

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
(повне найменування факультету)
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня _____ бакалавр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

напряму підготовки _____ 16 – хімічна та біоінженерія _____
(шифр і назва напряму підготовки)

спеціальності _____ 161 – Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Виробництво синтез-газу з твердих горючих копалин
потужністю 100 тис. т/рік

Виконав: студент групи _____ ХТ-17Ді _____

Абуеллаїл Джамаль _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник _____ Целіщев О.Б. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедрою _____ Суворін О.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Потапенко Е.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
Напрямок підготовки _____ 16 – хімічна та біоінженерія _____
(шифр і назва)
Спеціальність _____ 161 – Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

" _____ " _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Абуеллаїлу Джамалю

1. Тема проекту (роботи):

Виробництво синтез-газу з твердих горючих копалин
потужністю 100 тис. т/рік

Керівник проекту (роботи) Целіщев О.Б., д.т.н., професор

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

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. №54/15.25

2. Строк подання студентом проекту (роботи) – 14 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Вибір допоміжного обладнання. 7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці. Висновки. Література.

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

1. Технологічна схема конверсії вугілля в розплаві з КВПіА (1 аркуш).
2. Креслення основного апарату (1 аркуш).
3. Матеріальний баланс (1 аркуш).

6. Дата видачі завдання – 28 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.04.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	02.05.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	10.05.2021	
4	Опис технологічної схеми	17.05.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	24.05.2021	
6	Вибір і розрахунок основного апарату	31.05.2021	
7	Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	04.06.2021	
8	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	06.06.2021	
9	Охорона праці	08.05.2021	
10	Висновки	09.06.2021	
11	Креслення технологічної схеми	10.06.2021	
12	Креслення основного апарату	12.06.2021	
13	Матеріальний баланс	14.06.2021	

Студент

_____ (підпис)

Абуеллаїл Джамаль

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Целіщев О. Б.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Текстові документи</u>		
A4		1	ПД 01.01.ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Графічні документи</u>		
A4		2	ПД 01.02.СХ	Технологічна схема конверсії вугілля в розплаві з КВП і А	1	
A4		3	ПД 01.03.ВЗ	Креслення основного апарату	1	
A4		4	ПД 01.04.МБ	Матеріальний баланс	1	

		<i>ПД 01.01. ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Абуеллайл Джамаль</i>		
<i>Перев.</i>		<i>Целіщев О.Б.</i>		
<i>Консульт.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>		
<i>Відомість</i>				
		<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>СНУ ім. В.Даля гр. ХТ-17ді</i>				

Реферат

Дипломний проект з теми «Виробництво синтез-газу з твердих горючих копалин потужністю 100 тис. т/рік» складається з пояснювальної записки, що містить 88 сторінок, 18 таблиць, 4 рисунки, використано 24 найменування літературних джерел. Графічна частина – 3 листи.

СИНТЕЗ-ГАЗ, ГАЗИФІКАЦІЯ, ВУГІЛЛЯ, ВУГЛЕЦЕВИЙ ЗАЛИШОК, РОЗПЛАВ, ГАЗИФІКАЦІЯ, ЛЕТКІ КОМПОНЕНТИ, ЗОЛЬНІСТЬ, ОКСИДИ ВУГЛЕЦЮ, ВОДЕНЬ

В дипломному проекті обрана технологія виробництва синтез-газу газифікацією вугілля в шлаковому розплаві теплоносія. Запропонована технологія дозволяє використовувати на стадії конверсії в якості газифікуючого агенту – воду, а на стадії окиснення кисень повітря. Таке рішення дозволяє отримувати в якості продукту синтез-газ (суміш водню та оксидів вуглецю), практично без баластових домішок, що дозволить його використовувати в хімічних синтезах (виробництва метанолу, амоніаку, оцтової кислоти та ін.).

В пояснювальній записці наведений матеріальний баланс газифікації вугілля на задану потужність. На основі матеріального балансу обчислений тепловий баланс. Проведені розрахунки габаритів, запропонована конструкція основного апарату – газифікатору. Обране допоміжне обладнання, сформульовані норми і правила обслуговування, підібрані КВПіА.

Висвітлені питання утворення відходів (твердих, рідких, газоподібних) на виробництві, запропоновані шляхи їх утилізації, проведена оцінка на відповідність дотримання норм газових викидів.

Розглянуті характерні шкідливі виробничі чинники у виробництві синтез-газу та запропоновані способи захисту робітників.

Зміст

Вступ	7
1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	9
2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	32
3 Опис технологічної схеми	37
4 Матеріальні і теплові баланси	40
5 Вибір і розрахунок основного апарату	46
6 Вибір допоміжного обладнання	51
7 Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	53
8 Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	59
9 Охорона праці	72
Висновки	86
Література	87

Вступ

Для України єдиним енергоносієм, що повністю може задовольнити потреби енергетики – є вугілля. Запаси якого мають значні поклади. Також можливо розглядати вугілля, як заміну природного газу в деяких виробництвах хімічної промисловості. На деяких великотоннажних виробництвах, таких як оксосинтез (на основі монооксиду вуглецю отримання метанолу, оцтової кислоти та інших), синтез амоніаку (на якому базується уся азотна промисловість, зокрема виробництво мінеральних добрив) та багатьох інших природний газ – є первинною сировиною для отримання вихідного газу синтезу, так званого синтез-газу. Раніше, до 60-х років минулого сторіччя, первинною сировиною для вищеперерахованих виробництв було вугілля. Газифікацію якого отримували синтез-газ або використовували коксовий газ.

Виходячи з реальної ситуації сьогодення, на першому етапі, що охоплює період до 2030 р, пріоритет слід віддавати двом джерел енергії – природному газу і інтенсифікації енергозбереження. Взаємодія природного газу та енергозбереження має сприяти інтенсифікації процесу зниження енергоемності.

На другому етапі – 2031 г. – середина XXI століття – повинні вирішуватися проблеми врівноваження частки нафти, вугілля і газу в структурі виробництва і споживання енергоресурсів в загальному енергобалансі. У цей період повсюдно повинні бути досягнуті кращі світові показники зниження енергоемності на одиницю виробленої продукції. Стратегічним завданням другого етапу є формування потужної самостійної галузі енергетики - "Нові джерела енергії" та підготовка ресурсно-технологічної бази вугільної промисловості, атомної енергетики для переходу до "нової вугільної хвилі" і "другий ядерної ери" [1], особливо для України, де немає значних покладів природного газу або нафти.

В останні роки в ряді промислово розвинених країн відбувається нарощування частки атомних електричних станцій (АЕС) для покриття базового

навантаження (наприклад, у Франції частка АЕС у виробленні електроенергії становить 76,49%, в Литві - 85% [2]). У зв'язку з цим практично всі без винятку теплові електростанції (ТЕС) виявилися витісненими в нестационарний режим роботи. Це відноситься як до діючих, так і до споруджуваних станцій. Однак сучасні ТЕС відрізняються складними і громіздкими схемами систем паливопідготовки, золошлаковидалення і очищення димових газів. Тому одним з основних завдань є підвищення екологічності, безвідходності, надійності і маневреності вугільних ТЕС, що працюють за принципом нових технологій.

На сучасному етапі використання чистих вугільних технологій на електростанціях приділяється велика увага у багатьох країнах світу. Наприклад, у Великій Британії вивчається можливість спорудження першої великомасштабної "чистої" вугільної електростанції [3]. В Японії роль ТЕС в задоволенні зростаючого попиту на енергію в найближчим часом буде збільшуватися. Частка вугільних ТЕС в електроенергетиці зростає з 15,7% в 1995 році до 19,8% в 2005 р [4]. Японською фірмою Hitachi Ltd [5] представлені роботи в галузі новітніх "чистих" технологій використання вугілля на ТЕС.

У науково-дослідному інституті екологічних проблем енергетики разом із співвиконавцями розроблена екологічно чиста і безвідходна технологія газифікації і спалювання вугілля в аерошлаковому розплаві [6]. На кафедрі ХІЕ СНУ ім. В. Даля проводяться дослідження газифікації вугілля в модельному розплаві натрію хлориду.

1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва

1.1 Сучасні напрями переробки вугілля

Слід зазначити, що в останні роки внаслідок виникнення проблем соціального, економічного та екологічного характеру має місце скорочення видобутку вугілля і зниження виробництва електроенергії [2]. Проте велика частина планованого зростання встановленої потужності теплових електростанцій країни буде розрахована для роботи саме на твердому паливі, оскільки за прогнозами фахівців [7,8] відбудеться стабілізація видобутку природного газу, що є екологічно чистішим паливом. Альтернативи розвитку енергетики вугілля сьогодні немає.

Переважна частина вугілля для теплоенергетики країни поставляється з добре освоєних басейнів – Донецького, Львівсько-Волинського і Дніпровського. В процесі експлуатації в зв'язку з виробленням родовищ, переходом на механізований видобуток і погіршенням гірничо-геологічних умов видобутку якісні характеристики практично всіх родовищ погіршуються. Підвищення зольності вугілля викликає зменшення теплоти його згоряння і є причиною зниження ефективності і надійності роботи теплоенергетичного обладнання.

Всі існуючі технології спалювання твердого палива на сьогодні володіють наступними недоліками: великі витрати енергії на помел палива, погіршені екологічні характеристики: викид летючої золи, золошлакових матеріалів на золоотвал, висока емісія оксидів азоту NO_x , труднощі зв'язування оксидів сірки SO_x в газовій фазі і т.д. До того ж, вітчизняне вугілля характеризується високим вмістом сірки та зольності.

Тому, розробка новітніх технологій газифікації і спалювання вугілля в аерошлаковому розплаві покликана подолати багато із зазначених недоліків, або зменшити їх частку.

Останнім часом розвиток промисловості та сільського господарства призводить до поступового погіршення екологічної обстановки. Спалювання палива погіршеної якості на теплових електростанціях, що працюють за традиційними технологіями, збільшує негативний вплив енергопідприємств на навколишнє середовище. У зв'язку з цим основною проблемою використання енергетичного вугілля на порозі ХХІ століття стає освоєння нових нетрадиційних екологічно чистих і безвідходних технологій виробництва електричної та теплової енергії.

Пропонована нова технологія газифікації вугілля в аерошлаковому розплаві є безвідходною і екологічно чистою. У той же час вона поки ще мало вивчена, математичні моделі для неї досить не розроблені, не визначені кінетичні характеристики процесів, не вивчені особливості гідродинаміки і теплообміну у ванні шлакового розплаву. Вирішенням проблемам створення таких моделей і відповідних розрахункових методів займаються передові компанії в Європі, Казахстані, США, Японії, країнах колишнього СРСР. Актуальне це питання і для України, яка володіє значними покладами твердих горючих копалин.

Проблеми використання твердого палива. Тенденції розвитку ресурсної бази енергетики

В даний час основними типами електростанцій є теплові, що працюють на твердому, рідкому і газоподібному паливі, атомні, що працюють на урані і плутоній, і гідравлічні (ГЕС).

У розвитку світової енергетики збереглися тенденції, що склалися останнім часом: повільне, але неухильне збільшення виробництва електроенергії. У 1996 р в світі було вироблено 13,720 трлн. кВт*год електроенергії, при цьому частка ТЕС склала 63%, АЕС – 17,3%, ГЕС – 19,33%. У паливному балансі теплових електростанцій в світі в цілому домінуюче становище продовжує займати вугілля.

Наприклад, в Росії, що володіє значними запасами викопної сировини, як нафти, природного газу так і твердих горючих копалин, в останні роки вироблення електроенергії знизилася і в 1998 р склала 827,1 млрд. кВт*год, в тому числі на ТЕС – 563,9 млрд. кВт*год (68,18%), на АЕС – 103,7 млрд. кВт*год (12,54%), на – 159,5 млрд. кВт*год (19,28%) [2].

Зниження вироблення електроенергії обумовлено наростаючим з 1991 р спадом виробництва паливно-енергетичних ресурсів (табл. 1.1) [9].

Таблиця 1.1. Видобуток паливно-енергетичних ресурсів

Показники	1985 р.	1990 р.	1995 р.	1997 р.	1998 р.
Видобуток вугілля, млн. т.	395	396	263	237	213
Видобуток нафти, млн. т.	542	515	307	281	270
Видобуток газу, млрд. м ³	462	640	610	569	568

Відповідно до прогнозів учених виробництво первинних енергоресурсів в світі [10-13] після 2000-2010 рр. буде характеризуватися істотним зниженням видобутку нафти і газу, при цьому передбачається постійне зростання використання ядерної енергії, енергії вугілля, енергії нетрадиційних джерел (сонячної, геотермальної, енергії вітру та ін.) і частково гідроенергії. У 2020 р енергія нетрадиційних джерел висувається на третє місце після ядерної енергії та енергії вугілля (рис. 1.1) [14].

Основною передумовою такого інтенсивного збільшення видобутку і використання твердого палива в перспективі є науково і експериментально доведена можливість будівництва безвідходних і практично екологічно чистих теплових електростанцій на вугіллі [15,16]. Успішне впровадження безвідходних технологій і екологічно чистих виробництв в США, Японії і Німеччині значно підвищило конкурентоспроможність вугільних ТЕС [14]. Хоча на сьогодні в планах Німеччини повністю закрити вугільні ТЕС. На теплових електростанціях спалюються вугілля багатьох родовищ, однак основна частина (62%) припадає на вугілля басейнів: Донецького, Львівсько-Волинського і Дніпровського.

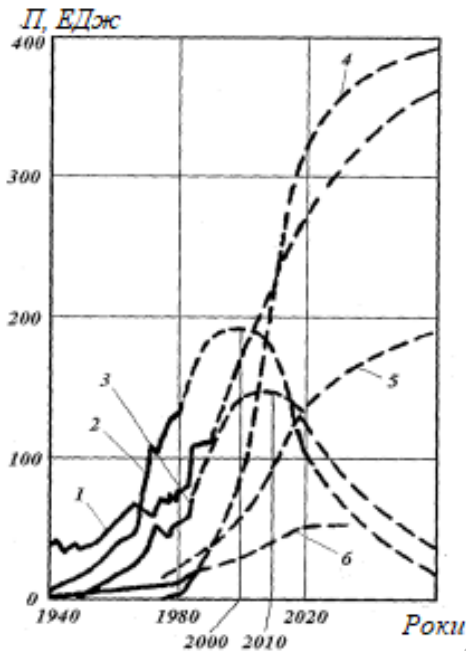


Рисунок 1.1. – Виробництво первинних енергоресурсів в світі: 1 - вугілля; 2 - нафта; 3 - газ; 4 - ядерна енергія; 5 - сонячна, геотермальна та інші нетрадиційні види енергії; 6 – гідроенергія.

Вугілля Донецького басейну поставляються для східних та південних регіонів України. На електростанціях використовуються головним чином антрацитовий штиб (АШ), тощі (Т), і частково газові (Г) і довгополум'яне (Д) вугілля. Загальні геологічні запаси вугілля басейну з заляганням до глибини 1800 м складають 141 млрд. т, в тому числі кондиційне 108 млрд. т. Розвідані балансові запаси оцінені в 55,6 млрд. т (39% від загальних запасів) [8].

Проведений аналіз якості твердого палива, що поставляється на ТЕС з добре освоєних басейнів, показує, що протягом останніх років спостерігається погіршення якості вугілля (табл. 1.2) [10-12]. Це пов'язано, в основному, з тим, що з часом відбувається поступове залучення в розробку низько кондиційних пластів при нарощуванні обсягів видобутку палива. Підвищення зольності вугілля призводить до зменшення теплоти його згоряння і є однією з причин зниження надійності та ефективності роботи енергообладнання.

Більше 24% від загального обсягу споживаного вугілля в даний час мають зольність понад 40%, близько 19% мають теплоту згоряння нижче 12600 кДж/кг, близько 7 млн т вугілля має вміст сірки більше 3% [11].

У перспективі не слід очікувати значного поліпшення якості енергетичного вугілля, оскільки більшу частину приросту їх видобутку намічається забезпечити за рахунок відкритого видобутку.

Таблиця 1.2. Зміна середньої зольності основного енергетичного вугілля на суху масу A^d , %.

Марка вугілля	1965 р.	1970 р.	1975 р.	1980 р.	1985 р.	1994 р.
Донецький АШ	21,9	25,4	29,3	33,3	36,2	27,9
Г	11,8	10,0	10,6	11,2	11,9	9,75
Б	35,0	37,1	39,6	47,1	47,3	52,0
Тощий	20,0	19,6	19,5	22,0	23,5	21,3
СС	39,9	41,3	41,7	43,3	44,4	43,2

Звідси випливає, що основними видами палив на найближчі роки залишаться низькорекційні (марки АШ і Т), низькокалорійні (марки Б, Д, Г), високозольні вугілля, а також вугілля, що містять шкідливі домішки (сірчисті, лужні тощо).

Проблеми енергетичного використання твердого палива

Енергетичне використання твердих горючих копалин пов'язано з цілим комплексом проблем, на першому плані з яких на сучасному етапі стоїть завдання значного скорочення газоподібних викидів в навколишнє середовище і ліквідації золошлакових відходів за рахунок їх використання як вторинної сировини. Ці проблеми ще більше загострюються у міру погіршення якості вугілля. Необхідно врахувати, що погіршення якості вугілля несприятливо позначається на роботі енергетичних установок внаслідок погіршення роботи паливоподачі і пилоприготувального обладнання, втрати стійкості процесів горіння, шлакування або занесення поверхонь нагріву, підвищення його зносу, погіршення і припинення виходу рідкого шлаку.

Зміна якості твердого палива, що подається в топку котлоагрегатів, може привести до порушення топкового режиму і руйнування футеровки, зносу теплообмінників, розташованих в горизонтальному газоході, і забивання

регенеративних підігрівачів повітря. Все це в значній мірі впливає на розміри топкових камер і газоходів, збільшує металоємність і обсяг будівельно-монтажних робіт при створенні ТЕС.

Таким чином, вищевикладений стислий аналіз показує, що основні фактори, що викликають зростання господарських втрат, пов'язаних з погіршенням якості спалюваних вугілля, обумовлені недосконалістю традиційних технологій спалювання вугілля, в яких наявність баласту – мінеральної частини – викликає погіршення процесів займання і вигорання палива, зростання витрат на його зберігання і транспортування, шлакування, ерозійний знос, порушення повітряного режиму в котельних агрегатах і т.д.

Безпосереднє спалювання натурального твердого палива призводить до підвищеного забруднення навколишнього середовища шкідливими пилогазовими викидами, такими як зола, сірчисті з'єднання, оксиди нітрогену і т.д., особливо якщо мова йде про низькосортне вугілля.

