки. Витрат вапна, в свою чергу, визначаються

якістю буряка, технологічним режимом очистки і особливостями підготовки вапнякового молочка

Кожного року на цукрових заводах утворюється 7-8 млн.т фільтраційного осаду. Його видаляють гідравлічним чином, шляхом розбавлення в мішалці водою в відношенні 1: 5. Приблизний хімічний склад фільтраційного осаду (% до сухих речовин) наступній: цукор - 2,0; пектинові речовини - 1,7; безазотисті та азотисті органічні речовини - 15,4; вуглекислий кальцій - 74,2; вапно в вигляді солей різних кислот - 2,8, інші мінеральні речовини - 9,9. По хімічному складу фільтраційний осад можна розцінювати як комплексне органо-мінеральне добриво, яке є придатним для зниження кислотності ґрунтів та збагачення їх елементами живлення рослин. Завдяки високому вмісту кальція осад застосовується, головним чином, як вапнякове добриво.

Багаточисленні дослідження по вивченню порівняльної дії фільтраційного осаду і стандартних вапнякових добрив на зниження кислотності ґрунтів показали, що при внесенні в еквівалентних по діючій речовині (CaCO_3) кількостях осад не поступається промисловим вапняковим добривам, а в деяких випадках краще них. Позитивна дія на врожай фільтраційного осаду, як правило, вище, ніж стандартних вапнякових добрив, що пов'язано з наявністю в осаді інших корисних для рослин речовин. При цьому фільтраційний осад найдешевший серед меліоратів і його економічно вигідно транспортувати в радіусі до 50 км.

Разом з тим при використанні осаду в сільському господарстві виникає цілий ряд проблем, пов'язаних з технологічними особливостями цього відходу. Із-за великого вмісту вологи транспортування отриманого осаду на великі відстані є недоцільним., а рівномірне розподілення його по полю при внесенні за допомогою серійних машин та механізмів неможливе. Саме тому, для видалення надлишкової вологи використовують природне сушіння осаду в відстійниках або на полях фільтрації.

Фільтраційний осад може бути використаний для отримання кормових добавок. В даному випадку найбільш перспективний осад, який відділяється до основної дефекації, який збагачений органо-мінеральними речовинами і містить відносно невелику кількість карбонату кальцію.

Запропоновані також способи використання осаду для отримання коагулянтів, резинотехнічних виробів, при виготовленні силікатної цегли.

Відсів вапнякового каміння

При транспортуванні, подрібненні і сортуванні вапняку, який використовується на цукрових заводах для отримання вапна і сатураційного газу, утворюються куски розміром 30 мм і менше, так званий відсів вапнякового каміння, який не використовується для відпалювання і є відходом виробництва. По нормам його кількість має складати до 59 % до маси вапняку але фактично вона більша і може досягати 15%. Основна кількість відсіву використовується на будівництво шляхів і ремонтно-будівельні роботи (більше 80%), інша частина подається на відвали.

Недопал і перепал.

При обпалюванні вапняку утворюються легкоплавкі ферити і алюмінати кальція, в яких частково розчиняються сілікати і вільний оксид кальція. При цьому поверхня частинок оксиду кальція покривається плівкою, внаслідок чого частина вапна стає неактивною. Утворюється так званий перепал від 3 до 7 % до маси вапняку що відпалюється, обумовлюючий втрати вапна. Крім того, в результаті неповної дисоціації карбоната кальцію утворюється недопал - від 3 до 10% до маси вапняку. Частина його разом з

перепалом використовується для ремонту шляхів. На деяких цукрових заводах крупний недопал вертають в піч для обпалювання.

Попіл і шлаки котельних.

При спалюванні твердого палива частіша попелу, якав ньому міститься, а також частинки, які не згоріли, видаляються у вигляді шпака і мілкого попелу, їх кількість залежить від складу палива і величини механічного недопалу. Вміст окремих складових шлакового матеріалу залежить від місця добування. В теперішній час на ТЕЦ застосовують гідравлічний метод попелощлаковидалення. Частина шлаку і попелу використовується в будівництві і при проведенні дорожних робіт.

Характеристика скидів.

Виробничі стічні води, яві утворюються на цукрових заводах, включають: розбавлений транспортно-мийний осад, кислу жомову воду, воду від промивки фільтрувальних тканин, мийки полів і апаратури, виварки випарної установки, мийки вакуум-апаратів, з лабораторії, промивки мезговловлювачів, скид від продувки оборотних систем вод I категорії і лаверних вод, осад жомопресової води, відстій з звалів фільтраційного осаду, стоки з котелень і т.д..

Стічні води відносяться до висококонцентрованих їх кількість - в середньому 24% до маси буряка В останні роки в зв'язку з застосуванням на цукрових заводах систем оборотного водопостачання спостерігається тенденція по зменшенню загального об'єму стічних вод. Основними очисними спорудами є поля фільтрації і непроточні біологічні водойми (ставки). На ряді заводів експлуатуються станції синтетичної біологічної очистки виробничих, і побутових стічних вод.

Стічні води містять цінні для рослин живильні речовини (азот, калій; фосфор) і можуть служити додатковим джерелом зрошування сільськогосподарських культур.

6.3.3. Характеристика викидів.