Необхідно відзначити також, що більшість застосовуваних у світовій практиці традиційних технологій спалювання твердого палива з точки зору ресурсозбереження та екологічності володіє наступними істотними недоліками:

- потреба попереднього збагачення вугілля з виділенням додаткових інвестицій в вугледобувну галузь;
- необхідність установки громіздких і дорогих систем паливо-пилоприготування, пилеподачі і газопилеочистки;
- обов'язковість пристроїв місць захоронення твердих, мулистих і рідких викидів, тобто, організація системи золошлаковидалення і будівництво золошлаковідвалів.

Вирішенню зазначених проблем приділяється велика увага у всьому світі. Очевидно, що в останні час розвиток теплоенергетики все в більшій мірі залежить від вирішення проблем екологічного характеру.

Можливими шляхами вирішення поставленого завдання можуть бути:

- розробка ефективних методів нейтралізації, що утворюються у виробничому процесі шкідливих твердих, рідких і газоподібних викидів;
- переведення енергоагрегатів з твердого на екологічно чисте газове паливо;
- використання більш раціональних традиційних методів спалювання твердого палива (ступеневу спалювання, топки з псевдозрідженим шаром і т.д.);
- а також застосування пристроїв по очищенню викидів.

Іншим аспектом екологічних проблем енергетики є поступове зростання золошлакових відходів і пов'язані з цим витрати на транспортування, будівництво та утримання золовідвалів, які є складними гідротехнічними спорудами з підвищеною аварійною небезпекою [13].

На теплових електростанціях, що працюють на вугіллі, утворюється близько 40 млн. т. золошлаків на рік. Уже в даний час золовідвалами зайнято значні території.

Золовідвали в період активної експлуатації є джерелом високодисперсного пилу, що забруднює значні площі родючих земель і водних джерел. Таким чином, з одного боку, золовідвали є природоохоронними об'єктами, а з іншого – потенційними джерелами забруднення навколишнього середовища.

Охорона навколишнього середовища залишатиметься найважливішим завданням науково-технічного прогресу в енергетиці. Тому основною проблемою використання енергетичного вугілля стає розробка і освоєння нових нетрадиційних екологічно чистих і безвідходних технологій виробництва електричної та теплової енергії.

У зв'язку з цим очевидно, що необхідна перебудова традиційних технологічних процесів переробки твердих палив на принципово нових підходах з метою створення та впровадження виробництв з високими техніко-економічними показниками, малою кількістю відходів і низьким рівнем антропогенного забруднення навколишнього середовища [8].

Перспективи створення безвідходних та екологічно чистих теплових електростанцій

З огляду на надзвичайну важливість проблем як експлуатаційного, так і екологічного характеру, перед енергетиками гостро постає питання про створення безвідходних та екологічно чистих технологій, тобто технологій, що підвищують комплексність використання сировинних і енергетичних ресурсів.

Традиційні технології спалювання твердого палива створювалися в розрахунку на отримання головного цільового продукту – електричної і теплової енергії. Для цього використовувалася хімічна енергія вуглецю та інших горючих складових твердого палива (водню і сірки), в той час як мінеральна частина розглядалася як баласт і не використовувалася в технологічному процесі. Однак в цьому баласті може міститися значна кількість цінних металів: алюмінію, кремнію, марганцю, хрому, цинку, міді, кальцію, заліза та ін. Крім того, в вугіллі виявлено присутність понад 50 рідкісних елементів і кольорових металів, що входять до складу як органічної, так і мінеральної частин [16]. Найбільш часто зустрічаються в золі вугілля 22 елемента можна розбити на три групи [11].

До першої групи входять 6 хімічних елементів, які доцільно видобувати при існуючому рівні техніки: Ge, Ga, Al, Si, Mg, Tm.

До другої групи включені Fe, V, Mo, Ti, Be, As, можливість отримання яких в промислових масштабах вимагає додаткових наукових досліджень.

У третю групу включені хімічні елементи Ni, Mn, Cu, Cr, Zn і ін., промислове вилучення яких із зони недоцільно.

Проведені дослідження [18] показують, що летюча зола і шлаки є цінною мінеральною сировиною, яка може використовуватися в багатьох галузях народного господарства: при виробництві будівельних матеріалів, в дорожньому будівництві шляхом заміни традиційної мінеральної сировини шлакощербнем, при виробництві шлакосіталових виробів і т.д.

У Німеччині та США в будівництві використовується 20-30% щорічної кількості золошлакових відходів, у Франції та Англії – до 80%, а в країнах колишнього СРСР – менше 4% [14]. Це пов'язано з тим, що кількість незгорілого вуглецю в цих золах може досягати 30% і більше.

Також однією з причин, яка стримує використання золошлакових відходів у будівельній промисловості, є нестабільність їх хімічного і фазового складу [16].

Підвищений рівень випромінювання радіоактивних ізотопів (цезію, стронцію, скандію, радію, торія, актинія, вісмуту та ін.), канцерогенних елементів (ванадію, берилію, талія, урану, селену, цинку) і отруйних речовин і сполук (хлору, фтору, бромю, фосфору, свинцю, нікелю, ртуті, миш'яку, сурми і ін.) в ряді золошлакових відходів також може бути обмеженням широкого використання золошлакових відходів у народному господарстві [12].

Вищевказані обмеження щодо використання золошлакових відходів можуть бути зняті при їх переплавленні. При цьому відбувається вигорання незгорілого вуглецю, гомогенізація одержуваного продукту, а при наявності відновлювального середовища – відновлення заліза і ряду інших металів. Найбільш ефективно витяг металів при поєднанні його з процесом спалювання.

В останні роки спостерігається підвищений інтерес до розробки і створення агрегатів теплових електростанцій з внутрішньоцикловою газифікацією палива [17]. Технологічне поєднання газифікації з виробництвом електроенергії дозволяє ефективно використовувати високопотенційне фізичне тепло одержуваного генераторного газу і використовувати для газифікації відпрацьовану в турбіні водяну пару. ККД таких комбінованих установок досягає 54-55%, в той час як ККД традиційних вугільних установок не перевищує 40%. Крім цього, газифікація дозволяє різко скоротити шкідливі викиди в навколишнє середовище і відмовитися від дефіцитного газомазутного палива шляхом його заміни на низькосортне тверде паливо. При цьому в якості газифікаторів можуть

бути використані різні пристрої, що відрізняються один від одного як технологією процесів, так і конструктивним оформленням.

Способи газифікації твердого палива

В даний час в світі розроблений і промислово освоєний ряд методів газифікації палива з отриманням газів заданого складу і теплоти згорання. Процеси отримання газів заданого складу істотно розрізняються в залежності від розміру часток палива: процеси, в яких газифікують крупнокускове паливо в стаціонарному шарі (розмір часток > 6 мм); процеси з використанням дрібнозернистого палива (розмір часток 1-10 мм) і процеси, в яких використовується пиловидне паливо (розмір часток < 1 мм).

Газифікація крупнокускового палива.

Газифікація крупнокускового палива була поширена в промисловості на ранніх етапах розвитку газогенераторної техніки. В даний час в деяких країнах (Німеччина, США, Чехія, Польща, Угорщина, Індія та ін.) Продовжують працювати газогенераторні станції для місцевого газопостачання окремих підприємств [13].

Газифікація кускового палива зазвичай проводиться в стаціонарному (малорухливому) шарі в газогенераторах невисокої одиничної потужності (максимально 5 – 6 т/год) і малої інтенсивності процесу (до 500 – 600 кг/(м²*год).

До цієї групи належить процес газифікації під тиском за методом "Лургі" (рис. 1.2). У газогенератор періодично завантажують відсортоване вугілля з переважним розміром частинок 5 – 30 мм. Газифікацію здійснюють при тиску 2-3 МПа паро кисневою сумішшю, яка подається в реактор через обертові колосникові ґрати. У невеликій зоні горіння виділяється значна кількість тепла, необхідна для ендотермічних реакцій газифікації і термічного розкладання вугілля. Утворений сирий газ, виходячи з генератора зверху, осушує вугілля, що рухається протитечією вниз. Зола в твердому стані видаляють з реактора знизу через шлюзову ємність.

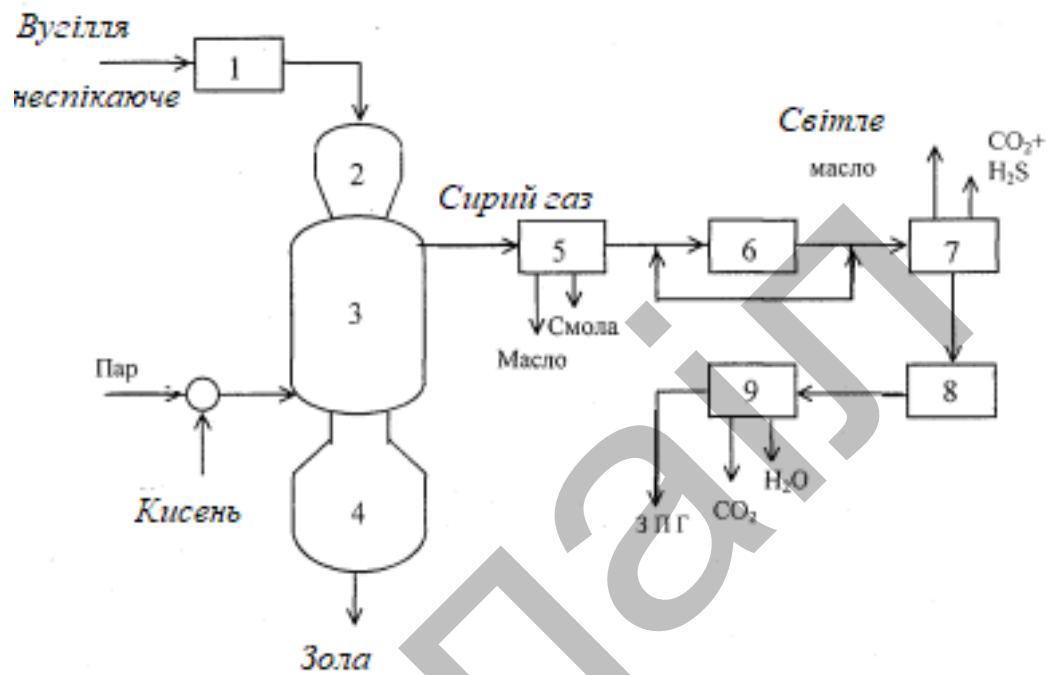


Рисунок. 1.2. – Схема процесу Лургі: 1 – вугле підготовка; 2 – вугільний бункер; 3 – газифікатор; 4 – зольний бункер; 5 – гарт; 6 – реакція CO-зсуву; 7 – очищення I ступені; 8 – метанізація; 9 – дегідратація і очищення II ступеню; ЗПГ – замітник природного газу.

Сирий газ, що виходить з реактора, промивають водою в скрубери-охолодильнику для відділення пилу і смоли, що містяться в ньому, а потім охолоджують в котлі-утилізаторі. Суспензію смоли з пилом після поділу в смоло відстійнику повертають в генератор. Частинки вугілля при газифікації в стаціонарному шарі і русі через газогенератор проходять такі зони: сушіння, термічного розкладання, газифікації та горіння. Утворений генераторний газ має наступний склад, % об.: 37–39,2 H₂; 17–23 CO; 27–32,4 CO₂; 9–11,8 CH₄; 0,4–0,8 C_nH_m; 0,7–1,4 N₂. Теплота згорання газу становить 11–12,3 МДж/м³.

Протитокова подача вугілля та газифікуючого агента, реалізована в більшості шарових генераторів, призводить до того, що в різних місцях при різних температурах вугільного шару домінують різні реакції процесу газифікації.

Великим недоліком газогенераторів старої конструкції була їх порівняно низька продуктивність, яка залишалася незадовільною і при використанні крупнокускового вугілля. Вихід із цього становища полягав у підвищенні реакційної температури до значень, більш великих ніж температури плавлення золи (генератори з рідким шлаковидаленням) і в переході до експлуатації під тиском.

При розгляді газогенераторів з рідким шлаковидаленням слід згадати процес, розроблений в дослідно-промисловому масштабі на початку 50-х рр. фірмою Lurgi і пізніше фірмою Gas Council. Кількість водяної пари становило 0,3-0,6 кг на 1 м³ кисню проти 4-6 кг при початкових розрахунках фірми Lurgi [14]. Цей спосіб ефективний для отримання синтез-газу, причому співвідношення CO : H₂ в газі можна змінювати в широкому інтервалі.

Іншим напрямком подальшого розвитку способу "Лургі" є газифікація палива повітрям замість кисню. Цей принцип (процес KDV) комбінують з газовою турбіною. Утворений синтез-газ містить багато азоту і використовується тільки як паливо для електростанцій [15].

Практичний інтерес і перспективи промислового застосування має шарова високотемпературна газифікація палива з рідким шлаковидаленням і вдуванням виносу палива назад в шар без введення флюсуючих добавок. Газогенератор для цього процесу був розроблений і експериментально перевірений на дослідних установках.

Аналогічний газогенератор розроблений в Англії (метод "Брітш-Гес-Лургі") [17]. Процес характеризується досить низькими витратами кисню (0,6 кг/кг вугілля), малим виходом CO₂, використанням широкого фракційного складу вугілля (до 30% вугілля з розмірами частинок < 1 мм може подаватися в пилоподібному стані через фурми).

Слід зазначити, що традиційна техніка газифікації крупнокускового палива малопридатна для великомасштабного виробництва газу через малу

інтенсивність процесу і підвищених вимог до якості палива (крупність, вміст дрібниці, механічна і термічна міцності).

Газифікація дрібнозернистого палива.

У великому промисловому масштабі найбільш освоєним процесом є газифікація в киплячому шарі при тиску, близькому до атмосферного. У цьому процесі можуть бути використані дрібнозернисті низькосортні види палива. Одержуваний газ не містить смоли і вищих газоподібних вуглеводнів.

Відомі два типи установок, що використовують киплячий шар – газогенератори ГАП і німецькі газогенератори "Вінклер" [13]. Поряд з перевагами (покращений тепло- і масообмін, відсутність в газі смол, менш жорсткі вимоги до вихідного вугілля), спосіб "Вінклер" має і недоліки: невисока температура газифікації, обмежена інтенсивність процесу, підвищене винесення палива (до 25-30%), значний вміст вуглецю в шлаках, велика чутливість киплячого шару до зміни режиму.

Модифікаціями цього методу є процеси "Флеш-Вінклер" і НТW.

Газифікація в киплячому шарі при атмосферному тиску має недоліки, які перешкоджають її широкому розповсюдженню. Це обмежена інтенсивність процесу (близько 3000 кг/(м²*год)), підвищене винесення палива (до 25-30%), значний вміст вуглецю в шлаках, а також велика чутливість киплячого шару до зміни режиму.

Для усунення недоліків газифікації палива в киплячому шарі її здійснюють під тиском. Встановлено, що зі збільшенням тиску підвищується інтенсивність процесу, різко знижується винесення палива з киплячого шару, що обумовлено поліпшенням умов вигорання частинок, зменшенням швидкостей потоку і збільшенням часу контакту реагентів.

У США, Японії, Франції, Росії, Німеччині, Індії та ПАР створені дослідно-промислові установки, на яких експериментально відпрацьована технологія газифікації за цим методом.

Перевага методів з киплячим шаром полягає в тому, що псевдозріджений стан зернистого матеріалу забезпечує однорідний розподіл температури за обсягом шару, внаслідок чого реакції газифікації протікають також набагато однорідніше. Внаслідок низьких температур (1000-1100°C) немає необхідності в застосуванні кисневого дуття. Крім того вугілля, що завантажується, дуже швидко нагрівається до реакційної температури.

Однак суттєвим недоліком є складність установок, обумовлена роботою під тиском, оскільки до теперішнього часу не вирішено задовільно питання про подачу вугільного пилу і дозуванні вугілля в газогенератор.

Газифікація пилоподібного палива.

Газифікація пилоподібного палива розвивається переважно для виробництва технічних газів, придатних для хімічних синтезів. Основними перевагами газифікації вугільного пилу є висока інтенсивність процесу, а також можливість використання без обмежень практично будь-яких видів твердого палива. Разом з тим процес характеризується підвищеною витратою енергії і палива на власні потреби, пов'язаним з необхідністю тонкого помелу вугілля і глибокого його підсушування (до 1-2%).

Серед методів газифікації вугільного пилу можна виділити наступні:

- газифікація в вихрових і циклонних газогенераторах, які були розроблені в Росії, США і Німеччині, проте не отримали подальшого розвитку через експлуатаційні труднощі і складності конструктивного оформлення. Оцінюючи перспективи використання циклонних пристроїв для газифікації твердого палива, відзначається такий недолік як низька надійність футерованих екранів. Крім того, можливе шлакування котлів-утилізаторів ставить під сумнів ефективність охолодження сирого газу і його подальшу очистку;

- прямоточна газифікація в факелі з подачею технічного кисню, атмосферного або збагаченого киснем повітря. Відомі невдалі спроби здійснити цей процес в умовах сухого золовидалення (способи "Шмальфельдт" і

"Панінко"). Тому в даний час газифікація вугільного пилу проводиться з рідким шлаковидаленням. Найбільш широко поширеними варіантами такого процесу є методи "Копперс-Тотцека", "ГСП", "Тексако", "Дау", "Комбасчен Інжиніринг", "Бігес", "Бабкок-Вількок" і "Дюпон".

Процеси цієї групи знаходять широке застосування при промисловому використанні в великих масштабах, є універсальними щодо використання всіх можливих типів вугілля, однак вони не дозволяють здійснювати переробку мінеральної частини вугілля, оскільки формуються відходи з непостійним фазовим складом. Крім того, ступінь конверсії складає всього 90%, що, ймовірно, свідчить про наявність у відходах вуглецю;

- газифікація вугільного пилу в газогенераторах, що мають ванну з розплавленими речовинами.

Газифікація палива в розплавах.

У генераторах з рідким теплоносієм вугілля і газифікуючий агент вдуваються в розплавлений шар теплоносія, який завдяки високій теплоємності сприяє рівномірному і стабільному перетворенню вугілля, а також згладжування наслідків змінних навантажень. В якості розплаву в Німеччині використовують вугільні шлаки (методи "Отто-Руммель" і "Саарберг-Отто") і залізо ("Клекнер" і "Гумбольдт"), в США застосовують неорганічні солі ("Келлог" і "Атомік Інтернаціонал") і також залізо ("Етгес"), в Японії – залізо ("Сумітомо Металз"). При цьому розплав виконує роль акумулятора тепла, каталізатора реакцій і сприяє тепло- і масообміну.

До переваг даного способу відносять порівняльну простоту виведення залишку, так як залишок і теплоносії знаходяться в однаковому (рідкому) агрегатному стані, і відносно просту подачу флюсу для поліпшення плинності шлаку. При використанні відповідних добавок може досягатися і значне знесірчення газу. Завдяки високій реакційній температурі сирий газ не містить смол і вищих вуглеводнів. Дослідні роботи поки не закінчені. Було виявлено

труднощі, пов'язані з транспортом і регенерацією розплавів, агресивністю застосовуваних розплавів, технічними труднощами відділення золи.

Одним з цікавих напрямків, розроблених в металургії, є газифікація і спалювання пилоподібного вугілля киснем у ванні рідкого металу (залізовуглецевого розплаву). Однак такий спосіб має ряд недоліків з точки зору енергетики: окислення і випаровування заліза, складність контролю процесу спалювання, необхідність підготовки пилоподібного вугілля і проблеми зі стійкістю вогнетривкої футеровки.

Більш сприятливі умови можуть бути досягнуті при використанні для газифікації не металеві, а шлакової ванни, тобто розплаву оксидів.

Певні перспективи в цьому плані мають установки з барботуємим шлаковим розплавом, що знайшли широке застосування в кольоровій металургії. Принцип цього процесу, запропонованого в 1949 р професором А.В. Ванюковим, полягає в тому, що тепловиділення, плавлення сировини і масообмін здійснюються в турбулентному перемішуваній ванні емульсії металу в шлаку (рис. 1.2). Даний процес відомий під назвою "Плавка в рідкій ванні" і покликаний вирішити конкретні завдання металургійного виробництва. Використання цього принципу в енергетиці дозволяє вирішити основні завдання виробництва енергії і отримання висококалорійного газу.

Безумовний інтерес у зв'язку з цим представляє розроблена ННПЕ спільно з співвиконавцями технологія газифікації і спалювання вугілля в розплаві шлаку, барботується збагаченим киснем повітрям. Технологія дозволяє переробляти як вугілля шахтного видобутку без його паливопідготовки, так і відходи підприємств вуглезбагачення.

Установка з барботуємим шлаковим розплавом має низку безсумнівних переваг, що дозволяють розраховувати на її успішне застосування в енергетиці при переробці низько кондиційного вугілля. Перш за все, слід зазначити, що в зазначеному агрегаті може бути здійснена комплексна переробка вугілля: легко

возгоняємі компоненти мінеральної частини можуть бути вилучені з газів, що відходять; важка фракція шлаку, що містить феросплави, виділяється в подфурменій зоні, а гомогенізований незалізнений рідкий шлак може бути використаний у виробництві будівельних матеріалів. Це дозволить відмовитися від споруди золовідвалів, транспортування і зберігання золошлакових відходів. При необхідності є можливість переробки золошлакових відвалів з метою випалювання горючих компонентів, добування цінних металів і отримання незалізненого шлакового розплаву.

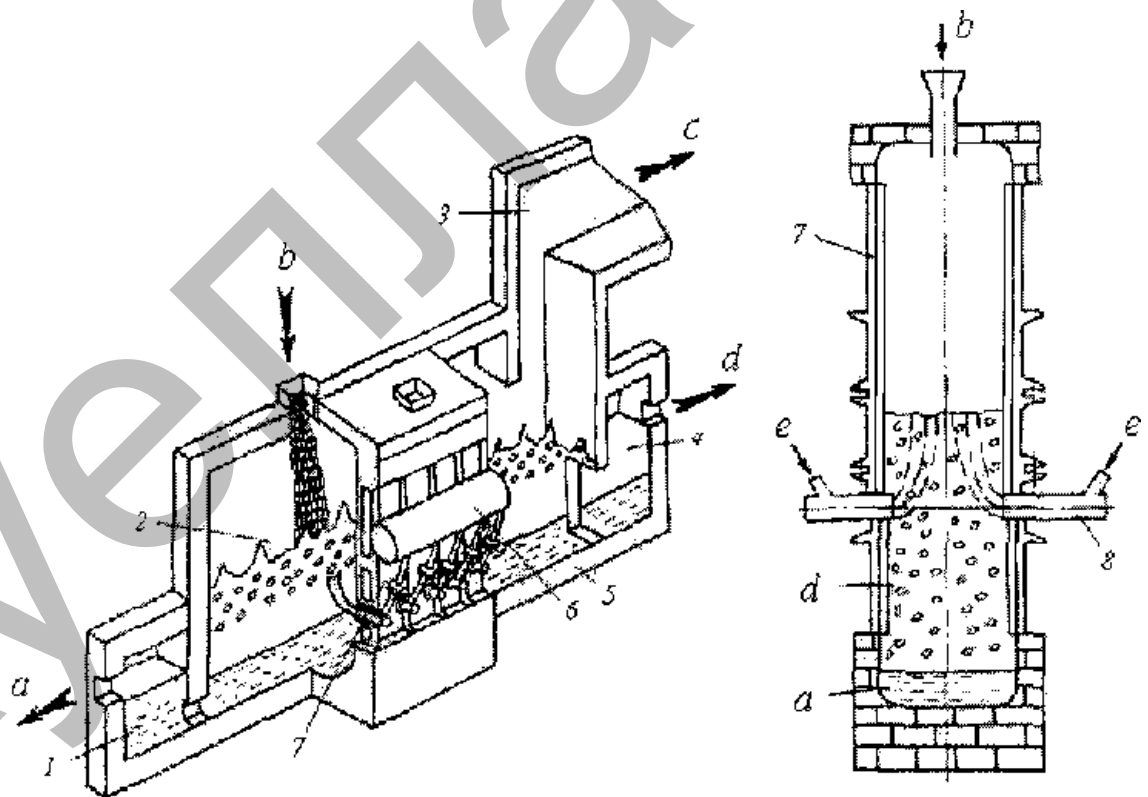


Рисунок 1.3. – Схема печі для плавки в розплаві: 1 - штейновий сифон; 2 - плавильна камера; 3 - газохід; 4 - шлаковий сифон; 5 - вогнетривка кладка; 6 - повітряно-кисневий колектор; 7 - кесони; 8 - фурма, а - вихід штейну; б - завантаження шихти; с - вихід газу; d - вихід шлаку; е - подача дуття.

1.2 Обґрунтування вибраного способу

Огляд наукових досліджень по газифікації вугілля в барботуємому шлаковому розплаві

Механізм і кінетика хімічних реакцій в процесі газифікації та горіння палив визначається безліччю режимних та апаратурних факторів, фізико-хімічними властивостями палива і газового середовища.

Дослідженню процесів газифікації твердого палива присвячено значну кількість робіт і досліджень як в нашій країні, так і за кордоном. Слід зазначити, що в області математичного опису процесів переробки вугілля в умовах піролізу, гідропіролізу і газифікації при невисоких температурах (близько 900-1200 К) проведено великий обсяг досліджень і досягнуто певних успіхів. Значно складніше йде справа з описом процесів перетворення вугілля при більш високих температурах (від 1500 К і вище). Число публікацій з цього питання обмежена.

У цьому плані значний інтерес представляють роботи в області вивчення металургійних процесів і процесів плазмохімічної газифікації вугілля.

Так, наводиться метод для розрахунків термодинамічно рівноважних складів досліджуваної газової фази. В деяких роботах викладено методи та описані моделі рівноважного виходу фаз, що складаються з рівнянь констант рівноваги реакцій, рівнянь матеріального балансу для елементів, що беруть участь в реакціях, і рівнянь нормування. Розглядаються питання термодинамічної рівноваги високотемпературних реакцій, приділено велику увагу створенню методів розрахунку гетерогенних рівноважних систем. При створенні методу розрахунку в прямому вигляді був використаний принцип максимуму ентропії ізольованої термодинамічної системи. Однак практична реалізація спільного методу в конкретних завданнях розрахунку призводить до вельми складним нелінійним системам рівнянь високого порядку. Оскільки точне аналітичне рішення в загальному випадку отримати неможливо, то використовуються ітераційні методи, які реалізуються із застосуванням ЕОМ.

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень були здійснені роботи по створенню процесу плавки сульфідної сировини в розплаві (процес ПЖВ).

Математичні моделі процесу плавки знаходять все більш широке застосування в металургії. Основна увага в них приділена завданням визначення основних видаткових коефіцієнтів і розподілу компонентів шихти між продуктами плавки. Інакше кажучи, основу цільової установки реалізації моделей становить визначення матеріальних балансів системи для заданих і режимних умов.

Описана математична модель реакційної зони, яка представляє собою сукупність диференціальних рівнянь матеріального балансу за обраними в якості змінних стану компонентів штейну і шлаку, а також теплового балансу плавки. Наводяться результати опису кінетики взаємодії сульфідів штейну з магнетитом шлаку в кінетичній області протікання реакції, які використовуються при математичному моделюванні.

У печі ПЖВ може бути виділена зона барботажа, в якій відбуваються основні процеси формування шлаку, штейну і газової фази. Математична модель динаміки роботи надфурменої зони печі ПЖВ, являє собою систему диференціальних рівнянь матеріального балансу по речовинам, що реагують, рівнянь теплового балансу, а також ряду алгебраїчних співвідношень. Модель показує стійкість стаціонарних станів процесу у всьому діапазоні зміни змінних. Вона визначає тривалість часу в перехідних процесах по різним змінним.

Дуже важливо оцінити вплив перемішування розплаву в печі ПЖВ на теплообмін. Проведено фізичне моделювання тепловіддачі на моделі печі Ванюкова з використанням води в якості рідкої фази для виявлення впливу перемішування розплаву на теплообмін в печі.

Слід зазначити, що зазначені моделі розроблялися для вирішення конкретних завдань металургійного виробництва. Основною метою печі є плавка сировини, що надходить, а що утворюється генераторний газ є супутнім продуктом і не може бути використаний для отримання електричної та теплової енергії.

Ряд робіт присвячений аналітичному дослідженню процесу газифікації вугілля в розплаві шлаку з метою отримання методик, що дозволяють визначити найбільш раціональні параметри і режимні характеристики ПЖВ.

Наприклад, розглядається математична модель газифікації і спалювання вугілля в розплаві. Основу моделі складають рівняння матеріального і теплового балансів установки ПЖВ. За характером кількісного опису робочого процесу модель є інтегральною, що базується на уявленні про встановлення як що складається з сукупності рівноважних термодинамічних систем. Це дозволило авторам за допомогою замкнутої системи алгебраїчних рівнянь встановити залежності між визначальними фізичними величинами.

На заданому рівні складності модель як система рівнянь замикається за допомогою ряду спрощуючих припущень. Найбільш істотними з них представляються наступні:

- температура шлакового розплаву і металу, а також вміст вуглецю в металі і FeO в шлаку задаються виходячи з експериментальних даних, отриманих на установці ПЖВ;

- процеси відновлення, окислення і ошлакування відбуваються в барботуємій зоні, що розглядається як реактор ідеального змішування;

- частка кисню, що витрачається на горіння до CO₂, задається в залежності від вмісту твердого вуглецю в барботуємому шлаку;

- хімічний склад газу, що виділяється з шлакової ванни відповідає рівноважному стану по реакції $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (реакція водяного газу) при заданій температурі;

- кількість пилу і її склад задаються за результатами дослідних значень.

У моделі описаний матеріальний баланс сконцентрованих елементів (вуглецю, флюсу, шлаку і металу).

Досить спірним представляється підхід авторів до висвітлення питань матеріального балансу газоподібних компонентів. Неочевидний сенс виділення

частки CO, що утворюється при виході летких в такій обстановці. Адже в елементарному складі вугілля вміст вуглецю дається загальний (тобто, включаючи леткі) і дуже важко встановити, яка частка вуглецю палива міститься в летких компонентах.

Автори роботи вказують, що на підставі розробленої ними моделі визначено вихідний склад газу, що утворюється в шлакової ванні. При цьому однією з основних є передумова про рівноважний стан газу, що є досить спірним. Той факт, що модель не розглядає кінетику хімічних реакцій, може привести до суттєвих помилок у визначенні складу газу на виході з шлакової ванни і температури шлакового розплаву.

Звісно ж занадто спрощеним приймається і механізм хімічних реакцій, що протікають при газифікації палива в розплаві.

Дослідженню механізму вигорання вугілля в розплаві шлаку присвячена також робота [17]. Основним завданням, яке вирішувалася при розробці печі ПЖВ, було використання непідготовленого некоксуючого вугілля в якості відновлювача. Вирішення цього завдання забезпечується за рахунок проведення основних технологічних процесів в жужільному (шлаковому) розплаві, що інтенсивно перемішується. Представлений багатий експериментальний матеріал, отриманий в ході дослідних плавок. Однак ці дані неможливо застосувати для енергетичних печей, оскільки в установці спалювався природний газ. Це сильно спотворює механізм реакцій і склад продуктів газифікації.

Авторами розроблена математична модель для аналізу технологічних показників роботи печі рідкофазного відновлення заліза при спалюванні вугілля. Основу моделі складають рівняння матеріального балансу за всіма компонентами сировини, а також рівняння повного теплового балансу печі ПЖВ.

При описі моделі в роботі прийнята передумова про рівновагу основних хімічних реакцій окислення вуглецю і, до того ж, сильно спрощений механізм даних реакцій. Разом з тим аналіз залежностей зміни складу газу, що утворюється

на виході з розплаву в часі дозволяє зробити припущення про нерівноважний стан реакцій газифікації, що протікають.

Крім того, авторами зроблений досить значний висновок про те, що для спалювання палива в енергетичних установках доцільно мати можливість регулювання повноти спалювання вугілля в розплаві шлаку, при цьому однією з основних проблем буде управління процесом спалювання палива.

Дослідженню гідродинаміки і теплообміну барботуємої ванни шлакового розплаву присвячена робота [11]. Авторами виготовлена гідравлічна модель для вивчення гідродинаміки барботуємої ванни, розроблені математичні моделі процесів газифікації вугілля в розплаві і теплообміну в камері газифікації і котлі-утилізатори.

В роботі наведено опис математичної моделі вигорання і газифікації палива в межах трифазного динамічного шару. На підставі розрахунків визначені основні технологічні параметри горіння і газифікації палива, розроблені рекомендації по вибору режимних і конструктивних параметрів експериментальної установки газифікації палива в барботуємому шлаковому розплаві.

За основу математичної моделі кінетики процесу взяті диференціальні рівняння реагування вуглецю палива з киснем. В результаті розрахунків визначено залежність глибини повного і часткового вигорання палива в розплаві від різних режимних параметрів. На жаль, з усього різноманіття реакцій в моделі розглядаються тільки дві реакції взаємодії вуглецю з киснем: до CO і до CO_2 . З цієї причини зазначена модель дозволяє описувати кінетику процесів газифікації вугілля тільки в першому наближенні.

Слід зазначити, що технологія спалювання вугілля (марки АШ) в розплаві кухонної солі була випробувана на лабораторній установці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля на кафедрі хімічної інженерії та екології. Технологічні характеристики ОПУ не дозволяють повністю

моделювати роботу плавильної камери стосовно енергетичного котла і кінетики горіння. Наведені в висновки та рекомендації носять попередній характер через недостатню кількість експлуатаційного матеріалу і повинні бути в подальшому перевірені і скоректовані.

Інформація за технологією спалювання та газифікації вугілля в розплаві шлаку отримана на дослідній установці Новолипецького металургійного комбінату. З метою економії коштів установка була вписана в діюче виробництво і оснащена спрощеними допоміжними системами, в силу чого вона не могла працювати в тривалому безперервному режимі.

Висновки

У розвитку паливної бази енергетики можна виділити два етапи: період до 2030 року і більш віддалена перспектива. На першому етапі пріоритет слід віддавати двом джерелам енергії – природному газу і інтенсифікації енергозбереження. На другому етапі повинні вирішуватися проблеми врівноваження частки нафти, вугілля і газу в структурі виробництва і споживання енергоресурсів в загальному енергобалансі.

Необхідно підготувати галузь до вугільно-ядерної стратегії паливостачання. Найбільш надійним ресурсом органічного палива для енергетики залишиться вугілля. Розвиток ТЕС повинно бути переорієнтовано на використання вугільного палива особливо для України. Перехід до вугільної стратегії паливостачання ТЕС викликає необхідність розробки і впровадження нових методів і екологічно чистого обладнання для газифікації і спалювання твердого палива. Перспективною в цьому плані є технологія газифікації і спалювання вугілля в барботуємому розплаві шлаку. Розвиток нової технології вимагає вдосконалення методів розрахунку її показників. Для розробки методів необхідне знання особливостей газифікації і горіння палива в розплаві шлаку. Для вивчення процесів, що протікають в барботуємому розплаві шлакової ванни, необхідно дослідження кінетики газифікації і горіння вугілля в розплаві шлаку.

2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції

Газифікацією називають високотемпературні процеси взаємодії органічної маси твердих або рідких горючих копалин або продуктів їх термічної переробки з повітрям, киснем, водяною парою, діоксидом вуглецю або їх сумішами, в результаті яких органічна частина палива перетворюється в горючі гази.

Тверді палива характеризуються рядом показників [14].

Маса палива. Тверді палива складаються із горючих і негорючих мінеральних частин, а також вологи. Склад палива характеризується вмістом наступних частин: робоча маса (натуральне паливо), що складається із сухої маси та вологи; суха маса, що включає гарячу масу та мінеральну частину; горюча маса, що містить органічну масу і сірку у вигляді сульфідів (FeS і FeS_2); аналітична маса, що включає суху масу палива і аналітичну вологу; органічна маса, що містить вуглець, водень, кисень, азот і органічну сірку.

Мінеральна частина палива здебільшого складається із силікатів алюмінію, заліза, кальцію, магнію з включенням з'єднань сірки, фосфору, натрію, калію та рідкоземельних елементів.

Класифікація вугілля, схильність до спікання. Розрізняють три основні види вугілля: буре, кам'яне та антрацити. До бурого вугілля відноситься неспікливе вугілля, з високим виходом летючих та низькою теплотою згорання. Вони характеризуються також високими - гігроскопічністю і загальною вологістю, великим вмістом кисню, легко втрачають на повітрі свою механічну міцність, мають підвищену схильність до самозаймання.

Кам'яне вугілля здебільшого схильне до спікання і тільки довгополум'яне, худе і ковальське вугілля менш схильне до спікання.