Всі викиди розподіляються на організовані і неорганізовані. Організовані – це такі викиди, що надходять в атмосферу з стаціонарних джерел забруднення. Це контрольовані викиди. Неорганізовані – це викиди, що утворюються внаслідок нещільності апаратів і трубопроводів, погано організованому транспортуванні та складанні. Це неконтрольовані викиди.

Кількість організованих і неорганізованих викидів які надходять в атмосферу при роботі цукрових заводів України становить 440 тис.тон в рік, в тому числі тверді частини (пил) – 22 тис.тон, окисли сірки – 350 тис.тон, окисли азоту – 50 тис.тон.

До основних викидів які має цукровий завод належать димові гази котельних. Склад димових газів залежить від виду палива так, при спалюванні мазута і твердого палива разом з вуглекислим газом, парами води і азотом в атмосферу викидаються такі токсичні речовини, як оксиди сірки, оксиди азота, СО, сажа та інші. Джерелом забруднення атмосфери є також пил і дим, які негативно діють на організм людини і наносить економічних збитків народному господарству.

Найбільш небезпечним забрудненням при роботі цукрових заводів є жомовий, цукровий та вапняковий пил, який має негативний вплив як на стан людини – вапняковий пил, так і на обладнання – цукровий пил.

Цуковий пил має абразивні властивості, які призводять до стирання елементів обладнання, а також до утворення вибухонебезпечних сумішей.

Одночасно цукровий пил є цінним продуктом, викид якого зменшує вихід готової продукції.

Жомовий пил є менш небезпечним але має властивість розноситись вітром на значні території.

Для зменшення надходження всіх видів пилу при роботі цукрових заводів, необхідно використовувати пилоочисне обладнання, необхідно враховувати вимоги технічної безпеки, так як цукровий пил є вибухонебезпечним пилом 1-го класу, а також вимоги гігієни, так як цукор є продукт харчовий і не повинен бути забруднений.

В теперішній час на цукрових заводах відсутні установки для очистки димових газів від оксидів азоту і сірчистих газів. Основною дією по зменшенню негативної дії токсичних газів на оточуючі райони є спорудження високих димових труб для відведення і розсіювання газів. Димові гази ТЕЦ містять 8-10% вуглекислого газу, який може бути використаний для очистки соку в процесі переробки цукру-сирця. Існує розроблена схема, яка складається з вуглекислотної станції, призначеної для вилучення СО₂ з димових газів, і складу для зберігання гашеного вапна і приготування вапнякового молока заданої концентрації.

Підвищення рівня екологізації після модернізації. Після модернізації лінії сушки жому будуть більш вигіднішими умови для виробництва гранульованого жому.

7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

7.1. Маркетингові дослідження.

Цукрова промисловість є однією із найважливіших галузей агропромислового комплексу України. За кількістю підприємств, виробничою потужністю, забезпеченням кваліфікованими працівниками вона займає одне із чільних місць в харчовій промисловості. У багатьох регіонах країни кліматичні умови сприятливі для вирощування буряків, що дає можливість інтенсивного розвитку виробництва цукру на основі власної сировини[1].

Інтенсивний розвиток промисловості та сільського господарства спричинив загострення численних екологічних проблем. Відомо, що цукрове виробництво – це складне матеріало- та енергоємне виробництво, у якому обсяги сировини та допоміжних речовин у декілька разів перевищують вихід готової продукції [2].

При виробництві цукру, крім основної продукції, утворюється значна кількість відходів, які на даний час недостатньо ефективно використовуються, а часом приносять значної шкоди навколишньому середовищу [2].

При виробництві цукру вихід побічних продуктів становить, % від маси буряків: бадилля–50...70, жому свіжого – 70...90, осаду фільтраційного– 8...12 і меляси – 4...6 [3-6].

Отже, цукрове виробництво є великим джерелом вторинних сировинних ресурсів і відходів [2]. На рис. 1 представлена класифікація вторинних матеріальних ресурсів цукрового виробництва [3-8]. В останні роки у цукровій промисловості намітилася тенденція зростання

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Маркетингове обґрунтування	221857.KP.25.007 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 134

виробництва цукру з цукрових буряків і збільшення періоду переробки буряка на цукрових заводах [9].

За загальною масою найбільша частка твердих відходів цукрового виробництва припадає на жом. Більша частина жомів даний час не використовуються і перед початком нового виробничого сезону повинна вивозитися у відвали або на поля. Це призводить до забруднення навколишнього середовища погіршує родючість землі [10].

Враховуючи обсяги переробки цукрових буряків, також те, що вихід сирого бурякового жому на цукрових заводах становить 80...83% до маси перероблених буряків, можна вирахувати обсяг виробленого бурякового жому цукровими заводами (рис. 2).

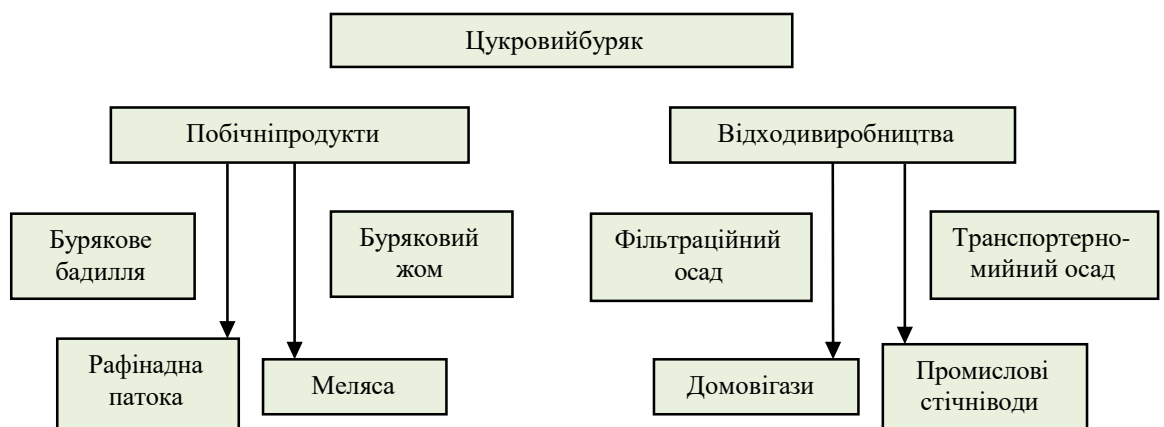


Рис. 7.1 – Класифікація вторинних матеріальних ресурсів цукрового виробництва.

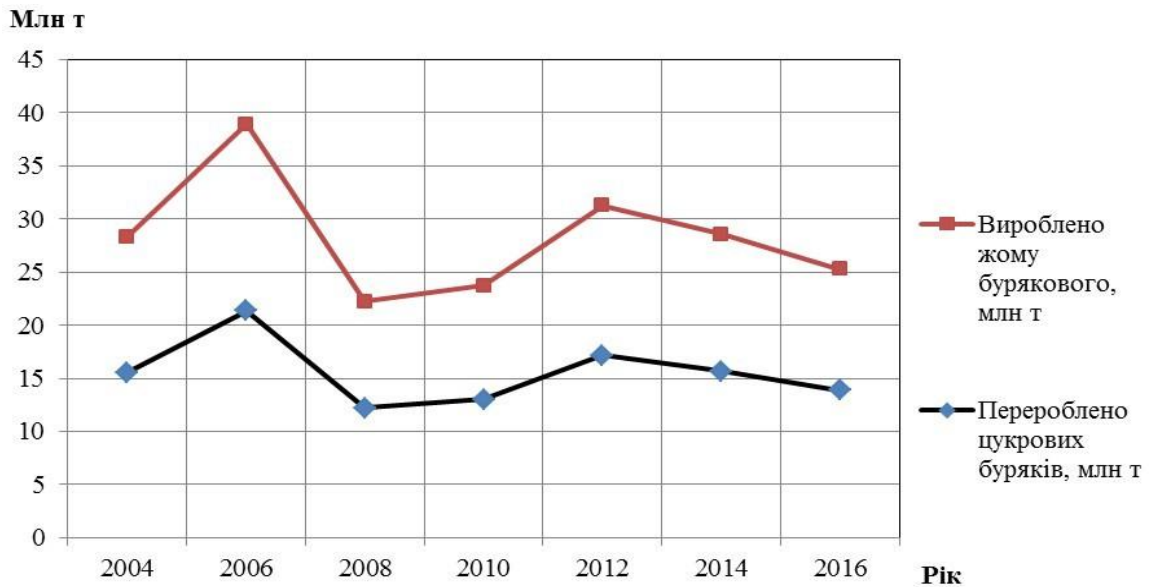


Рис.7.2–Динаміка виробництва бурякового жому в Україні, млн.т[1].

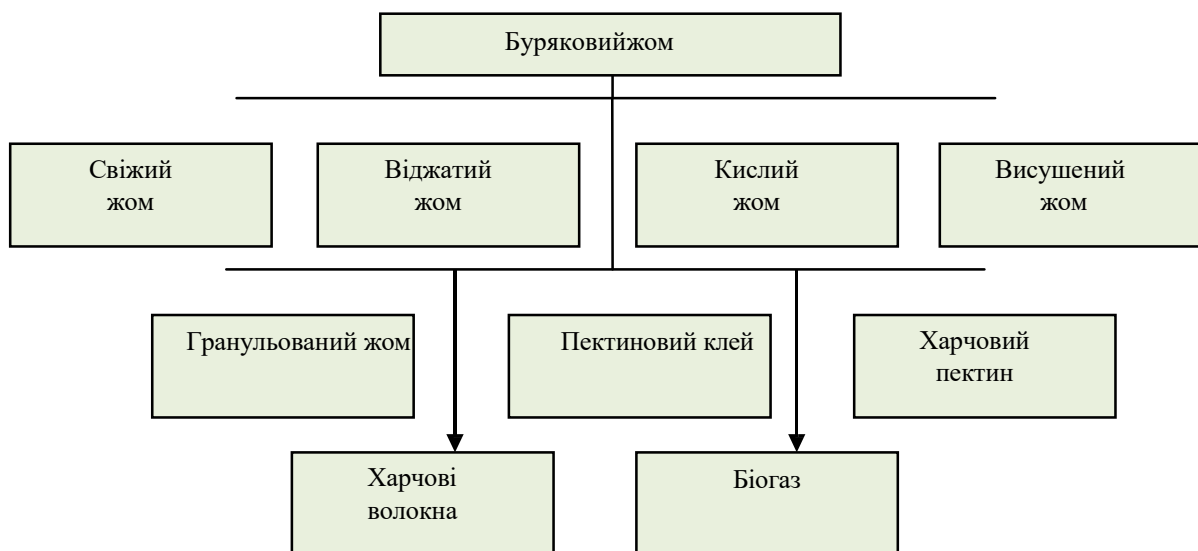


Рис.7.3–Класифікація продуктів переробки бурякового жому[3-8].