До антрацитів відноситься вугілля з низьким виходом летючих (2 – 9%) і високою теплотою згорання. В таблиці 2.1 приведена найпростіша характеристика вугілля.

Таблиця 2.1 - Характеристика вугілля

Тип вугілля	Вміст, %					Теплота згоряння (нижча) МДж/кг	Спікання
	Вологість свіжодобутого палива	Летючі складові частини	Вуглець	Водень	Кисень		
			(в розрахунку на горючу масу)				
Буре вугілля							
М'яке	45-60	50-70	65-70	5-9	18-30	25-27	Не спікається
Тверде	10-30	45-65	70-75	5-6	12-18	27-28	
Кам'яне вугілля							
Довгополум'яне	4-7	40	75-82	6,0-5,8	9-8	33	<<
Газополум'яне	3-6	40-35	82-85	5,8-5,6	9,8-7,3	33-34	Слабо
Газове	3-5	32-28	85-87,5	5,6-5,0	7,3-4,5	34-35	Сильно
Жирне	2-4	28-19	87,5-89,5	5,0-4,5	4,5-3,2	35-35,4	<<
Ковальне	2-4	19-14	89,5-90,5	4,5-4,0	3,2-2,8	35,4	Слабо
Худе	1-3	14-10	90,5-91,5	4,0-3,75	2,8-2,5	25,4-35,5	Не спікається
Антрацит	2	10	91,5	3,75	2,5	35,5-35,1	Так само

Якісна і кількісна характеристика твердого палива. Якість твердих палив характеризують їх фізико-хімічні та механічні властивості: вологість, зольність, елементний склад горючої маси, вихід летючих речовин і смоли, характеристика коксу (залишку), склад золи, її плавкість, теплота згоряння палива, його реакційна здатність, клас крупності, щільність, теплоємність, теплопровідність, механічна міцність, термостійкість, здатність до розмелювання та питома витрата енергії на розмелювання, пожаро- і вибухонебезпечні властивості. В таблиці 2.2 приведені характеристики твердого палива.

Єдиним твердим залишком при газифікації повинна з'явитися негорюча частина вугілля - зола. Насправді не вдається повністю перевести органічну масу вугілля в газ, і в шлаку залишається частина горючої маси палива.

Для дослідження складу золи її аналізують на вміст SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , SO_3 і при необхідності на оксиди інших металів.

Таблиця 2.2 - Характеристика твердого палива

Паливо	Склад горючої маси, %					Вихід летючих речовин, Y ^r , %	Нижча теплота згорання Q ^r , МДж/кг
	C ^r	S ^r	H ^r	O ^r	N ^r		
Торф	58	0,3	6	33,6	2,5	70	22
Горючий сланець	60-75	4-13	7-10	12-17	0,3-1,2	80-90	27-35
Буре вугілля	64-78	0,3-6	3,8-6,3	15-26	0,6-1,6	40-60	25-29
Кам'яне вугілля	75-90	0,5-6	4-6	2-13	1-2,7	9-50	31-35
Напівантрацит	90-94	0,5-3	3-4	2-5	1	6-9	34-35
Антрацит	93-94	2-3	2	1-2	1	3-4	34

Механічна міцність твердих палив характеризується їх здатністю протистояти удару та стиранню. Вона виражається в кг залишку після випробування палива в барабані Сундгрема або у % при випробуванні в мікум-барабані, або характеризується витратою енергії в кДж/кг палива, що розмелюють.

Основним продуктом газифікації вугілля є синтез-газ – суміш водню та оксидів вуглецю. На стадії окиснення – оксиди вуглецю та нітроген. Властивості цих компонентів наведені нижче.

Нітроген – N₂

Газ без кольору, запаху і смаку. Нітроген погано розчиняється у воді та інших органічних розчинниках, оскільки взаємодія між молекулами азоту і води вельми мало, але добре розчинимо в рідкому діоксиді сірки. Оскільки взаємодія і між молекулами азоту мало він, як і водень найбільш близький до ідеального газу. Вміст азоту у атмосфері - 78,084%, у морській воді - 0,0017%.

Молекулярна формула

N₂

Структурна

N≡N

Відносна молекулярна маса

28

Питома вага

1,25 г/м³

Температура кипіння

мінус 195°C

Температура плавлення мінус 210°C

Водень – H₂

Водень – найлегший безбарвний газ без запаху і смаку, майже не розчинний у воді, але добре розчинний у багатьох перехідних металах з дефектними d- і f-орбіталями, які заповнюються ним на вакантних електронних оболонках. Водень горить полум'ям, що світиться.

Молекулярна формула

H₂

Структурна формула

H-H

Відносна молекулярна маса

2,016

Щільність

0,09 кг/м³

Температура кипіння

мінус 252,8°C

Температура плавлення

мінус 259,2°C

Температура самозаймання

510°C

Температура займання

320°C

Температура при вибуху суміші водню з повітрям

до 2500°C

Концентраційні межі розповсюдження полум'я

4 - 75 % об.

Діоксид вуглецю – CO₂ (вуглекислий газ)

Діоксид вуглецю – безбарвний газ, злегка кислуватий на смак, в 1,5 рази важче за повітря. Розчинний у воді.

Двоокис вуглецю володіє наркотичною дією і дратує слизові оболонки очей та верхніх дихальних шляхів.

Молекулярна формула

CO₂

Структурна формула

O=C=O

Відносна молекулярна маса

44

Щільність

1,96 кг/м³

Оксид вуглецю – CO

Безбарвний газ, що не має запаху, нерозчинне у воді. Токсична дія газу позначається вже при зміні його 0,06 мг/дм³ повітря. ГДК в повітрі робочої зони виробничих приміщень 20 мг/м³.

Молекулярна формула	CO
Структурна формула	C=O
Відносна молекулярна маса	28
Щільність	1,25 кг/м ³
Щільність газу по відношенню до повітря	0,97
Концентраційні межі розповсюдження полум'я (за об'ємом):	
нижній	12,5 % об.
верхній	74 % об.
Температура кипіння	191,5°C
Температура плавлення	205°C
Температура самозаймання	651°C

3 Опис технологічної схеми

Загальна характеристика газифікації вугілля в розплаві

Аналіз науково-технічної та патентної літератури показав, що для зниження витрат технології синтез-газу з вугілля, раціонально відмовитися від реактору, що суміщує реакції конверсії і окислення, а проводити процес в розплаві шлаку, поділив зони конверсії та окислення. Це рішення дозволяє виключити застосування кисню і пари, замінив їх технічною водою та повітрям фактично без додаткових вимог за якістю. Застосування розплаву шлаку переробляемого вугілля забезпечує підвід енергії циркуляцією шлаку між зонами I і II, інтенсифікує умови тепло- і масообміну з реагентами та полегшує його видалення. Джерелом сировини та енергії є тільки вугілля, що переробляється в реакторі. Принципова схема пропонованої технології представлена на рис. 3.1.

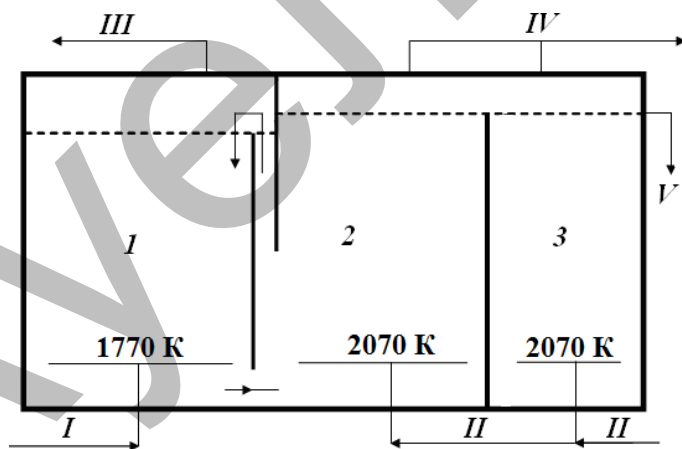


Рисунок 3.1 – Реакційний вузол отримання синтез-газу в розплаві:

1 – зона конверсії, 2 – зона окислення, 3 – зона доокислення (встановлюється за необхідністю концентрації вуглецю в розплаві шлаку менше 1%мас.); I – водно-вугільна суміш (можливе додавання вапняку CaCO_3 для зв'язування сірки вугілля), II – повітря, III – синтез-газ, IV – димові гази.

Найбільш високу концентрацію синтез-газу (з мінімальним вмістом інертних домішок) з мінімальними витратами можливо забезпечити роздільним

проведенням реакції конверсії і окислення в реакторі в окремих зонах. Тепло для перебігу ендотермічної цільової реакції конверсії вугілля водою ($C + H_2O = CO + H_2 - 131,3$ кДж/моль) балансується окисленням частини вугілля (вуглецевого залишку) повітрям ($C + O_2 = CO_2 + 393,5$ кДж/моль). Зони конверсії і окислення поділені лише за газовою фазою для забезпечення вибухобезпечності та мають єдиний контур циркулюючого між ними розплаву теплоносія.

Температуру в зоні конверсії необхідно забезпечити вище на ~ 50 К, ніж температура істинно рідкого стану шлаку $T_{пл.шл.} = 1473-1773$ К. Це дозволить знизити в'язкість розплаву, полегшити циркуляцію і відвід рідкого шлаку. В зоні окислення необхідна температура $T_{ок.} = T_{пл.шл.} + 300$ К.

Шлак циркулює за рахунок різниці густини газорідких суспензій в зонах реактору, яка забезпечується витратою повітря. Цим при необхідній кратності циркуляції забезпечується потрібний температурний режим в кожній зоні. Зола у вигляді розплаву шлаку, відводиться з реактора (зона II або III) з вмістом вуглецю менш 1%мас.

Суміш вугілля і води поступає в зону конверсії в кількості, достатній для виробництва заданої потужності за синтез-газом і забезпечення потрібної ступені перетворення вугілля. Передбачений матеріальним балансом надлишок вугілля переноситься циркулюючим шлаком в зону окислення. Газообразні продукти з кожної зони це високопотенціальні теплоносії і направляються на підігрів потоки, що поступають до реактору та виробництво електроенергії. Синтез-газ напрувається споживачу, за необхідністю проводиться очистка від сполук сірки з отриманням товарного продукту (сірки або сірчаної кислоти). Димові гази направляються на каталітичну очистку.

Отримання вихідного синтез-газу конверсією вугілля в розплаві.

Вугілля з бункера E і нагріте понад $100^{\circ}C$ повітря подають в кульовий млин M для видалення вологи, що міститься у вугіллі, і його подрібнення. З кульового млина повітряно-вугільна суміш надходить в циклон-сепаратор Ц, де повітря

відокремлюється від антрациту. Необхідна кількість антрациту направляється в вузол отримання синтез-газу.

Вузол отримання синтез-газу складається із змішувача СМ, реактора синтез-газу з розплавом Р, золоуловлюючих пристроїв Ф1 і Ф2, котла-утилізатора КУ, повітряного теплообмінника АТ1 і турбін електрогенераторів Т. Необхідна кількість вугілля фракцією менше 50 мкм змішується з водою в змішувачі СМ і надходить у вигляді водно-вугільної суспензії в І зону реактора Р. У II і III зони (зона III встановлюється при необхідності зщалишкової концентрації вуглецю в розплаві на рівні менше 1 % мас.) реактора через фурми подається повітря нагріте до 770°C синтез-газом, що відходить з І зони реактора. Балансова кількість розплавленого шлаку виводиться з III зони реактора (якщо вона не встановлена то з II зони). Синтез-газ з І зони направляють на синтез метанолу. З огляду на те, що отриманий синтез-газ може нести частинки золи і вугільного пилу, він не може бути використаний без попереднього очищення, тому передбачений фільтр-золоуловлювач Ф1. З II і III зони окислення виходять димові гази. Пройшовши вузол золоуловлення Ф2, котел-утилізатор КУ, вони надходять на турбіну Т електрогенератора, потім направляються на каталітичне очищення. Шлак, який відводиться з III зони реактора синтез-газу, може бути використаний для виробництва будівельних матеріалів. Для цього його спочатку піддають грануляції (на схемі не вказана). Грануляція - надання шлаку форми зерен (гранул) – здійснюється за допомогою струменя води або пари. Вода для грануляції подається під тиском паралельно струменю витікаючого шлаку і змішується з ним. Під впливом швидкого паротворення струмінь шлаку розривається на частки, які падають в грануляційний басейн з циркулюючою водою і твердіє у вигляді зерен або дрібних шматків. Основні шлаки в гранульованому вигляді йдуть для виробництва цегли, бетону (як заповнювач), а також цементу. Кислі шлаки застосовуються для виготовлення дорожньої бруківки та інших литих виробів [5].

4 Матеріальні і теплові баланси

4.1 Матеріальний розрахунок

Вихідні дані:

1. Проводимо розрахунок на потужність за вугіллям 100 тис. т/рік або 12 т/год.

2. Склад і характеристики вугілля:

- марка А (антрацит);
- вологість $W = 8\%$ (від загальної маси вугілля);
- зольність $A = 28\%$ (від сухої маси вугілля).
- Склад горючої маси (% мас.):

$C - 93,0\%$, $H - 1,8\%$, $O - 2,7\%$, $S - 1,7\%$, $N - 0,8\%$

Розрахунок

Виходячи із складу вугілля визначаємо кількість окремих компонентів:

1. Зола $G_{\text{зол}} = 12000 * 0,28 = 3360$ кг/год

2. Горюча маса $G_{\text{горюч. част}} = 12000 - 3360 = 8640$ кг/год, в т.ч.:

$$G_C = 8640 * 0,93 = 8035,2 \text{ кг/год}$$

$$G_H = 8640 * 0,018 = 155,5 \text{ кг/год}$$

$$G_O = 8640 * 0,027 = 233,3 \text{ кг/год}$$

$$G_S = 8640 * 0,017 = 146,9 \text{ кг/год}$$

$$G_N = 8640 * 0,008 = 69,1 \text{ кг/год}$$

При паровій конверсії вуглецю перебігають наступні основні реакції:



За реакцією (4.1) для повної конверсії 8035,2 кг/год вуглецю потрібно води:

$$G_{H_2O} = 8035,2 * 18/12 = 12052,8 \text{ кг/год}$$

При цьому утворюється наступна кількість CO і H₂:

$$G_{CO} = 8035,2 * 28/12 = 18748,8 \text{ кг/год}$$

$$G_{H_2} = 8035,2 \cdot 2 / 12 = 1339,2 \text{ кг/год}$$

При перебігу реакції (4.2) для повного перетворення 146,9 кг/год сірки потребується H_2 :

$$G_{H_2} = 146,9 \cdot 2 / 32 = 9,2 \text{ кг/год}$$

При цьому утворюється H_2S :

$$G_{H_2S} = 146,9 \cdot 34 / 32 = 156,1 \text{ кг/год}$$

Весь наявний у вугіллі кисень приймає участь в реакції (4.3). При цьому 233,3 кг/год O_2 прореагує з CO в кількості:

$$G_{CO} = 233,3 \cdot 28 / 0,5 \cdot 32 = 408,3 \text{ кг/год}$$

При цьому утворюється CO_2 :

$$G_{CO_2} = 233,3 \cdot 44 / 0,5 \cdot 32 = 641,6 \text{ кг/год}$$

Залишається CO :

$$G_{CO(\text{зал})} = 18748,8 - 408,3 = 18340,5 \text{ кг/год}$$

Весь наявний у вугіллі азот переходить в N_2 .

Далі проводимо розрахунок кількості вугілля потрібну для забезпечення теплового режиму реактору (тобто енерговитрат процесу конверсії).

Знайдемо теплотворну здатність вугілля. Розрахунок проводимо на масу сухого вугілля $G_{\text{сух.вуг}} = 1 \text{ кг}$.

$$G_{\text{золи}} = 1 \cdot 0,28 = 0,28 \text{ кг}$$

$$G_{\text{горюч.част}} = 0,72 \text{ кг, в т.ч.}$$

$$G_C = 0,72 \cdot 0,93 = 0,670 \text{ кг}$$

$$G_H = 0,72 \cdot 0,018 = 0,013 \text{ кг}$$

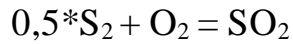
$$G_O = 0,72 \cdot 0,027 = 0,019 \text{ кг}$$

$$G_S = 0,72 \cdot 0,017 = 0,012 \text{ кг}$$

$$G_N = 0,72 \cdot 0,008 = 0,006 \text{ кг}$$

При окисленні вугілля перебігають наступні реакції:





$$\Delta H_{2073} = -352,61 \text{ кДж/моль.}$$

$$Q = \sum v_i \cdot \Delta H_i = \sum (m_i/M_i) \cdot \Delta H_i$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0,670 \cdot 397,57 \cdot 10^3/12 + 0,013 \cdot 243,66 \cdot 10^3/2 + 0,012 \cdot 352,61 \cdot 10^3/32 = 23913,7 \text{ кДж}$$

Теплотворна здатність вугілля $Q^P_H = 23913,7 \text{ кДж/кг.}$

Визначемо витрати тепла в зоні конверсії:

1) Нагрів води:

а) нагрів води від 20°C до температури кипіння: $Q = G \cdot C_p \cdot \Delta t$;

$$Q = 12052,8 \cdot 75,30 \cdot (100-20)/18 = 4,03 \text{ ГДж};$$

б) випар води:

$$Q = G \cdot \Delta H_{\text{вип}};$$

$$Q = 12052,8 \cdot 44,02 \cdot 10^3/18 = 29,48 \text{ ГДж};$$

в) нагрів пари від 100°C до 1500°C :

$$Q = 12052,8 \cdot 33,61 \cdot (1500-100)/18 = 31,51 \text{ ГДж};$$

$$Q_{H_2O(\text{заг})} = 4,03 + 29,48 + 31,51 = 65,02 \text{ ГДж.}$$

2) Нагрів вихідного вугілля:

$$Q = 12000 \cdot 1,04 \cdot (1500 - 20) = 18,47 \text{ ГДж};$$

3) Витрати тепла на перебіг реакцій (за реакцією (4.1)):

$$\Delta H_{1773} = 123,43 \text{ кДж/моль};$$

$$Q_{\text{р-ції}} = 8035,2 \cdot 123,43 \cdot 10^3/12 = 82,65 \text{ ГДж};$$

$$\text{Витрати тепла в зоні конверсії: } Q_{\text{витр.}} = 65,02 + 18,47 + 82,65 = 166,14 \text{ ГДж};$$

Витрата вугілля в зоні окислення складе:

$$G_{\text{вуг.ок}} = 166,14 \cdot 10^9 / 23913,7 \cdot 10^3 = 6947,5 \text{ кг/год.}$$

Для врахування втрат тепла приймаємо 20%-й надлишок вугілля, що необхідно окислити: $G_{\text{вуг.над}} = 6947,5 \cdot 1,2 = 8337 \text{ кг/год.}$

Для подальших розрахунків приймаємо, що окисленню підлягає 8400 кг/год вугілля. Загальна кількість вугілля, що підлягає переробці для забезпечення заданої потужності за синтез-газом складе:

$$G_{\text{вуг(заг)}} = 12000 + 8400 = 20400 \text{ кг/год сухого вугілля.}$$

Для подальших розрахунків витратних коефіцієнтів визначаємо кількість вологого вугілля: $G_{\text{ввл.вуг}} = 20400 / (1 - 0,08) = 22174 \text{ кг/год}$

Отриманні дані зводимо до таблиці матеріального балансу.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс стадії конверсії на сухе вугілля

Прихід			Витрата				
Потік	%мас.	кг/год	Потік	%об.	м ³ /год	%мас.	кг/год
1. Вугілля, в т.ч.	62,9	20400	1. Вугілля на окислення			25,8	8400
- на конверсію		12000	2. Синтез-газ, в т.ч.	100	31793,7	63,8	20692,8
С		8035,2	СО	46,15	14672,4		18340,5
Н		155,5	Н ₂	52,33	16637,6		1485,5
О		233,3	СО ₂	1,03	326,6		641,6
S		146,9	Н ₂ S	0,32	102,8		156,1
N		69,1	N ₂	0,17	55,3		69,1
зола		3360	3. Зола			10,4	3360
- на окислення		8400					
2. Вода	37,1	12052,8					
Разом:	100	32452,8	Разом:	100	31793,7	100	32452,8

4.2 Розрахунок основних витратних коефіцієнтів на одиницю продукції

Витратні коефіцієнти характеризують витрату сировини, води, енергії та допоміжних матеріалів, віднесені до одиниці цільового продукту.

$$k = m/n,$$

де k – витратний коефіцієнт, т/т, м³/т, кВт/т; m – витрата сировини, реагенту, електроенергії, т/год, кг/год, м³/год, кВт*год і т.п.; n – маса цільового продукту, т.

Розрахуємо витратні коефіцієнти за основними видами сировини. розрахунок виконаємо на базі матеріального балансу агрегату отримання синтез-газу потужністю 30000 м³/год.

$$\text{Витратний коефіцієнт за вологим вугіллям: } k_1 = 22174 / 30000 = 0,74 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Витратний коефіцієнт за водою: } k_2 = 12052,8 / 30000 = 0,40 \text{ кг/м}^3$$

4.3 Тепловий розрахунок

Вихідні дані:

1. Таблиця 4.1 матеріального балансу реактора.
2. Теплоємність вугілля $C_v = 1,04$ кДж/кг*К
3. Теплоємність шлаку $C_{ш} = 1,103$ кДж/кг*К
4. Фізико-хімічні властивості речовин (таблиця 5.3).

Таблиця 4.2 – Фізико-хімічні властивості речовин [16]

Речовина	Молекулярна маса М, г/моль	$C_{p,298}$, Дж/моль*К	ΔH_{298} , кДж/моль
H ₂	12	8,54	0
CO	28	29,14	-110,53
H ₂ O _{пар}	18	33,61	-241,81
H ₂ O _р	18	75,30	-285,83
O ₂	32	29,37	0
N ₂	28	29,12	0
CO ₂	44	37,11	-393,51
SO ₂	64	39,87	-296,90
H ₂ S	34	33,44	-20,60

Для розрахунку теплового балансу визначимо кількість тепла, що можливо утилізувати при охолодженні синтез-газу з температури 1500^oC до температури синтезу метанолу 300^oC.

I. Визначаємо теплоємність синтез-газу за правилом аддитивності:

$$C_{CG} = 29,14 \cdot 0,4615 + 28,83 \cdot 0,5233 + 37,11 \cdot 0,0103 + 33,44 \cdot 0,0032 + 29,12 \cdot 0,0017 = 29,07 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

Витрата синтез-газу за матеріальним балансом:

$$G_{CG} = 31793,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість тепла, що виділиться при охолодженні синтез-газу від 1500 до 300^oC, складе:

$$Q_{CG} = 31793,7 \cdot 29,07 \cdot (1500 - 300) / 22,4 = 49,5 \text{ ГДж}/\text{год}$$

З урахуванням втрат на рівні 10%:

$$Q_{втр} = 0,1 \times Q_{CG} = 0,1 \times 49,5 = 4,95 \text{ ГДж}/\text{год}$$

Кількість тепла, можлива до корисної утилізації складе:

$$Q_{\text{ут}} = Q_{\text{сг}} - Q_{\text{втр}} = 49,5 - 4,95 = 44,55 \text{ ГДж/год}$$

Тепло екзотермічних реакцій (за теплотворною здатністю вугілля) складе:

$$Q_{\text{екз}} = 23913,7 \times 8400 = 200,9 \text{ ГДж/год}$$

II. Тепловий баланс за зоною конверсії

1. Тепло, необхідне для нагріву вугілля від 20 до 1500°C:

$$Q_{\text{вуг}} = 20400 \times 1,04 \times (1500 - 20) = 31,4 \text{ ГДж/год}$$

2. Тепло на нагрів води, її випар і перегрів пари:

розраховано в матеріальному балансі:

$$Q_{\text{H}_2\text{O заг}} = 65,0 \text{ ГДж/год}$$

3. Тепло, що потрібно витрати на перебіг ендотермічних реакцій конверсії розраховано в матеріальному балансі:

$$Q_{\text{енд}} = 82,7 \text{ ГДж/год}$$

Теплові втрати в зоні конверсії приймаємо на рівні 10% від приходу тепла, що складається з тепла екзотермічних реакцій та корисної утилізації тепла синтез-газу:

$$Q_{\text{втр}} = (200,9 + 44,55) \cdot 0,1 = 24,55 \text{ ГДж/год}$$

Тоді в зону конверсії, з зони окислення повинно підводитися кількість тепла:

$$Q_{\text{конв.}} = Q_{\text{енд}} + Q_{\text{H}_2\text{O заг}} + Q_{\text{вуг}} + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{ут}}$$

$$Q_{\text{конв.}} = 82,7 + 65,0 + 31,4 + 24,55 - 44,55 = 159,1 \text{ ГДж/год}$$

Розраховані дані заносимо до таблиці теплового балансу.

Таблиця 4.3 – Тепловий баланс зони конверсії

Прихід	ГДж/год	Витрата	ГДж/год
1. Тепло з зони окислення	159,1	1. На ендотермічні реакції	82,7
2. Утилізація тепла синтез-газу	44,55	2. На нагрів вугілля	31,4
		3. Нагрів води, випар та перегрів пари	65,0
		4. Втрати	24,55
Разом:	203,65	Разом:	203,65

5. Вибір і розрахунок основного апарату

5.1 Вибір та опис основного апарату

Основним технологічним апаратом є реактор газифікації антрациту в розплаві рідкого високотемпературного теплоносія, в якості якого запропоновано застосовувати розплав шлаку, отриманий при окисненні антрациту.

Для реалізації внутрішньої циркуляції теплоносія рекомендується використовувати ерліфт, розташований в зоні окислення. Дія повітряного підйомника засноване на принципі поєднаних посудин, заповнених незмішуваними рідинами з різною питомою вагою. Циркуляція суспензії відбувається за рахунок різниці щільності гетерогенних систем в циркуляційній трубі і просторі між корпусом апарату і циркуляційною трубою. Інтенсивність циркуляції тут перш за все залежить від витрати повітря, висоти труби і ефективної в'язкості суспензії [14].

При розробці конструкції (футеровки, теплоізоляції, пристроїв введення реагентів і ін.) реактора необхідно використовувати розрахунки пічей, застосовуваних у металургії.

5.2 Розрахунок реактора конверсії вугілля в розплаві

Для розрахунків було прийнято, що газифікатор працює в барботажному режимі. Швидкість руху газів у вільному перерізі реактора знаходиться в діапазоні 1,5 – 3,0 м/с [18]. Для розрахунків була прийнята швидкість руху газу 2 м/с.

Площа робочої зони знаходиться за формулою:

$$S = \frac{V_r}{w}, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

де V_r – витрата газу за р.у., $\text{м}^3/\text{с}$;

w – швидкість руху газів у вільному перетині реактора, $\text{м}/\text{с}$.

Витрата газу за робочих умов розраховується за формулою:

$$V_{p.y.} = \frac{V_{н.у.}}{3600} \times \frac{t + 273}{298} \times \frac{P_1}{P_2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.2)$$

де $V_{н.у.}$ – витрата газу за н.у., $\text{м}^3/\text{год}$.

Витрата димових газів за р.у.:

$$V_{др} = \frac{56972,4}{3600} \times \frac{1800 + 273}{298} \times \frac{1}{40} = 2,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Витрата синтез-газу при р.у.:

$$V_{сг} = \frac{31793,7}{3600} \times \frac{1500 + 273}{298} \times \frac{1}{40} = 1,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа робочої зони:

$$\text{– окислення: } S_1 = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ м}^2;$$

$$\text{– конверсії: } S_2 = \frac{1,3}{2} = 0,6 \text{ м}^2.$$

Залежно від вимог, що пред'являються до якості одержуваного шлаку, можливе використання третьої зони реактора – зони глибокого окислення.

Прийmemo площу зони глибокого окислення, рівну площі зони окислення.

Для розрахунків була прийнята висота шару шлаку 0,8 м, висота газового простору 0,8 м (загальна висота 1,6 м).

Об'єм шлаку в зоні:

$$\text{– окислення: } V_{1ш} = 1,4 \times 0,8 = 1,12 \text{ м}^3;$$

$$\text{– конверсії: } V_{2ш} = 0,6 \times 0,8 = 0,48 \text{ м}^3.$$

$$\text{Загальний об'єм шлаку в обох зонах } V_{ш} = 1,12 + 0,48 = 1,6 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм кожної зони:

$$\text{– окислення: } V_1 = 1,4 \times 1,6 = 2,24 \text{ м}^3;$$

$$\text{– конверсії: } V_2 = 0,6 \times 1,6 = 0,96 \text{ м}^3.$$

При ширині реактора 1 м довжина кожної зони:

$$\text{– окислення: } l = 1,4 / 1 = 1,4 \text{ м};$$

- конверсії: $l = 0,6/1 = 0,6$ м;

- доокислення: $l = 1,4/1 = 1,4$ м.

5.3 Розрахунок ерліфта

З причини відсутності даних про роботу ерліфтів з розплавами речовин, приймаємо, що їх робота ідентична транспортуванню води з свердловин.

Для роботи ерліфта необхідне дотримання умови:

$$\frac{H + h}{H} \leq \frac{\rho_p}{\rho_{см}} \quad (5.3)$$

де ρ_p і $\rho_{см}$ – густина рідини і суміші відповідно, кг/м³;

H – глибина занурення змішувача, м;

h – висота підйому рідини, м.

Різниця густини розплаву, що знаходиться в реакційній зоні і в ерліфті забезпечується введенням в ерліфт повітря. Його кількість необхідна для підйому 1 м³ рідини на висоту h можна визначити за емпіричною формулою [17, (180), с.625]:

$$V \approx \frac{1,75 \cdot h}{C \cdot \lg \frac{H + 10}{10}} \quad (5.4)$$

де C – досвідчений коефіцієнт, що залежить від $\frac{H + h}{H}$; $C = 8,23$.

При кратності циркуляції теплоносія 10 год⁻¹ кількість циркулюючого розплаву складе: $1,6 \times 10 = 160$ м³/год.

$$V_B \approx \frac{V_p \cdot 1,75 \cdot h}{\frac{T_p}{T_H} \cdot C \cdot \lg \frac{H + 10}{10}} \quad (5.5)$$

де V_B – витрата повітря при початковій температурі, м³/год;

V_p – витрата теплоносія, м³/год;

T_H, T_p – початкова і робоча температури повітря, м³/год;

$$T_n = 770 + 273 = 1043 \text{ K}; T_p = 1800 + 273 = 2073 \text{ K}.$$

Прийmemo висоту підйому рідини $h = 400$ мм і глибину занурення змішувача ерліфта $H = 300$ мм.

Тоді за формулою (5.5):

$$V_B \approx \frac{160 \times 1,75 \times 0,4}{\frac{2073}{1043} \times 8,23 \times \lg \frac{0,3 + 10}{10}} \approx 533 \text{ м}^3/\text{год повітря (при } 770^\circ\text{C і } 40 \text{ атм), що при}$$

н.у. складе: $V_{B(\text{н.у.})} = 6090 \text{ нм}^3/\text{год}.$

За матеріального балансу необхідно подати в зону окислення $56160 \text{ нм}^3/\text{год}$ повітря. Таким чином, необхідно додатково подати через фурму:

$$56160 - 6090 = 50070 \text{ нм}^3/\text{год повітря}.$$

Швидкість входу розплаву у змішувачів приймається від $1,8$ до $3,5$ м/с [17]. Приймаємо для розрахунку $2,7$ м/с.

Швидкість руху суміші від змішувача до виходу з циркуляційної труби вельми важливий фактор, і часто через неправильний вибір величини цієї швидкості ерліфт працює незадовільно. По мірі підйому суміші по трубах її секундний об'єм змінюється, а, отже, змінюється і швидкість руху суміші. На виході з напірної труби ця швидкість має найбільше значення. Величини швидкостей на виході з напірної труби бувають порядку від 6 до 12 м/с [17]. Для розрахунку приймаємо 9 м/с.

Визначення площі поперечного перетину напірної труби по швидкості руху суміші проводиться таким чином.

Приймаємо такі позначення:

$$q - \text{витрата розплаву, м}^3/\text{с}; q = 160/3600 = 0,04 \text{ м}^3/\text{с};$$

q_1 – витрата стисненого повітря, $\text{м}^3/\text{с}$; визначається за формулою:

$$q_1 = q_2 \times P_2/P_1,$$

де q_2 – витрата вільного повітря; $q_2 = 1800/3600 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$;

$$P_1 = 40 \text{ атм}, P_2 = 60 \text{ атм}.$$

$$q_1 = 0,15 \times 60/40 = 0,22 \text{ м}^3/\text{с};$$

v_1 – швидкість руху суміші у змішувача, м/с;

v_2 – швидкість руху суміші на виході з напірної труби, м/с.

Тоді перетин циркуляційної труби буде:

а) у змішувача: $S_1 = (q+q_1)/v_1 = 0,1 \text{ м}^2$; $d_1 = 0,36 \text{ м}$;

б) на виході: $S_2 = (q+q_2)/v_2 = 0,02 \text{ м}^2$; $d_2 = 0,16 \text{ м}$.

Після визначення d_1 і d_2 підбираємо з відповідного сортименту найближчу за розмірами трубу. Приймаємо трубу діаметром $377 \times 10 \text{ мм}$ [18].

Площа робочої зони ерліфта складе: $0,785 \times 0,357^2 = 0,1 \text{ м}^2$.

Розраховуємо діаметр повітряпроводної труби. Швидкість руху газів в нагнітальних трубопроводах знаходиться в діапазоні 15 - 25 м/с. Приймаємо швидкість руху повітря по повітряпроводній трубі ерліфта 20 м/с.

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 * \omega}}, \text{ м} \tag{5.6}$$

$$d = \sqrt{\frac{533}{3600 \times 0,785 \times 20}} = 0,1 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартну трубу розміром $108 \times 4 \text{ мм}$.

Подача кисневого дуття в реактор здійснюється вертикальною водоохолоджуваною фурмою. Тіло фурми виготовлено з трьох концентрично розташованих труб. Внутрішня труба служить для підведення повітря, середня - для відводу води. По зовнішній трубі підводиться охолоджуюча вода. Найбільш важливою частиною фурми, що визначає умови формування окисного газового струменя і її впливу на розплав, є сопло. Сопло являє собою головку, яка герметично з'єднана з зовнішньою і внутрішньою трубами фурми.

6 Вибір допоміжного обладнання

Допоміжне технологічне обладнання яке використовується при виробництві синтез-газу наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Перелік технологічного обладнання

Номер позиції	Найменування устаткування, тип, марка	Кіл	Основні технічні характеристики	Примітка
1	2	3	4	5
Ц	Циклон - сепаратор	1	Д=1200 мм, Н=4380мм Середовище – вугільний пил, повітря. Тиск – не більше 1,6 МПа (16,0кгс/см ²). Температура – від мінус 30 до плюс 100°С	Сталь вуглецева, покриття поверхні тепловою ізоляцією (ізоляційний шар, сталь оцинкована)
Ф1	Золовлівлювач	1	Д=1200 мм, Н=4380мм Середовище – синтез-газ, зола, тверді домішки. Тиск – не більше 1,6 МПа (16,0кгс/см ²). Температура – від мінус 30 до плюс 100°С	Сталь вуглецева, покриття поверхні тепловою ізоляцією (ізоляційний шар, сталь оцинкована)
Ф2	Золовлівлювач	1	Д= 800 мм, Н=3745 мм Середовище: димовий газ, зола, тверді домішки. Тиск - не більше 1,2 МПа (12,0кгс/см ²). Температура – не більше 100 °С	Сталь вуглецева, покриття поверхні тепловою ізоляцією (ізоляційний шар, сталь оцинкована)
КУ	Котел-утилізатор	1	Д=1800 мм, Н=25110 мм с димовою трубою. Ф змійовиків-51 м ² . У змійовиках: середовище-природний газ тиск - не більше 1,2 МПа (12,0 кгс/см ²). Температура - не більше 300°С. Міжтрубний простір: середовище - димові гази, тиск - вакуум 20 мм р. ст температура - не більше 1200°С	Матеріал різний, зокрема: корпус-ст.3; змійовик - сталь 15ХМ, всередині футерування (товщина футерування 322 і 152 мм)

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5
Е	Ємність	1	<p>Д = 1600 мм, Н= 2825 мм Місткість - 6,3 м³ Середовище - вугілля Тиск - не більше 1,4 МПа (14,0 кгс/см²) Температура – від мінус 20 до плюс 100 °С</p>	<p>Сталь вуглецева, покриття поверхні тепловою ізоляцією (ізоляційний шар, сталь оцинкована)</p>
АТ1	Теплообмін ник Тип-Н. Горизонталь ний, кожухотруб ний, одноходови й.	2	<p>Д= 600 мм L= 6950 мм δ стінки = 8 мм n трубок = 389 штук, Д трубок= 20x2 мм F =131 м² Трубний простір: середовище -природний газ. Тиск - не більше 1,6 МПа (16,0 кгс/см²) температура - не більше 300°С. Міжтрубний простір: середовище - природний газ. Тиск - не більше 1,6 МПа (16,0 кгс/см²) температура - не более 300°С</p>	<p>Сталь вуглецева, покриття поверхні тепловою ізоляцією (ізоляційний шар, сталь оцинкована)</p>

7 Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються високими швидкостями протікання технологічних процесів і хімічних реакцій, складними технологічними схемами, великою кількістю апаратів, складними умовами ведення процесу (високі температури і тиск). Виробництво синтез-газу є неперервним і великотонажним; характеризується наявністю пожеже-вибухонебезпечних факторів, можливістю викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище.