Аналіз динаміки виробництва бурякового жому показав, що протягом аналізованого періоду обсяг виробництва жому досить значний. Оскільки цей обсяг прямо залежить від кількості перероблених цукрових буряків, то його виробництво збільшується пропорційно збільшенню промислової

переробки цукрового буряка [11].

Враховуючи великі обсяги переробки цукрових буряків та виробництва бурякового жому, можна відзначити, що переробка, зберігання та утилізація бурякового жому являє собою серйозну проблему. Інтенсивно мінливі економічні умови господарювання у регіонах обробки цукрових буряків і розташування заводів з їх переробки надають особливий вплив на вирішення цієї проблеми.

На даний час можна виділити такі основні напрямки використання та утилізації бурякового жому: харчовий пектин, корм для тварин, силосування, сушка та гранулювання жому, біогаз, пектиновий клей, харчові волокна, паливо для ТЕЦ цукрового заводу тощо (рис. 3).

Основними напрямками утилізації жому на даний час є використання його у годівлі тварин у свіжому, силосованому, висушеному та гранульованому вигляді [2].

Стружка цукрового буряка після того, як з неї був витягнутий цукор, залишає виробництво у рідкому стані, з вмістом води близько 90% і при температурі близько 70°C. За допомогою віджиму частину води видаляють. Так отримують сирий жом з вмістом сухої речовини від 20 до 30% і при температурі близько 50 °C [11].

Одним з основних напрямків застосування свіжого бурякового жому є використання як корм у тваринництві. Жом містить целюлозу, пектинові речовини, цукор, азотисті речовини, невелику кількість білку, а також вітаміни та мікроелементи (табл. 1).

Буряковий жом є цінним кормом для сільськогосподарських тварин. У *свіжому* вигляді жом згодують нетривалий час із-за прискорення інтенсивності процесу його окислення, як наслідок, втрати поживних речовин. Свіжий буряковий жом повинен бути згодований протягом 1...3 днів, щоб запобігти його псуванню.

Жом – дуже цінний корм для дійних корів, оскільки він поставляє у

рубець енергію, але при цьому не містить крохмалю [11]. Він містить безазотистих легко засвоюваних речовин в 1,5рази більше, ніж сіно і майже стільки ж, скільки овес.

Однією з негативних якостей жому є те, що він містить велику кількість води. З цієї причини в ньому активно розвиваються мікроорганізми і він швидко псується. Надлишковий вміст води у жомі ускладнює і здорожчує його транспортування, а також сушку.

Показники	Жомбуряковий			
	свіжий	віджатий	кислий	висушений
Сухаречовина	6,0-9,0	14-20	11-15	86-93
Вода	91-94	80-86	85-89	7-14
Сирийпротеїн	1,2-1,5	1,7-1,9	1,3-2,6	7-9
Сираклітковина	3,5-4,5	5,0-7,0	2,8-4,2	19-23
Безазотистіекстрактивніречовини	4,3-6,5	8,5-10,0	2,7-5,8	55-65
Зола	0,6-1,0	1,1-1,4	0,7-1,8	2,4-4,3
Жир	0,4-0,7	0,6-0,9	0,7-1,0	0,3-0,5
Кількістькорм.од.в100кгжому	6-9	15-20	9-11	90-95

Великий вміст води у жомі і швидке його заквашування викликають у тварин при невмілому згодовуванні різні шлункові захворювання: проноси, аж до кривавих, здуття шлунка – тимпанію, мокреці – захворювання ніг, призводить в окремих випадках до паралічу ніг, гангренозному запаленню.

У жомі міститься незначна кількість протеїну і мінеральних речовин, особливо фосфору. Нестача фосфору при частому годуванні жомом викликає, особливо у молодняка, серйозні розлади в організмі і навіть захворювання: слабкість ніг, появу суглобових пухлин, ламкість кісток, сліпоту, втрату апетиту. У зв'язку з цим при жомовій відгодівлі балансування раціону за всіма елементами живлення має виключно важливе значення [12].

У свіжому вигляді використовується тільки частина жому. Значну частину сирого жому зберігають у жомових ямах. Дно і стінки ями

бетонують і оснащують дренажем для відведення з жому так званої жомової води. Під впливом мікроорганізмів жом в ямах закисає і перетворюється у **кислий**.

До того ж, сьогодні, коли ціни наенергоносії зросли, сушінням жому багато заводів перестали займатися і цей цінний корм часто реалізується у кислому вигляді [13].

При зберіганні відбуваються не тільки процеси бродіння, а й інші процеси, у результаті яких нерозчинні речовини жому перетворюються у розчинні. Разом з жомовою водою розчинені речовини і кислоти виводяться через дренаж.