7.1 Контроль основних технологічних параметрів.

Для проведення процесу в межах норм технологічного режиму на щит КВПіА в ЦПУ необхідно виводити вимірювальну інформацію за наступними технологічними параметрами:

- витрата: вугілля і води перед змішувачем СМ (контролюється приладами поз. FIRA-1в, FIRA-2в); димових газів із зони окислення (контролюється приладом поз. FIRA-6в); повітря в зону окислення реактора Р (контролюється приладом поз. FIRA-9в); синтез-газу (контролюється приладом поз. FIRA-14в); знесолоної води перед котлом-утилізатором КУ (контролюється приладом позиція FIRA-16в);

- температура: теплоносія в зоні конверсії (контролюється приладом поз. TIRA-3в); синтез-газу на виході з реактора (контролюється приладом поз. TIRA-5в); димових газів на виході з реактора (контролюється приладом поз. TIRA-10в); теплоносія в зоні окислення (контролюється приладом поз. TIRA-11в); повітря перед подачею в зону окислення (контролюється приладом поз. TIRA-13в); синтез-газу після теплообмінника АТ2 (контролюється приладом поз. TIRA-15в); водяної пари і димових газів на виході з котла-утилізатора (контролюється приладом поз. TIRA-18в і поз. TIRA-19в);

- тиск повітря на вході в зону окислення реактора Р (контролюється приладом поз. PIRA-4в); водяної пари на виході з котла-утилізатора КУ (контролюється приладом поз. PIRA-15в);

- концентрація оксиду вуглецю (CO) в синтез-газі і димових газах (контролюється приладом поз. QIRK-7г і QIRA-12г);

- рівень теплоносія в реакторі Р (контролюється приладом поз. LIRKA-8б).

Витрату пропонується вимірювати методом змінного перепаду тиску. Первинним вимірювальним перетворювачем є діафрагма сегментна, встановлена в трубопроводі. При протіканні потоку через діафрагму на ній утворюється перепад тиску, який вимірюється дифманометром "Сапфір-22 ДД". Вихідний сигнал приладів серії "Сапфір" – струмовий уніфікований. За величиною перепаду тиску визначають значення витрати. Вторинним приладом служить А-542 з пристроєм сигналізації (коли це необхідно).

В якості первинного вимірювального перетворювача температури пропонується використовувати термопару ТВР-706-02 (діапазон вимірювань від 50 до 2000°C). В основу роботи термопар покладено термоелектричний ефект. Якщо спай двох різнорідних провідників помістити в апарат, в якому необхідно виміряти температуру, то на вільних кінцях термопари з'являється термо ЕРС, яка пропорційна вимірюваній температурі. За величиною термо ЕРС визначають значення температури. Вихідний сигнал термопар не уніфікований, тому вони працюють в комплекті з нормуючий перетворювач Ш-78. Вторинними приладами служать А-542 з пристроєм сигналізації.

Для вимірювання тиску використовують вимірювальний перетворювач тиску "Сапфір-22 ДІ". В основу роботи даного перетворювача покладено тензометричний принцип. Він має уніфікований струмовий вихідний сигнал 4-20 мА. Вторинним приладом служить міліамперметр А-542 з пристроєм сигналізації (коли це необхідно).

Для вимірювання складу газової суміші пропонується використовувати газоаналізатори: ГП-12 (діапазон вимірювань 0-100% CO). Вихідний сигнал газоаналізатора не уніфікований, тому необхідно використовувати нормуючий перетворювач Ш-78. Вторинні прилади - А-542 з пристроєм сигналізації.

Проходження уніфікованого струмового сигналу від датчиків по блокам МП має наступну послідовність. Вихідний сигнал датчика надходить на перетворювач (якщо це необхідно), далі через РГ1 і АЦП подається в блок АЛГО. У блоці АЛГО проводиться первинна обробка технологічної інформації і вироблення керуючих впливів на процес. Керуючі впливи і вимірювальна інформація з блоку АЛГО через ЦАП і РГ2 виводяться на пристрої контролю (КК), розташовані на пульті оператора.

У разі, якщо ведеться регулювання, з панелей ручного управління (РУ) сигнал через електро-пнеumo перетворювач надходить на виконавчий механізм.

Якщо необхідно сигналізувати відхилення параметра від норми, то сигнал з блоку АЛГО, через ЦДП виводиться в схему сигналізації.

7.2 Регулювання параметрів технологічного процесу

Для того, щоб вести процес газифікації антрациту в умовах близьких до оптимальних, в даній роботі запропоновані такі системи автоматичного регулювання.

Витрати вугілля та води при подачі в змішувач СМ, повітря, синтез-газу і води, що подається в котел-утилізатор, стабілізується за допомогою одноконтурної АСР витрати. Регулюючі клапани (поз. FCV-1д, FCV-2д, FCV-9д, FCV-14д, FCV-16д) розташовані в лініях подачі або відведення відповідних речовин.

Температура повітря, що подається в реактор після теплообмінника АТ2, стабілізується автоматично за допомогою каскадної АСР температури. Внутрішній контур – стабілізація витрати синтез-газу на вході в теплообмінник

АТ2. Витрата регулюється регулятором FC-14г. Регулюючий клапан (поз. FCV-14д) розташований в лінії подачі синтез-газу в теплообмінник АТ2. Коригувальний контур – контур регулювання температури. Регулятор температури (поз. ТС-13г) формує коригуючий сигнал для регулятора FC-14г.

Концентрація оксиду вуглецю на виході з реактора стабілізується за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан (поз. QCV-7е) розташований в лінії подачі паро-вугільної суспензії в зону конверсії.

Рівень в апараті Р стабілізується автоматично за допомогою каскадної АСР рівня. Внутрішній контур – стабілізація витрати повітря в зону окислення. Витрата регулюється регулятором FC-9г. Регулюючий клапан (поз. FCV-9д) розташований в лінії подачі повітря. Коригувальний контур – контур регулювання рівня. Регулятор рівня (поз. LC-8в) формує коригуючий сигнал для регулятора FC-9г.

Тиск водяної пари на виході з котла-утилізатора стабілізується автоматично за допомогою каскадної АСР тиску. Внутрішній контур – стабілізація витрати води. Витрата регулюється регулятором FC-16г. Регулюючий клапан (поз. FCV-16д) розташований в лінії подачі води. Коригувальний контур – контур регулювання тиску. Регулятор тиску (поз. РС-17г) формує коригуючий сигнал для регулятора FC-16г.

7.3 Сигналізація і блокування

Для запобігання аварійним ситуаціям на стадії отримання синтез-газу передбачена система автоматичної сигналізації, яка спрацьовує в наступних випадках:

- мінімальна і максимальна витрата вугілля перед змішувачем СМ;
- мінімальна витрата води перед змішувачем СМ;
- мінімальну і максимальну температуру в зонах окислення і конверсії реактора Р;

- мінімальний тиск, витрата і температура повітря на вході в зону окислення апарату Р;
- максимальна температура синтез-газу на виході з апарату Р;
- максимальна витрата і температура димових газів на виході із зони окислення;
- мінімальний і максимальний рівень теплоносія в реакторі Р;
- максимальний вміст в димових газах оксиду вуглецю (СО);
- мінімальна витрата синтез-газу;
- мінімальна температура синтез-газу перед подачею на стадію синтезу метанолу;
- мінімальна і максимальна витрата води, яка подається в котел-утилізатор КУ;
- мінімальна температура водяної пари і димових газів після котла-утилізатора КУ.

Прилади і засоби автоматизації, які використані в даній роботі приведені в табл. 7.1. «Відомість приладів».

Таблиця 7.1 – Відомість приладів

№ поз.	Технологічний параметр	Найменування, тип прибору	Технічна характеристика
1	2	3	4
1а, 2а, 6а, 9а, 14а, 16а	Витрата: - вугілля і води; - повітря; - синтез-газу; - димових газів.	Діафрагма камерна тип ДКП (для вугілля діафрагма сегментна)	Клас точності 0.1
1б, 2б, 6б, 9б, 14б, 16б		Діфманометр „Сапфір 22 ДД”	Клас точності 0.5
1в, 2в, 6в, 9в, 14в, 16в		Вторинний прилад А-542	Клас точн. 0.5 шкала 0-10 м ³ /с
1г, 2г, 9г, 14г, 16г		Регулятор електричний Р-25	Клас точн. 1.0
1д, 2д, 9д, 14д, 16д		Електричний виконавчий механізм	Тип ПР-1

Продовження табл. 7.1.

1	2	3	4
3а, 5а, 10а, 11а, 13а, 15а, 18а, 19а. 3б, 5б, 10б, 11б, 13б, 15б, 18б, 19б. 3в, 5в, 10в, 11в, 13в, 15в, 18в, 19в. 13г	Температура: - теплоносія в реакторі; - синтез-газу; - димових газів; - повітря; - водяної пари.	Термоелектричний перетворювач ТВР Нормуючий перетворювач Ш- 78 Вторинний прилад А-542 з сигналізацією Регулятор електричний Р-25	Клас точн. 3 Діапазон вимі- рювань 50-2300 ⁰ С, инерційність не більше 45 сек Клас точн. 0.5 Вихідний сигнал 4-20 мА Клас точн. 0.5 Шкала 0-2000 ⁰ С Клас точн. 1
7а, 12а 7б, 12б 7в, 12в 7г, 12г 7д	Концентрація: - СО в синтез-газі і димових газах.	Газоаналізатор ГПІ-12 Нормуючий перетворювач Ш- 78 Вторинний прилад А-542 Регулятор електричний Р-25 Електричний виконавчий механізм	Клас точн. 3 Діап. 0-100% СО Клас точн. 0.5 Вих. с 4-20 мА Клас точн. 0.5 Діап. 0-100% СО Клас точн. 1 Тип ПР-1
8а 8б 8в	Рівень теплоносія в реакторі	Акустичний рівнемір Станція керування регулятором аналоговим Регулюючий блок РБАМ	Клас точн. 2.5 Діап. 0-3000 мм Клас точн. 0,5 ПІ–закон Регулювання
4а, 17а, 20а 4б, 17б 4в, 17в 17г	Тиск: - повітря на вході в реактор; - водяної пари з КУ; - в реакторі.	Вимірюючий перетворювач тиску САПФІР 22 ДІ Вторинний прилад А-542 з сигналізацією Регулюючий блок РБАМ	Клас точн. 0,5 Клас точн. 0,5 ПІ–закон регулювання

8 Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища

8.1 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього

8.1.1 Характеристика джерел утворення відходів, їх склад і властивості

На стадії газифікації вугілля мають місце газові, рідкі та тверді відходи.

Газові викиди містять шкідливості, такі як оксиди вуглецю, оксиди азоту, двоокис сірки.

Викиди газів в атмосферу розділяються на:

а) постійні і періодичні викиди газів, обумовлені веденням нормального технологічного процесу;

б) періодичні викиди газів, обумовлені порушенням технологічного режиму (аварійні викиди);

в) періодичні викиди газів в період пуску і зупинки виробництва.

Гази повинні викидатися через вихлопні труби на висоті, що забезпечує розсіювання шкідливостей в приземному шарі атмосфери до концентрацій, не перевищуючих гранично допустимих. Всі періодичні скидання газів на виробництві при пусках і виходах на нормальний режим, а також при зупинках на ремонт прямують на спалювання на факел, що входить до складу виробництва, з остаточним продуванням системи азотом.

У виробництві мають місце як постійні, так і періодичні стоки, що містять шкідливі речовини. Всі стоки прямують в насосну хімічно забруднених стічних вод. У разі аварійної зупинки і зупинки відділення для спорожнення устаткування, передбачена установка аварійної дренажної ємності для запобігання залповим викидам в навколишнє середовище.

Перелік і властивості відходів вказані в таблицях 8.1, 8.2 і 8.3.

Таблиця 8.1 – Газоподібні викиди в атмосферу

Найменування викиду і шкідливої речовини в ньому, відділення, апарат, діаметр, висота викиду	Кількість джерел викиду	Сумарна об'ємна витрата газів, що відходять, тис.м ³ /Год	Тривалість викиду, год/рік	Характеристика викиду			Допустима масова витрата нормативних компонентів, шкідливих р-н, які викидаються в атмосферу, кг/год	Сумарний викид, кг/рік
				температура, °С	склад викиду			
					найменування показника, одиниці	значення показника		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Газові технологічні викиди								
1 Димові гази після реактору конверсії і допоміжного котла Діаметр труби – 0,1 м Висота – 34 м	1	не більше 406,0	8040	не більше 230	CO ₂ , % O ₂ , % N ₂ , % H ₂ O, % Ar, % NH ₃ , мг/м ³ NO _x , мг/м ³ CO, г/м ³ SO ₂ , мг/м ³	8,2 2,5 70,3 17,9 1,1 не більше 10 не більше -120 не більше -30,5 до 1,2	4,061 не більше -48,73 не більше -9,022 не більше 0,485	22176 268416 158976 825
2 Відкрита етажерка	1	---	8040	27	NH ₃ , мг/м ³	---	0,2016	1766
3 Димові гази підігрівача	1	не більше 14,040	8040	не більше 350	CO ₂ , % O ₂ , % N ₂ , % H ₂ O, % Ar, % CO, мг/м ³ NO _x , мг/м ³ SO ₂ , мг/м ³	8 3 70 18 1 не більше -50 не більше -130 до – 1,3	не більше 0,702 не більше 1,825 не більше 0,018	559 8525 90

Таблиця 8.2 – Характеристика стоків

Найменування стоку і шкідливої речовини в ньому, відділення, апарат	Куди скидається	Кількість стоків, викидів, м ³ /т	Періодичність викиду	Характеристика викиду			Примітка
				склад стоку, мг/м ³ по компонентам			
				Найменування показника, одиниці	Значення показника	допустима кількість шкідливих речовин, кг/м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Колодязь 1068 пром-ливневої каналізації, у тому числі:	У промливневу каналізацію і далі в р. Сіверський Донець	0,108	Постійно	H ₂ O N-NH ₄ , мг/дм ³	Азот амонійний не більше 5	Азот амонійний не більше 5	
1.1 Оборотна вода з охолоджувальних сорочок підшипників димососів поз. 101-ВJA/BJB	В колодязь 1068	0,042	Постійно	Масло Водневий показник рН Кольоровість Нормується при скиданні з колодязя 1068	Відсутність 6,5-8,5 Відсутність	Відсутність	
1.2 Оборотна вода з точок аналізу холодильників блоку А.	В колодязь 1068	0,014 м ³ /т	Постійно	Нормується при скиданні з колодязя 1068			
2 Дренажні води в збірник поз.116-F (в тому числі з 118-F).	Відкачуються в ємність 1301-F та далі на ФХО цеха НОПС	0,02	Періодично	Нормується перед скиданням з 1301-F			
2.1 Скидання з кубу факелу 102-U в поз.116-F		0,036	Постійно				

Таблиця 8.3 – Тверді та рідкі відходи

Найменування відходу і шкідливої речовини в ньому, відділення, апарат	Де складається, транспорт, тара	Масова виграга, кг/т	періодичність утворення	Характеристика відходів			Примітка
				склад відходів		Фізичні показники	
				найменування показника, одиниця	Значення показника		
1	2	3	4	5	6	7	8
Тверді відходи							
1 Каталізатор ГО-70 Стадія гідрування сірчаних сполук природного газу,	Вивозиться в господарський цех	0,011 кг/т	Один раз на 5 років при перевантаженні в 101-D	CaO MoO ₃ NiO Al ₂ O ₃	до 4% до 12% 4 % Решта	Не горючий, не вибухонебезпечний. Насипна вага 0,64-0,75 г/см ³	
2 Каталізатор ПАП-10, ПАП-ПС, СПС-Ф стадія сіркоочищення поз. 101-DA/DB	-«-	0,1375 кг/т	Один раз на рік	ZnS, ZnO ZnS, ZnO	до 94% не менше 74 %	Не горючий, не вибухонебезпечний. Насипна вага 1,4 кг/дм ³	
3 Каталізатор реактору поз.103-D ПАП-3-6Н, К-15, Ц-15 або ГС 12	-«-	0,023 кг/т	Один раз на 4-5 років	NiO Al ₂ O ₃	до 7 Решта	Не горючий, не вибухонебезпечний. Насипна вага 1,4-1,6 кг/дм ³	
4 Каталізатор реактору поз.103-D, ПАП-14	Вивозиться в господарський цех	0,003 кг/т	Один раз на 5 – 10 років	Cr ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	До 5-8 % решта	Не горючий, не вибухонебезпечний. Насипна вага 0,8-1,15 кг/дм ³	
5 Каталізатор високотемпературної конверсії СО, поз. 104-DA, СТК-1-5	-«-	0,119 кг/т	Один раз на 3 – 5 років	Fe ₂ O ₃ Cr ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	не менше 88 % не менше 7% решта	Не горючий, не вибухонебезпечний. Насипна вага 1,2-1,3 кг/дм ³	

Продовження таблиці 8.3.