Таким чином, при зберіганні втрачається значна частина сухих речовин жому. За 5 місяців зберігання жом може втратити до 40% сухих речовин. Даний спосіб зберігання, який використовують на заводах, слід визнати абсолютно незадовільним.

Свіжий жом економічно не вигідно транспортувати на значні відстані, тому свіжий жом використовують у відгодівельних пунктах поблизу заводів і найближчих господарствах [3-8].

Для кращого консервування жому його необхідно **силосувати**. Під час транспортування жом, особливо у великих кількостях, охолоджується незначно, тому дуже важливо силосувати його прямо з транспорту, без проміжного зберігання. Це дозволяє уникнути втрат поживності, забруднень, а також стимулює процес «гарячого бродіння».

Але все ж таки, перед силосування жом необхідно пресувати до вмісту сухої речовини –10...12% і додавати до нього грубі корми – половину, солом'яну січку та інше, щоб масова частка вологи суміші становила 70%. Масу добре утрамбовують, вкривають малоцінними грубими кормами, тирсою, потім м'якою жирною глиною (шаром 12...15см) і зверху утеплюють.

Температура жому повинна бути 25...30°C і не повинно бути доступу

повітря. У таких умовах йде молочно кисле бродіння. Такий жом має більш високу якість і зберігається тривалий час.

Незважаючи на це, більше половини його кількості направляють у жомосховища. При цьому тривале зберігання жому не тільки призводить до втрати поживних речовин, а й погіршує екологічну ситуацію. За вивезення невикористаного жому і викидання його у навколишнє середовище заводам доводиться виплачувати великі штрафи. У зв'язку з цим, проблема тривалого зберігання або утилізації бурякового жому є вкрай актуальною. Одне з основних рішень цієї проблеми – **сушіння** бурякового жому.

Тому, щоб уникнути втрат поживних речовин при зберіганні свіжого і кислого жому, для вирішення екологічної проблеми жом доцільно сушити [3-8].

Існує технологія енергозберігаючої безвідходної сушки та переробки бурякового жому. Сушіння жому здійснюють в два етапи: попереднє зневоднення жому до вологості 40...55%, що зменшує час сушіння в каскадній сушарці до вологості 12...14 % [13].

Сухий жом містить близько 90% сухої речовини. За кількістю кормових одиниць сухий жом майже дорівнює вівсу, тобто в два рази корисніше сіна і в три рази – вівсяної соломи.

Переваги цього продукту перед попереднім – легке транспортування та тривале зберігання. Сухий жом включають до складу комбикормів для корів і молодняка ВРХ [11].

Для отримання однієї кормової одиниці у жомі при сушінні доводиться витратити близько 1кг умовного палива. Під час тривалої сушки при підвищеній температурі цукор, білки, вітаміни жому частково руйнуються. Підвищення продуктивності сушарок, здешевлення сушки досягається попереднім видаленням частини води з сирого жому.

Однак, слід мати на увазі, що в процесі **віджимання** жом втрачає до

10% розчинних поживних речовин. У вітжатовому жомі менше цукру, а це негативно позначається на його заквашуванні при силосуванні, впливає на якість зберігання. [12].

Ще одним побічним продуктом цукрового виробництва є *мелясований* жом. На цукровому заводі жом змішують з мелясою, а потім піддають сушінню. Після сушіння масу гранулюють, зазвичай, через матрицю з отворами діаметром 12 мм.

Мелясований жом містить щебільше енергії, у порівнянні з сухим жомом. Залежно від кількості введеної меляси вміст цукру у кінцевому продукті становить 13...28%. Розщеплення у рубці такого корму проходить рівномірно, завдяки чому він добре засвоюється тваринами.

Мелясований жом добре підходить для годівлі ремонтного молодняка на випасі. Це одинзі стандартних компонентів для виробництва комбікорму для дійних корів [11, 14].

Низька об'ємна маса висушеного жомуу розсипному вигляді (близько 250кг/м³) не дозволяє раціонально використовувати площі складів і вантажопідйомність транспорту. У зв'язку з цим сушенийжом доцільно *гранулювати*. При цьому об'ємна маса його збільшується в 2...3 рази, що значно скорочує втрати жому при вантажно-розвантажувальних роботах, полегшує механізацію роздачі корму на фермах. Крім того сушений жом бідний протеїном, фосфором, мікроелементами і вітамінами. Тому жом збагачують різними речовинами.

Виробництво амідного гранульованого жому здійснюють наступним способом. Сушений жом накопичують у бункері, зважують і подають у дозатор. Відміряна порція сушеного жому надходить на гвинтовий конвеєр. Сюди ж надходить порція обесфтореного фосфату. Жом і фосфат проходять магнітний сепаратор для видалення металоманітних домішок і потрапляють в змішувач.

Мелясу змішують з розчином карбаміду у заданому співвідношенні і

суміш перекачують в змішувач. У змішувачі всі компоненти ретельно перемішують і подають у прес-гранулятор. Отримані гарячі гранули охолоджують в охолоджувальній колонці, в яку вентилятором нагнітають повітря. При цьому гранули підсушують і спеціальна сушарка не потрібна. Жомовий пил з повітря відокремлюють у циклоні. Охолоджені і підсушені гранули подають на ваги і потім у склад.

Таким чином, можна отримувати гранульований жом з різними добавками: мелясою, карбамідом, згущеною бардою спиртового і дріжджового виробництва та ін. [3-8].

Гранульований жом використовують для підкормки великої рогатої худоби узимку, оскільки це дозволяє навіть в зимовий період підтримувати приріст живої маси худоби та високий удій корів. Гранульований жом використовують для молочної худоби якості одного з компонентів у кормових сумішах або для прямого згодовування на молочних фермах. За кормовими характеристиками, гранульований жом здатен замінити біля 50% вівса або ячменю, тому, його активно використовують у сільському господарстві.

Проте дані способи переробки бурякового жому також не знайшли широкого розповсюдження, оскільки призводять до втрат поживних речовин та значним витратам, оскільки сушіння є досить енерговитратним процесом.

Буряковий жом може бути успішно використаний для виробництва **пектину**, що є цінним природним біокоректором та желеутворюючим компонентом. У країнах Євросоюзу виробляють не тільки сухий пектин, а й такі продукти, як пектиновий екстракт і концентрат, пектиновмісний порошок і пасту, пектин медичного призначення [15].

Одним з найбільш перспективних і затребуваних напрямів використання бурякового жому є виробництво **харчових волокон**. Харчове волокно

являє собою залишки рослинних клітин, які здатні протистояти гідролізу, що здійснюється травними ферментами людини.

З бурякового жому виробляють також *пектиновий клей*. Спосіб отримання клею оснований на переведенні у розчин нерозчинних у холодній воді пектинових речовин, що містяться у жомі. Вихідклею при цьому становить 2,5...3% до маси свіжого жому.

Буряковий жом (свіжий і висушений) являє собою серйозний потенціал для виробництва енергії. Він може бути використаний як сировина для біогазових установок [16].

Крім основної вигоди – отримання *біогазу* – установки забезпечують поліпшення екологічної ситуації навколо цукрового заводу, тому що дозволяють зменшити санітарну зону навколо підприємства з 500 до 150 м. Використання бурякового жому як сировини біогазових установок дозволяє отримувати 60...70м³ газу з 1т сировини. Біогаз – це газ, що складається з 50...70% метану і 50...30% вуглекислого газу, і за своїми характеристиками близький до природного газу. Використання біогазу як палива для теплоелектрогенератора забезпечує отримання 2кВт/год електричної та 2кВт/год теплової енергії з 1 м³ газу [16].

Також можливі наступні напрями його використання – як вторинного палива сушеного жому та безпосереднє спалювання віджатоного жому [10].

Висновок. Використовуючи ефективно відходи, підприємства отримують максимальний прибуток, наближаючи технологію до безвідходної, тим самим вирішують екологічну проблему і дають можливість організувати нові виробництва і отримувати додаткову продукцію. Однак ці заходи не дозволяють повною мірою вирішити проблему переробки бурякового жому. Незважаючи на ряд переваг, які дає використання бурякового жому в кормовиробництві, його переробка не є економічно виправданою, так як сушка є досить енерговитратним

процесом. Тому ефективним шляхом вирішення проблеми використання побічних продуктів цукрового виробництва при виробництві комбикормів є удосконалення технології переробки бурякового жому у кормові добавки.

Раціональна комплексна утилізація відходів цукрового виробництва дозволить не тільки істотно підвищити ефективність виробництва цукру, але й розширити асортимент комбикормової продукції, зменшити витрати на випуск готової продукції і вирішити проблему утилізації бурякового жому.

7.2. Перспективи виробництва генераторного газу в Україні

Щорічно в агропромисловому комплексі України утворюється приблизно 109 млн. т. залишків аграрного виробництва (солома зернових, кукурудзяні рильця та стебла, кошики соняшника та ін.), з яких 49 млн. т. неефективно утилізуються і лише 60 млн. т. використовуються для подальшої переробки.

Із 49 млн. т. відходів, що не використовуються, майже 20 млн. т. можна спрямувати на реалізацію економічно обґрунтованих проектів з виробництва енергії загалом, в тому числі, з використанням газогенераторних технологій зокрема.

Проекти з виробництва теплової та електричної енергії є високовартісними. Наприклад, щоб закупити необхідне обладнання та реалізувати вище зазначені проекти з виробництва тепла та електроенергії (із 20 млн.т. доступних залишків аграрного виробництва) терміном окупності менше п'яти років потрібно інвестицій більш ніж на €2 млрд. В результаті переробки такої кількості рослинних залишків аграрного виробництва може бути отримано енергії еквівалентно 9 млн. т.у.п, або 73 ТВт год на рік, в той час як промисловість України споживає електроенергії близько 36 млн. т.у.п. на рік. Отже, реалізація

запропонованих проектів забезпечить 25 % потреби промисловості України в енергоресурсах, що дозволить зменшити потребу України в імпорті природного газу на 8 млрд. м³ на рік.

Проекти, пов'язані з газифікацією твердої біомаси сільськогосподарських підприємств з метою отримання електричної та теплової енергії, потребують інвестицій в розмірі від €10000 до €39000 на одну т біомаси на добу, залежно від складності конструкції обладнання. Термін окупності зазначених проектів складає приблизно від одного року до п'яти.

Окрім того, подібні проекти є високо екологічними за рахунок зменшення викидів CO₂. Оскільки при заміщенні енергії, виробленої з 8 млрд.м³ природного газу, енергією, отриманою з відходів сільського господарства, скорочення викидів парникових газів складе біля 15,8 млн. т. CO₂ на рік.