1	2	3	4	5	6	7	8
6 Каталізатор низькотемпературного конвертору CO поз. 104-DB, 1104-DB, НТК-4 СНК-2, НТК-10ФХМ, К-СО- С	-«-	0,1762 кг/т 0,1762	Один раз на 2-3 роки	CuO Cr ₂ O ₃ ZnO MnO Al ₂ O ₃	36-54 % до 14 % до 11-13% до 1,5% решта	Не горючий, не вибухонебезпечн ий. Насипна вага 1,4-1,5 кг/дм ³	
Рідкі відходи							
1 Технологічний (відпарний) конденсат після відпарної колони 103-Е в тому числі:	1.1 На вприск повітряних холодильників	1,149 м ³ /т 0,065 м ³ /т	Періодич-но	Азот амонійний, мг/дм ³ CH ₃ OH	Не більше 35		
	1.2 Зрошення оребраних труб повітряних холодильників в теплий період року	0,63 м ³ /т	Періодич-но (в теплу пору року) Постійно	H ₂ O -«- -«-	Факультатив- но решту -«- -«-		
	1.3 У цех очищення і нейтралізації стічних вод (НОПС) або цех зовнішнього водопостачання	До 1,149 м ³ /т в холодни й період року					

8.1.2 Характеристика небезпечних чинників, наявних у відділенні

Відділення отримання синтез-газу, наприклад, виробництва метанолу є небезпечним хімічним виробництвом, де переробляються і виходять шкідливі для організму людини взриво- і пожежонебезпечні гази в умовах наявності високих температур і тиску.

Відповідно до класифікації по «Загальним правилам вибухобезпеки для вибухонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв» відділення синтезу відноситься до об'єкту III категорії вибухонебезпечності.

До основних небезпек стадії конверсії вугілля відносяться: високі температури (до 1800°C); застосування отруйних, горючих і вибухонебезпечних речовин, таких як метан, оксид вуглецю, водень, вугільний пил та ін.; тиск 0,1–1 МПа; рухомі механізми, а також механізми що обертаються; струм високої напруги, статична електрика.

В зв'язку з цим можливі: отруєння хімічними речовинами; термічні опіки; вибухи, пожежі; механічні травми і удари; опіки та поразки електричним струмом.

Перелік небезпечних місць на виробництві: технологічне устаткування і пристосування, розташовані на відкритих етажерках і виробничих приміщеннях; траншеї, приямки, колодязі і т.п., розташовані на території виробництва; комунікації, розташовані на естакадах території виробництва; залізничні колії, розташовані на території виробництва.

8.2 Токсикологічна характеристика відходів

Важка екологічна обстановка в м. Сєверодонецьку обумовлює високий рівень розповсюдження багатьох захворювань. Рівень загальної захворюваності дітей перевищує середні обласні показники на 20-120%. Захворюваність гострими респіраторними захворюваннями на 37 – 89%, бронхіальною астмою на 30 – 40%.

Питома вага хвороб органів дихання висока і складає 60 – 70 %. До хронічних захворювань дітей належить цукровий діабет, бронхіальна астма та інші. Рівень захворюваності в місті вищий, ніж в середньому по Україні на 18–37 %.

При конверсії вугілля використовуються та утворюються шкідливі на організм людини речовини:

1. Оксид вуглецю – володіє отруйною дією. Перешкоджає з'єднанню кисню з гемоглобіном крові. Гранично допустима концентрація в повітрі, мг/м³: робочої зони – 20,0; максимально разова – 3,0; середньодобова – 10,0.

2. Діоксид вуглецю – володіє наркотичною і задушливою дією. При великих концентраціях спостерігається головний біль, шум у вухах, прискорене серцебиття, збільшення кров'яного тиску, запаморочення, непритомність. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони – 3000 мг/м³.

3. Оксид сірки – при підвищеній концентрації пилу токсична дія діоксиду сірки проявляється значно сильніше, ніж у повітрі, вільному від пилу. Комбінація діоксиду сірки з оксидами азоту значно збільшує число захворювань дихальних шляхів. При середньодобовій концентрації сірчастого газу 0,1-0,2 мг/м³ у населення спостерігається загострення захворювань верхніх дихальних шляхів. Гранично допустима концентрація в повітрі, мг/м³: робочої зони – 10,0; максимально разова – 0,05; середньодобова – 0,5.

4. Оксиди азоту. При вдиханні NO утворює з гемоглобіном нестійкі нітросполуки, які швидко переходять в метгемоглобін, при цьому залізо +2 переходить в залізо +3. Іон заліза +3 не може зв'язувати кисень і таким чином, виходить з процесу перенесення кисню. Оксид азоту діє на нервову систему людини, викликає паралічі і судоми, зв'язує гемоглобін крові і викликає кисневе голодування. Гранично допустима максимально разова концентрація в повітрі 0,085 мг/м³. NO₂ – особливо сильно подразнює слизові оболонки. При контакті з вологою в організмі утворюються азотиста і азотна кислоти, які роз'їдають стінки

альвеол легенів. Гранично допустима максимально разова концентрація в повітрі 0,2 мг/м³.

8.3 Вплив відходів на літосферу, гідросферу, атмосферу

За звичайних умов монооксид вуглецю інертний. Він хімічно не взаємодіє з водою. Розчинність CO у воді близько 1:40 за об'ємом. Не реагує CO також з лугами і кислотами. Взаємодіє з їдкими лугами тільки при підвищених температурах і високих тисках.

Спад оксиду вуглецю в навколишньому середовищі відбувається за рахунок його розкладання ґрунтовими грибами. Крім того, при надлишку кисню в ґрунтах важкого механічного складу, багатих органічними речовинами, має місце перехід CO в CO₂, що може призводити до збільшення парникового ефекту. Парниковий ефект – явище в атмосфері Землі, при якому енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні Землі, не може повернутися в космос, оскільки затримується молекулами різних газів. У результаті на поверхні Землі підвищується температура.

Кислотний дощ утворюється в результаті реакції між водою і такими забруднюючими речовинами, як діоксид сірки (SO₂) і різних оксидів азоту (NO_x). Вступаючи в реакцію з водою атмосфери, вони перетворюються в розчини кислот: сірчаної, сірчистої, азотистої й азотної. Потім, разом із снігом чи дощем, вони випадають на землю.

У водяних екосистемах кислотні опади викликають загибель риб та інших водяних мешканців. Підкислення води рік і озер серйозно впливає і на сухопутних тварин, тому що багато звірів і птахів входять до складу харчових ланцюгів, що починаються у водяних екосистемах. Разом із загибеллю озер стає очевидною і деградація лісів. Кислоти порушують захисний восковий покрив листів, роблячи рослини уразливішими для комах, грибів і інших патогенних мікроорганізмів.

8.4 Методи і засоби контролю за станом повітряного басейну і дотримання нормативів ГДВ

Контроль за якістю навколишнього природного середовища забезпечує сприятливе екологічне оточення для всієї біосфери.

Нормування гранично допустимих концентрацій (ГДК) є складовою частиною основ забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення. Нормативи ГДК речовин дають екологічну і соціально-гігієнічну оцінку стану навколишнього природного середовища, але не вказують на джерело шкідливої дії і не регулюють його поведінку. Цю функцію виконують нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин.

Нормативи ГДВ забруднюючих речовин у атмосферне повітря встановлюються за джерелами викидів для кожного проектного і діючого об'єкту, що є стаціонарним джерелом забруднення повітряного басейну.

ГДВ – маса речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу. ГДВ встановлюють з умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела в сукупності з іншими джерелами не створюють приземну концентрацію, що перевищує ГДК за межами санітарно-захисної зони об'єкту.

8.4.1 Розрахунок ГДВ

Розрахунок ГДВ для викиду холодної газової суміші (20 °С).

Розрахунок ведемо за вмістом оксиду вуглецю (СО).

Гранично-допустимий викид ГДВ:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) * H^{4/3} * 8 * V_1}{A * F * D * n * \eta}, \quad (8.1)$$

де ГДК – гранично-допустима концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі населених місць, мг/м³; для СО складає 3 мг/м³;

C_φ – фонова концентрація домішки (приймаємо C_φ = 0,008), мг/м³;

A – коефіцієнт, залежний від температури стратифікації атмосфери і визначаючий умови горизонтального і вертикального розсіювання атмосферних домішок. На території України $A=160$;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосфері. Для газоподібних речовин $F = 1$;

H – висота джерела викиду, м; 34 м;

D – діаметр гирла джерела викидів, м; рівний 0,1 м;

n – безрозмірний коефіцієнт, який враховує умови виходу газоповітряної суміші з джерела викиду;

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок; для Донбасу рівний 1,0;

V_1 – об'єм газоповітряної суміші, м³/с.

Безрозмірний коефіцієнт n визначається в залежності від величини параметра V_m за формулою:

$$V_m = 1,3 * \frac{w_0 * D}{H} \quad (8.2)$$

де w_0 – середня швидкість виходу суміші з джерела, м/с.

Середня швидкість виходу суміші з джерела викиду визначається за формулою:

$$w_0 = \frac{4 * V_1}{\pi * D^2} \quad (8.3)$$

$$w_0 = \frac{4 * 0,000142}{3,14 * 0,1^2} = 0,018 \text{ м/с}$$

$$V_m = 1,3 * \frac{0,018 * 0,1}{34} = 0,0001 \text{ м/с}$$

Тому що $V_m = 0,0001 < 0,3$, то $n = 3$.

$$ГДВ = \frac{(3 - 0,008) * 34^{4/3} * 8 * 0,000142}{160 * 1 * 0,1 * 3 * 1} = 0,008 \text{ г/с}$$

ГДВ належить порівняти з потужністю викидів М:

$$\text{ГДВ} \geq M \quad (8.4)$$

Потужність викиду визначається за формулою:

$$M = C * V_1, \quad (8.5)$$

де С – концентрація шкідливої речовини у газоповітряній суміші, що викидається, г/м³.

Для даного джерела викиду концентрація СО у повітрі, що виходить, не може перевищувати 30,5 г/м³.

Тоді потужність викиду:

$$M = 30,5 * 0,000142 = 0,0043 \text{ г/с}$$

Умова виконується: 0,008 г/с > 0,0043 г/с.

Максимально можлива приземна концентрація шкідливої речовини:

$$C_m = \frac{A * M * F * K * n}{H^{4/3}}, \quad (8.6)$$

$$K = \frac{D}{8 * V_1} \quad (8.7)$$

$$K = \frac{0,1}{8 * 0,000142} = 88,028 \text{ с/м}^2$$

$$C_m = \frac{160 * 0,0043 * 1 * 88,028 * 3}{34^{4/3}} = 1,65 \text{ мг/м}^3$$

При цьому мають виконуватися умови:

$$C_m < \text{ГДК} \quad (8.8)$$

Умови виконуються:

$$C_m = 1,65 \text{ мг/м}^3 < \text{ГДК} = 3 \text{ мг/м}^3$$

Таким чином, за умови, що $C_m = 1,65 \text{ мг/м}^3 < \text{ГДК} = 3 \text{ мг/м}^3$ можна зробити висновок, що при розсіюванні викиду навколишньому середовищу не буде причинено шкоди. $\text{ГДВ} = 0,008 \text{ г/с} > M = 0,0043 \text{ г/с}$. Додаткові заходи по забезпеченню охорони навколишнього середовища не потрібні.

8.5 Заходи зі зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище

Можна виділити наступні основні напрямки в здійсненні екологічно чистих технологічних процесів, у тому числі нафтохімічних і хімічних.

1) комплексне використання і глибока переробка сировини. Виробництво повинне бути як можна менш ресурсномістким (ресурсозберігаючі технології), здійснюватися з мінімумом витрат сировини і реагентів на одиницю продукції. Напівфабрикати, що утворюються, повинні передаватися як сировину іншим виробництвам і цілком перероблятися.

2) оптимальне використання енергії і палива. Виробництво повинне здійснюватися при мінімальних витратах енергії і палива на одиницю продукції (енергозберігаючі технології) і, отже, теплові забруднення навколишнього середовища також мінімальні. Енергозбереженню сприяють: укрупнення і енерготехнологічне комбінування процесів; перехід на безперервні технології; удосконалювання процесів поділу; застосування активних і селективних каталізаторів, що дозволяють проводити процеси при знижених температурах і тисках; раціональна організація й оптимізація теплових схем рекуперації енергетичного потенціалу потоків, що відходять; зниження гідравлічного опору в системах і втрат тепла в навколишнє середовище і т.п. Нафтопереробні і нафтохімічні підприємства є великими споживачами палива й енергії. У їхньому енергетичному балансі на долю прямого палива приходиться - 43-45%, теплової енергії - 40-42% і електричної - 13-15%. Корисне використання енергетичних ресурсів не перевищує 40-42% , що приводить до перевитрати палива й утворенню теплових викидів у навколишнє середовище;

3) створення принципово нових маловідхідних технологічних процесів. Цього можна домогтися удосконалюванням каталізаторів, техніки і технології виробництв. Маловідхідні процеси більш ефективні, чим процеси з дорогими очисними спорудженнями. Економічніше одержувати невелику кількість сильно

концентрованих відходів, які можна переробляти або ліквідувати за спеціальною технологією, чим великий обсяг сильно розведених відходів, що скидаються в біосферу.

4) створення і впровадження замкнених систем водокористування, що включають (або зводять до мінімуму) споживання свіжої води і скидання стічних вод у водойми;

5) забезпечення високої експлуатаційної надійності, герметичності і довговічності функціонування устаткування і всіх систем виробництв. Зведення до мінімуму або виключення імовірності аварій, вибухів, пожеж і викидів отруйних речовин у навколишнє середовище. Розробка автоматизованих систем забезпечення екологічної безпеки виробництв і комплексів;

б) забезпечення високої якості цільових продуктів, використовуваних у народному господарстві. Екологічно чистими повинні бути не тільки самі технологічні процеси, але і товарні продукти, що випускаються в них.

Основним напрямком, що забезпечує чистоту зовнішнього середовища, повинна бути організація технологічних процесів, що включає викиди в атмосферу, відпрацьованих газів, пари.

Повітрообмін у виробничих приміщеннях цеху здійснюється припливною вентиляцією. Постійним викидом є вентиляційні викиди вуглецю оксиду з масовою концентрацією не більш 20 мг/м^3 із приміщення машинного залу к.851.

Видалення повітря відбувається природним шляхом через аераційні ліхтарі, фрамуги і шахти, розташовані в покрівлі корпусу, і витяжною вентиляцією "ВВ-1" і "ВВ-2".

Періодичні викиди шкідливих речовин відбуваються при планових і непланових зупинках у ремонт газових компресорів. Це газ, що залишився в комунікаціях газових компресорів після їхньої зупинки, відключення від загальних колекторів і скидання тиску з усіх ступенів на всас 1 ступені до тиску $0,0012-0,00400 \text{ МПа}$ (120-400 мм. в. ст.).

9 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Головним об'єктом її дослідження є людина в процесі праці, виробниче середовище і організація праці на виробництві.

На підставі цих досліджень розроблені методи збільшення рівня охорони праці на виробництві.

Хімічне виробництво метанолу, стадія отримання синтез-газу, має цілий ряд особливостей, які вимагають підвищеної уваги. У процесах цієї галузі застосовують і одержують сировину, напівпродукти, цільові і побічні продукти, які токсичні і небезпечні в пожежному відношенні, багато з них є вибуховими речовинами.

9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та одержано на виробництві

Як сировина на виробництві застосовується вугілля, до напівпродуктів стадії отримання синтез-газу входять: CO_2 , CO , C_2H_2 , O_2 , H_2 , C_2H_4 , N_2 , кисень, водяна пара. Деякі з цих речовин токсичні, вибухо- і пожежонебезпечні. Тому всі характеристики хімічних сполук, які переробляються і виробляються на виробництві, приведені в таблицях 9.1, 9.2, 9.3.

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин [19]

Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння	Примітка
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура						
Вугільний пи́л		Сложна поліциклічна формула		Тверде			
Діоксид вуглецю	Двоокис вуглецю	CO ₂	O=C=O	Газ	-56,6	-	
Кисень	Кисень	O ₂	O=O	Газ	-218,4	-183	
Азот	Азот	N ₂	N≡N	Газ	-210	-195	
N-метилпірролідон	N-метил-2-пірролідон	C ₅ H ₉ NO	$\begin{array}{c} \text{C}_3\text{H}_6\text{CNCH}_3 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	рідина	- 24,2	206	
Оксид вуглецю	Окисел вуглецю	CO	C=O	Газ	-205	-191,5	
Ацетилен	Етін	C ₂ H ₂	CH≡CH	Газ	-81	-83,6	
Етилен	Етен	C ₂ H ₄	CH ₂ =CH ₂	Газ	-169,15	-103,7	
Водень	Водень	H ₂	H-H	Газ	-259,2	-252,8	
Аміак	Аміак	NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H-N-H} \end{array}$	Газ	-77,75	-33,35	

Таблиця 9.2 – Характеристики токсичності [18]

Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація			Засоби індивідуального захисту	
			Робочої зони	В повітрі, мг/м ³			В воді, мг/л
				Максимально-разова	Середньодобова		
1	2	3	4	5	6	7	8
Вугільний пи́л	-	При тривалому диханні розвиваються захворювання: антракоз, хронічний пиловий бронхіт, пневмоконіоз, кон'юктивіт, захворювання порожнини рота	2	-	-	-	Респіратори "Пелюстка", ПРШ-2, Ф-62Ш, У-2К, РУ-60.

Продовження таблиці 9.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
Діоксид вуглецю	4	Володіє наркотичною і задушливою дією. При великих концентраціях спостерігається головний біль, шум у вухах, прискорене серцевиття, збільшення кров'яного тиску, запаморочення, непритомність	30000				Ізолюючі, шлангові протигази ПШ1 або ПШ2
N-метил-2-піролі-дон	4	Майже безбарвна рідина з характерним запахом; на шкіру та слизові оболонки діє подразнююче	100				Фільтруючий протигаз марки „А”
Азот	-	При атмосферному тиску надає задушливу дію	-	-	-	-	Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Кисень	-	Вдихання повітря з великим вмістом кисню може викликати порушення діяльності легенів, серця і центральної нервової системи. Пониження концентрації кисню в повітрі до 16% приводить до порушення нормальної діяльності організму людини. При зменшенні кисню до 10% і нижче настають судоми з можливим смертельним результатом					Шлангові протигази ПШ1, ПШ-2
Оксид вуглецю	4	Надає отруйливу дію. Перешкоджає з'єднанню кисню з гемоглобіном крові	20	3	10	-	Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Аміак	4	Володіє наркотичною і задушливою дією. Викликає гостре роздратування слизових оболонок, задушення	20	0,2	0,2	-	Фільтруючий протигаз марки «КД».
Етилен	3	Володіє наркотичною дією, впливає на центральну нервову систему	3	2	3	0,5	Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2

Продовження таблиці 9.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
Ацетилен	4	Володіє слабкою наркотичною дією	500				Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигаз ПШ-1, ПШ-2
Водень	-	Токсичної дії на організм не надає, але при високих концентраціях викликає задуху внаслідок витіснення кисню					Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигаз ПШ-1, ПШ-2

Таблиця 9.3 – Показники вибухо- і пожежонебезпеки [23]

Сполука	Температура спалаху, °С	Температура самозаймання, °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні			
			г/м ³		% об.	
			нижній	верхній	нижній	верхній
Вугільний пил	-	410	100 - 250	-	-	-
N-метил-2-піролідон	95	250	-	-	2,5	10,5
Діоксид вуглецю	-	-	-	-	-	-
Кисень	-	-	-	-	-	-
Метан	-	537	16,66	102,6	5,28	14,1
Азот	-	-	-	-	-	-
Оксид вуглецю	-	651	145	928	12,5	80
Ацетилен	-	355	16,5	885	2,5	82
Аміак	-	650	112	189	15	28
Етилен	-	540	35	406	3,11	35
Водень	-	510	3,4	66,4	4	7,5

9.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

До основних небезпек стадії конверсії вугілля відносяться: високі температури (до 1800°С); застосування отруйних, горючих і вибухонебезпечних речовин, таких як оксид вуглецю, водень та ін.; тиск 0,1–1 МПа; рухомі механізми, а також механізми, що обертаються; струм високої напруги; статична електрика.