У 2016 році загальний обсяг вирощених в рослинництві культур, таких як зернові, технічні, кормові та овочеві склали 59 млн.т. У рослинництві та в переробній галузі щорічно утворюються 80млн.т. залишків сільськогосподарського виробництва. Із них 60 млн. т – первинні відходи, які утворюються після збирання врожаю, і 20 млн. т – вторинні відходи, які отримуються внаслідок технологічних процесів переробки цільової сировини в харчові продукти.

Солома зернових є найбільшою фракцією первинних відходів рослинництва – 24 млн. т. Із них 18 млн. т є первинними відходами колосових культур (пшениця та ячмінь), що складає 23% відходів рослинництва, з яких доцільно виробляти силову та електричну енергію в тому числі і шляхом залучення газогенераторних технологій.

Отже, солома колосових є одним з найбільш актуальних видів сировини для виробництва енергії шляхом газифікації завдяки наступним факторам:

- Значна кількість запасів(18млн. т);
- Високий показник доступної кількості(7,8млн.т);
- Висока теплотворна здатність при газифікації(12000-16000МДж/т).

Таким чином, одним з найбільш ефективних методів переробки переважно сухих відходів агропромислового виробництва (вологість не повинна перевищувати 40 %) з метою виробництва силової та електричної енергії є газифікація.

У випадку використання зеленого тарифу, тобто більш високого тарифу на електроенергію, вироблену шляхом спалювання генераторного газу з твердої біомаси, термін окупності газогенераторних проектів складе від 4 до 6 років.

Процес виробництва енергії під час газифікації рослинних залишків сільськогосподарського виробництва в Україні доцільно організовувати одним з наступних способів:

- Виробництво генераторного газу для теплових потреб;
- виробництво генераторного газу для теплоелектроцентралей (ТЕЦ) з комбінованим виробництвом теплової та електричної енергії;
- виробництво генераторного газу для силових потреб (робота ДВЗ, поршневі машин і т. п.).

Газогенераторне устаткування для виробництва теплової енергії умовно класифікують на газогенератори для фермерських господарств (встановлена потужність до 1 МВт) та центральні котельні з газогенераторами (встановлена потужність понад 1 МВт).

Капітальні затрати на встановлення газогенераторних установок для спалювання твердої біомаси на фермах та в центральних котельнях залежать від встановленої потужності обладнання. Найменші питомі капітальні витрати в розмірі від €10 000 на 1 т твердої біомаси, що використовується на добу, припадають на газогенератори з автоматичною подачею палива встановленою потужністю від 1 МВт.

Найбільших питомих витрат в розмірі до €38 000 на 1 т. рослинних залишків аграрного виробництва на добу потребують газогенератори періодичної дії встановленої потужності 150 кВт. Також важливою статтею експлуатаційних витрат для газогенераторних установок з періодичною системою завантаження палива до бункера є оплата праці операторів, які здійснюють завантаження палива. При використанні газогенераторних установок з автоматичною подачею палива до бункера газогенератора аналогічна стаття витрат відсутня, однак присутні більш високі експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням автоматичних систем.

Метод використання твердої біомаси, пов'язаний з експлуатацією газогенераторних установок на ТЕЦ із встановленою електричною потужністю від 2 до 20МВ т. та тепловою потужністю від 5 до 60 МВт, забезпечує виробництво електричної та теплової енергії з питомими витратами в межах від €30000 до €39000 на 1т сировини, що використовується на добу.

При реалізації проектів з переробки рослинних залишків в теплову та електричну енергію на ТЕЦ власник аграрного підприємства повинен враховувати можливість використання зеленого тарифу на відновлювальну електричну енергію з біомаси. При виробництві електричної енергії та продажу її до центральної електромережі за зеленим тарифом термін окупності проектів з газифікації біомаси АПК на ТЕЦ зменшується з 4-5 років до 2,5-3 років.

Якщо розглянути можливість використання газогенераторних технологій на тому чи іншому підприємстві аграрного сектору України, то для кожного підприємства окремо слід виконати наступні кроки:

1. оцінити потенціал утворення та специфічні характеристики видів сировини рослинного походження, які є в наявності;
2. визначити з якою метою буде здійснена переробка даної сировини;

3. вибрати обладнання та технології переробки;
4. вибрати постачальника технології та обладнання;
5. обрати спосіб фінансування проекту.

Запровадження вище зазначених кроків дозволить підприємствам України позбутися енергетичної залежності від палив традиційного походження і дасть змогу, як забезпечувати власні енергетичні потреби, так і постачати енергоресурси в центральні мережі держави.

Окрім вище перерахованих фактів, застосування газогенераторних технологій має і ряд економічно-екологічних переваг порівняно з традиційними видами палива, головною з яких є те, що фінансові потоки, пов'язані з переробкою і використанням енергетичної біомаси, замикаються в межах регіону, а гроші, виплачені споживачами енергоресурсів за місцеву сировину, залишаються в регіоні і сприяють його економічному розвитку. Заміна споживання від 55 до 60% викопних і нафтових палив в області на поновлювані палива еквівалентна залученню в бюджет області додатково від 50 до 80 млн. євро щорічно. Екологічні переваги полягають у зменшенні викидів шкідливих газів.

Відповідно, при використанні генераторного газу в якості моторного палива, згідно з результатами досліджень, виконаних із застосуванням того ж самого двигуна, вміст шкідливих речовин при згорянні кількості палива, еквівалентної 1кг бензину становить в середньому: $CO-315г$; $C_nH_m-14г$; $NO_x-9 г$, що в два рази менше, ніж при спалюванні бензину.

Отже, сучасне сільське господарство України потребує створення та впровадження сучасних технологій, що забезпечують підвищення екологічності та енергоефективності виробничих потужностей, зниження енергоємності і собівартості продукції.

Висновок

Конструкція газогенератора й технологічна схема газогенераторної установки для одержання силового газу визначаються в основному наступними характеристиками палива: смолистістю, спіктивістю, зольністю й плавкістю золи. Відповідно до цих ознак види твердого палива. Серед них найбільш вигіднішим є рослинні відходи.

Рослинні відходи є щорічно поновлюваним паливом місцевого значення. По теплотворності рослинні відходи близькі до дров і торфу, що визначає їх як важливий додатковий паливний ресурс і як надійну місцеву паливну базу для газомоторних установок, особливо в сільському господарстві.

Дослідження газифікації твердого палива показують, що протікання генераторного процесу залежить від наступних характеристик: реактивної здатності палива, щільності, вмісту смолистих речовин, здатності до спікання, розміру часток, вологості, вмісту в паливі сірки й, нарешті, його зольності.

Виходячи із розрахунків для сушіння жому потреба в паливі становить $V = 126 \text{ (м}^3 / \text{год)}$, що цілком може забезпечити газогенераторна установка.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сальник М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	221857.KP.25.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 14/9

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bordun, I.M., Ptashnyk, V.V., Sadova, M.M., & Chapovska, R.B. (2016). A new method of disposal of beet pulp. *Sugar of Ukraine*, 6-7 (126-127), 45–47. [In Ukrainian].
2. Bychkivskiy, R. V., Stolyarchuk, P. G., Sopilnyk, L. I., & Kalynskiy, O.O. (2005). Quality management. Certification. Tutorial. Kyiv: Higher School, 432 p.
3. Chernega, E., Tsyundyk, I., Mohylyanskyi, O., & Teplikh, M. (2018). Prospects for the use of by-products of sugar production. *Grain Products and Mixed Fodders*, 18(1), 37–43. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i1.892>
4. DSTUIEC/ISO 31010:2013. (2013). Risk management. General risk assessment methods (IEC/ISO 31010:2009, IDT). Retrieved from: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/dstu%2031010.pdf>. [In Ukrainian].
5. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. (2019). Use of optimization techniques for energy use efficiency and environment all ifecycleassessment modification in sugar can eproduction. *Energy*, vol. 181, 1290–1320. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.002>
6. Martyniuk, A. S., & Pastukh, G. S. (2019). Current trends in the utilization of sugar production waste. *Environmental sciences*, 2 (25), 187–190. <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-31>
7. Meghana, M., & Shastri, Y. (2020). Sustainable valorization of sugar industry waste: Status, opportunities, and challenges. *Bioresource Technology*, vol. 303. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122929>
8. Modern trends in the use and disposal of beet pulp. (2016). Radekhiv sugar. Retrieved from:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Миколай І.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Сальник М.Ю.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел		221857.KP.25.000 ПЗ		
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA

<https://m.diamantsu-gar.com.ua/ua/articles/sychasn-napryamki-vikoristannya-ta-ytil-zats-byryakovogo-zhomy>. [InUkrainian].

9. Павлице, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] / В. Т. Павлице. — К. : Вища школа, 1993. — 556 с.
10. Медведєв, І. Г. Економічне проектування впровадження нової техніки на підприємствах м'ясної і молочної промисловості [Текст] / І. Г. Медведєв. — К. : ІДСО, 1995.— 152 с.
11. Бабичев, В. В. Охорона праці і техніка безпеки в торгівлі і громадськомухарчуванні: Підручник для студентів торгово-економічних і комерційних вузів [Текст] / В. В. Бабичев, Г. Ф. Сорокін. — К.: ІЗМН, 1996. — 224 с.
12. Домарецький, В. А. Екологія харчових продуктів [Текст] / В. А. Домарецький, Т. П. Златєв. — К. : Урожай, 1993. — 192 с.
13. Злобін Ю.А. Основи екології. - К: Видавництво "Лібра"ТОВ, 1998-248с.
14. Киркач Н.Ф., Баласян Р.А. Расчет и конструирование деталей машин:// (Учеб. Пособие для техн.вузов) -3-е изд.перераб.идоп. - Х: Основа, 1991-276с.
15. Ковальчук І.В. Реальна економіка: навчальний посібник з економіки підприємства. – К:ВІПОЛ, 2004-393с.
16. Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: //Навч. Посібник - Львів: Видавництво “Бескід Біт”, 2004-466с.
17. Кулінченко В.Р. Гідравліка та гідравлічні машини: //Навч.посібник - К: ІЗМН, 1998- 192с.
18. Купчик М.П., Гандзюк М.П. Основи охорони праці.-К:Основа, 2000-416с.