В зв'язку з цим можливі: отруєння хімічними речовинами; термічні опіки; вибухи, пожежі; механічні травми і удари; опіки та поразки електричним струмом.

Перелік небезпечних місць на виробництві: технологічне устаткування і пристосування, розташовані на відкритих етажерках і виробничих приміщеннях; траншеї, приямки, колодязі і т.п., розташовані на території виробництва комунікації, розташовані на естакадах території виробництва; залізничні колії, розташовані на території виробництва.

9.3 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Класифікація за вибухо- та пожеженебезпечністю, електроустаткуванням та санітарною характеристикою наведена в таблиці 9.4 [23].

Таблиця 9.4 – Класифікація та категорійність виробництва

Відділення та приміщення	Категорія виробництва за вибухо- та пожеженебезпечністю згідно з НАПБ Б.03.002-2007	Категорія технологічних блоків за рівнем вибухо- та пожеженебезпечності ОПВ-88	Класифікація приміщень та зовнішніх установок згідно з електрообладнанням ПУЕ- 2009		Група виробничого процесу згідно санітарній характеристиці СНіП П-92-76
			клас приміщень за правилами електроустановок	категорія та група вибухових та пожежних сумішей	
1	2	3	4	5	6
1.Приміщення компресії	A	II	B-IA	4aT1	1-б
2. Зовнішні установки					
2.1. Сіроочистка	A	II	B-Iг	4aT1	III-б
2.2. Конверсія CH ₄ і CO	A	II	B-Iг	4aT1	III-б
2.3.Моноетанол амінова очистка	A	II	B-Iг	4aT1	III-б
2.4. Метанування	A	II	B-Iг	4aT1	III-б

Клас за санітарною характеристикою – I.

Ширина санітарно-захисної зони – 1000м (згідно ДСП 173-96).

Категорія робіт за енерговитратами організму – Пб (фізична середньої важкості). Значення метеофакторів в робочій зоні надані в таблиці 7.5 [23].

Таблиця 9.5 – Допустимі метеорологічні параметри

Метеорологічні параметри	Періоди	
	холодний	теплий
Температура повітря, °С	17-19	20-22
Вологість повітря, %	60-40	60-40
Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,4

9.4. Аварійна вентиляція

Для аварійної вентиляції слід використовувати [23]:

- основні і резервні системи загальнообмінної вентиляції і системи місцевих відсмоктувань, що забезпечує витрату повітря необхідної для аварійної вентиляції;

- тільки системи аварійної вентиляції, якщо використання основних резервних систем неможливе і недоцільне.

Витяжні пристрої (грати, патрубки) для видалення газів і пари, що поступають в приміщення, системами аварійної вентиляції, необхідно розміщувати:

- під стелею або покриттям, але не нижче 2 м від підлоги до низу отворів для видалення теплоти надлишку шкідливих газів.

- не нижче 0,4 м від площини стелі або покриття для верху отвору при видаленні вибухонебезпечних сумішей газів, пари і аерозолів (окрім водню з повітрям).

- не нижче 0,1 м від площини стелі або покриття до верху отвору в приміщення висотою 4 м і менш або нижче за 0,025 висоти приміщення (але не більше 0,4 м), в приміщеннях більше 4 м при видаленні суміші водню з повітрям.

Приймальні отвори для видалення загальнообмінної вентиляції з нижньої зони слід розміщувати на рівні 0,3 м від підлоги до низу отвору.

Витрату повітря через місцеві отвори, розміщені в межах робочої зони, слід враховувати як видалення з цієї зони.

У наступних зонах:

- робочої під час вступу газів і пари з питомою вагою більш питомої ваги повітря в робочій зоні;
- у верхній під час вступу газів і пари з меншою питомою вагою.

Для відшкодування витрати повітря, що видаляється аварійною вентиляцією, спеціальних припливних сумішей передбачати не слід.

Аварійну вентиляцію в приміщеннях категорії А, Б слід проектувати з штучною спонудою. Якщо температура, категорія і група вибухонебезпечних сумішей горючих газів, пари і аерозолів з повітрям не відповідають даним технічних умов на вибухозахищені вентилятори, то системи аварійної вентиляції слід передбачати у вигляді ежекторів для будівель будь-якої поверховості або припливної вентиляції з штучною спонудою для витіснення газів і пари через аераційні ліхтарі, шахти або дефлектори – для одноповерхових будівель, в які при аварії поступають горючі гази або пари, щільність яких менше щільності повітря.

Аварійну вентиляцію в приміщеннях категорії В, Г, Д слід проектувати з штучною спонудою. Допускається проектувати аварійну вентиляцію з природним імпульсом за умови забезпечення необхідної витрати повітря при розрахункових параметрах в теплу пору року [23].

На виробництві передбачена аварійно-витяжна вентиляція, яка повинна спрацювати в аварійних ситуаціях. У разі перевищення ГДК окису вуглецю (>20мг/л) включається витяжний аварійний вентилятор. Кратність повітрообміну не менше 10 годин⁻¹ [23].

9.5 Контроль чистоти повітряного середовища

Для контролю чистоти повітряного середовища є цехова лабораторія, яка включає аналітичну лабораторію, лабораторію полярографії і хроматографії, що

дозволяє своєчасно виявити і запобігти забрудненню повітря шкідливими речовинами. Контроль здійснюється періодично [23].

9.6 Заходи попередження забруднення атмосфери

Основним напрямом, що забезпечує чистоту зовнішнього середовища, є виключення викидів в атмосферу газів, що відходять, пари, пилу. Для цього передбачено:

- герметизацію устаткування;
- установку контрольних клапанів, що скидають гази в закриту систему через сепаратор з подальшою утилізацією;
- установку газоаналізатора на оксиди вуглецю для контролю за повнотою горіння факелів [23].

9.7 Заходи щодо боротьби з пилом

Основним джерелом пилу на виробництві є пил вугільний та каталізатору ГІАП-18 та К-905Д, він токсичний, оскільки в його склад входять: оксид алюмінію (Al_2O_3), оксид нікелю (NiO).

Основним напрямом в комплексі заходів щодо боротьби з пилом на виробництві є попередження його утворення і виключення викидів в атмосферу газів, що відходять, пари.

Для цього передбачено:

- герметизацію апаратів;
- заміну порошків пігулками.

Оскільки пиловидаленню повністю запобігти неможливо, передбачена витяжна вентиляція.

Засобами захисту від пилу каталізатора є протизапорошений респіратор типу «Пелюстка» (або інші, дозволені до застосування на підприємствах хімічної промисловості), захисні окуляри, рукавички, спецодяг [23].

9.8 Заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією

Виробничий шум - це шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, що виникає під час виробничого процесу. Під його дією знижується продуктивність, вражаються нервова й серцево-судинна системи й органи травлення, а також психіка.

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів і людського організму найнебезпечніша. Знакозмінні напруги, викликані вібрацією, сприяють накопиченню ушкоджень у матеріалах й органах людини, появі тріщин і руйнуванню, особливо швидко це відбувається при резонансі.

В розглянутому виробництві джерелами шуму та вібрації виступають: фільтр кисню, фільтр газів конверсії, турбогазовування на лінії діоксиду вуглецю перед підігрівачем, піч конверсії, насос подачі води.

Найбільш ефективним способом боротьби із шумом і вібрацією є боротьба з ними в місці їхнього виникнення: створення малошумних механізмів, передач, врівноважування мас, застосування матеріалів з більшим внутрішнім тертям, зменшення технологічних допусків при виготовленні устаткування.

Часто також застосовують звуко- і вібропоглинання (використання спеціальних матеріалів, динамічних пружинних і гідравлічних віброгасників) і звуко- і віброізоляції (чергування безшумних приміщень із гучними, установка джерел вібрації на віброізолятори, у комунікаціях трубопроводів розташовуються гнучкі вставки або пружинні прокладки).

Робітникам необхідно користуватися засобами індивідуального захисту. Від шуму застосовуються протишумні (шумозахисні) навушники й шоломи, що закривають повністю вушні раковини; заглушки (антифони або беруші), які вставляються в слуховий прохід. Від вібрації передбачається віброізолюючий спецодяг (взуття, рукавички) [23].

9.9 Заходи захисту від статичної електрики

На стадії конверсії отримуються газоподібні продукти. Рідким середовищем в обладнанні є охолоджуюча вода з питомою електричною провідністю не менше 10^{-5} Sm . Тому є певний ризик виникнення статичного електричного заряду, що може привести до вибуху.

Захист від статичної електрики:

- заземлюючі пристрої для захисту від статичної електрики треба, як правило, поєднувати із заземлюючими пристроями для електроустаткування. Такі пристрої повинні бути виконані відповідно до вимог ПУЕ;
- рідини повинні подаватися в апарати, резервуари, цистерни, тару, таким чином, щоб не допускати їхнього розбризкування, розпилення або бурхливого перемішування;
- технологічний персонал відповідає за стан пристроїв захисту від статичної електрики на своєму робочому місці [23].

9.10 Заходи електробезпеки

Електроустаткування повинно експлуатуватись відповідно до «Правил технічної експлуатації й безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств» та «Правил устрою електроустановок».

До заходів щодо забезпечення електробезпечності належать: забезпечення неприступності струмоведучих частин, що перебувають під напругою; електричний поділ мережі; усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах й інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристосувань; організація безпечної експлуатації електроустановок і т.д.

Переносне заземлення повинне бути виготовлене із затисків і неізольованих мідних багатожильних проводів, що мають перетин не менш 16 мм².

9.11 Пожежобезпека

Відповідальність за протипожежний стан і виконання правил пожежної безпеки цеху в цілому покладається на начальника цеху. Відповідальність за дотримання протипожежних правил і заходів, а також за справність первинних засобів пожегасіння в зміні несе майстер зміни. Відповідальність за дотримання встановлених протипожежних заходів на кожному робочому місці покладається безпосередньо на робітника.

Розташування і використання протипожежних засобів повинне проводитися відповідно до «Правил пожежної безпеки в Україні». Для своєчасного сповіщення про пожежну небезпеку та виклику пожежної охорони, в місцях, вказаних в «Плані ліквідації аварій» повинні знаходитися засоби сповіщення і зв'язку.

Кожен працюючий повинен знати розташування протипожежного інвентарю, пожежного устаткування та вміти ними користуватися. Використовування пожежного устаткування і інвентарю для господарських, виробничих і інших потреб, не пов'язаних з ліквідацією пожежі, забороняється.

Виникнення пожежі на робочому місці може відбутися при потоках і викидах горючої пари і рідин, при порушенні герметичності апаратів і трубопроводів, переповнюванні місткості устаткування, порушенні вимог пожежної безпеки при виконанні вогняних і ремонтних робіт і порушенні вимог інструкції по захисту від статичної електрики.

Вогнегасний ефект води полягає в змочуванні поверхні, зволоженні й охолодженні палаючих матеріалів і речовин, внаслідок чого при гасінні знижується або повністю усувається їхня займистість. Застосовується вода для гасіння більшості твердих горючих речовин і матеріалів, важких нафтопродуктів,

для створення водяних завіс й охолодження об'єктів, що перебувають поблизу вогнищ пожежі. Може також застосовуватися в тонко диспергованому виді для гасіння добре розчинних у ній рідин. Застосування води неприпустимо для гасіння електромереж й устаткування, що перебувають під напругою.

Водяна пара застосовується для гасіння пожеж у приміщеннях об'ємом до 500 м³ і невеликих пожеж на відкритих площадках й установках. Принцип гасіння полягає у зволоженні горючих предметів і зниженні концентрації кисню.

Вуглекислота застосовується в різних вогнегасниках (ОУ-2, ОУ-5) і стаціонарних установках у зрідженому стані для гасіння пожеж у закритих приміщеннях і невеликих відкритих загоряннях. Застосовується для гасіння найрізноманітніших речовин, крім лужних матеріалів і тих речовин, які горять без доступу повітря. Також застосовується для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.

Вогнегасна здатність інертних газів (азот, аргон, гелій, димові й інші гази) полягає в зниженні концентрації кисню у вогнищі горіння й гальмуванні інтенсивності горіння. Інертні гази застосовуються також для попередження виникнення пожежі або вибуху шляхом заповнення вільного простору резервуарів, трубопроводів і подібного встаткування, а також при проведенні вогневих робіт на цьому ж устаткуванні. У цеху є лінія технічного 97%-ного азоту на всіх поверхах виробничих приміщень і зовнішніх етажерок.

Повітряно-технічна піна, одержувана з водяних розчинів піноутворювачів з повітрям, застосовується для гасіння горючих і легкозаймистих рідин (крім гідрофільних - ацетон, спирт й ін.), твердих горючих речовин і матеріалів. Ця піна також застосовується для захисту конструкцій, апаратів й іншого устаткування від теплового випромінювання при пожежі й для запобігання запалення. Не застосовується піна для гасіння електромережі й устаткування, що перебуває під тиском, а також для лужних металів.

Використання засобів пожежегасіння не по прямому призначенню забороняється. Для організації ефективного захисту виробництва аміаку слід використовувати вогнеприпинувачі.

Вогнеприпинувачами називають захисні пристрої, які вільно пропускають паро-, пило- або газоповітряну суміш, але не пропускають полум'я. Вони встановлюються на дихальних лініях резервуарів, мірників і апаратів з ЛЗР і горючими газами. Вогнеприпинувачі є корпусами з металевою насадкою у вигляді гофрованих пластин, пакету металевих сіток, фольгових касет, гравію, мінеральної вати або кілець Рашига.

Принцип дії вогнеприпинувачів полягає в тому, що горюча суміш, яка проходить через них, розбивається в насадці на тонкі струмені. При окисленні горючої суміші в каналах малого діаметру можливість тепловтрат перевищує тепловиділення і горіння припиняється. Діаметр гасильного каналу насадки вогнеприпинувача приймають, виходячи з практичного досвіду або визначають розрахунком.

Для підвищення надійності гасіння полум'я діаметр отвору приймається на 20-25% менше обчисленого критичного діаметру. На особливо відповідальних ділянках газопроводів, газоходів, пилопроводів в поєднанні з вогнеприпинувачами встановлюють розривні мембрани. Рекомендується також застосовувати автоматичні системи відсікання полум'я механічної або гідравлічної дії (перекриття заслінками газопроводу, подача води для охолодження) [24].

Ефективним вогнегасним засобом при гасінні твердих речовин різних класів, горючих рідин, газів, металів, електроустановок під напругою до 1000 В є порошок суміші.

Азбестове полотно й висушений та просіяний пісок призначені для гасіння вогнищ, що починаються, пожежі при запаленні речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, шляхом їхньої ізоляції від нього [24].

Вогнегасники:

ВПШ-10 - (порошковий шахтний) застосовується для гасіння загоряння ЛЗР і ГР, твердих речовин і матеріалів, а також для гасіння загоряння електроустаткування, що знаходиться під напругою до 1140 В. Використовується при температурі від мінус 40 до плюс 50°C.

ВП-9 - (порошковий закачний переносний) застосовується для гасіння загоряння газоподібних речовин, ЛЗР і ГР, твердих речовин і матеріалів, а також для гасіння загоряння електроустаткування, що знаходиться під напругою до 1000 В. Використовується при температурі від мінус 20 до плюс 50°C.

ВВ-5 - вогнегасник вуглекислотний (об'єм балона на 5 літрів) - застосовується для гасіння горючих рідин, матеріалів, що згорають, і електроустаткування, що знаходиться під напругою [24].

Основні техногенні небезпеки на виробництві

Процес конверсії вугілля є вибухово- та пожеженебезпечним.

Виробництво розташовано на відкритому майданчику. Якщо вибуховонебезпечний газ з обладнання та трубопроводів потрапить в навколишнє середовище, окрім забруднення повітря можливо займання газу або утворення з повітрям вибуховонебезпечної суміші.

Вибухово- та пожеженебезпечні характеристики речовин, що використовуються в відділеннях конверсії наведені у таблиці 9.6 [23].

Таблиця 9.6 – Вибухово- та пожеженебезпечні характеристики речовин

Речовина	Використання установкою	Загальна характеристика	Відносна щільність за повітрям	Температура самозапалення, °C	Межі вибуховості, об %	
					з повітрям	з киснем
Гази конверсії	Готовий продукт відділення конверсії	Горючий газ без кольору та запаху	0,470	510	4,9-62,6	5,4-91,0

Висновки

В даному дипломному проєкті розглянуто виробництво синтез-газу з твердих горючих копалин потужністю 100 тис. т/рік.

В дипломному проєкті обрана технологія виробництва синтез-газу газифікацією вугілля в шлаковому розплаві теплоносія. Запропонована технологія дозволяє використовувати на стадії конверсії в якості газифікуючого агенту – воду, а на стадії окиснення кисень повітря. Таке рішення дозволяє отримувати в якості продукту синтез-газ (суміш водню та оксидів вуглецю), практично без баластових домішок, що дозволить його використовувати в хімічних синтезах (виробництва метанолу, амоніаку, оцтової кислоти та ін.).

Розроблена технологічна схема виробництва синтез-газу конверсією вугілля в розплаві, виконані матеріальний та тепловий баланси, показано що залишкова концентрація вуглецю в розплаві не перевищує 0,1 %мас., що дозволить його утилізацію в будівній та інших галузях промисловості.

Проведений розрахунок основного апарату – газифікатору, визначена необхідна кількість розплаву теплоносія. Розглянуті питання, що стосуються автоматизації технологічного процесу та екології в проєктованому виробництві.

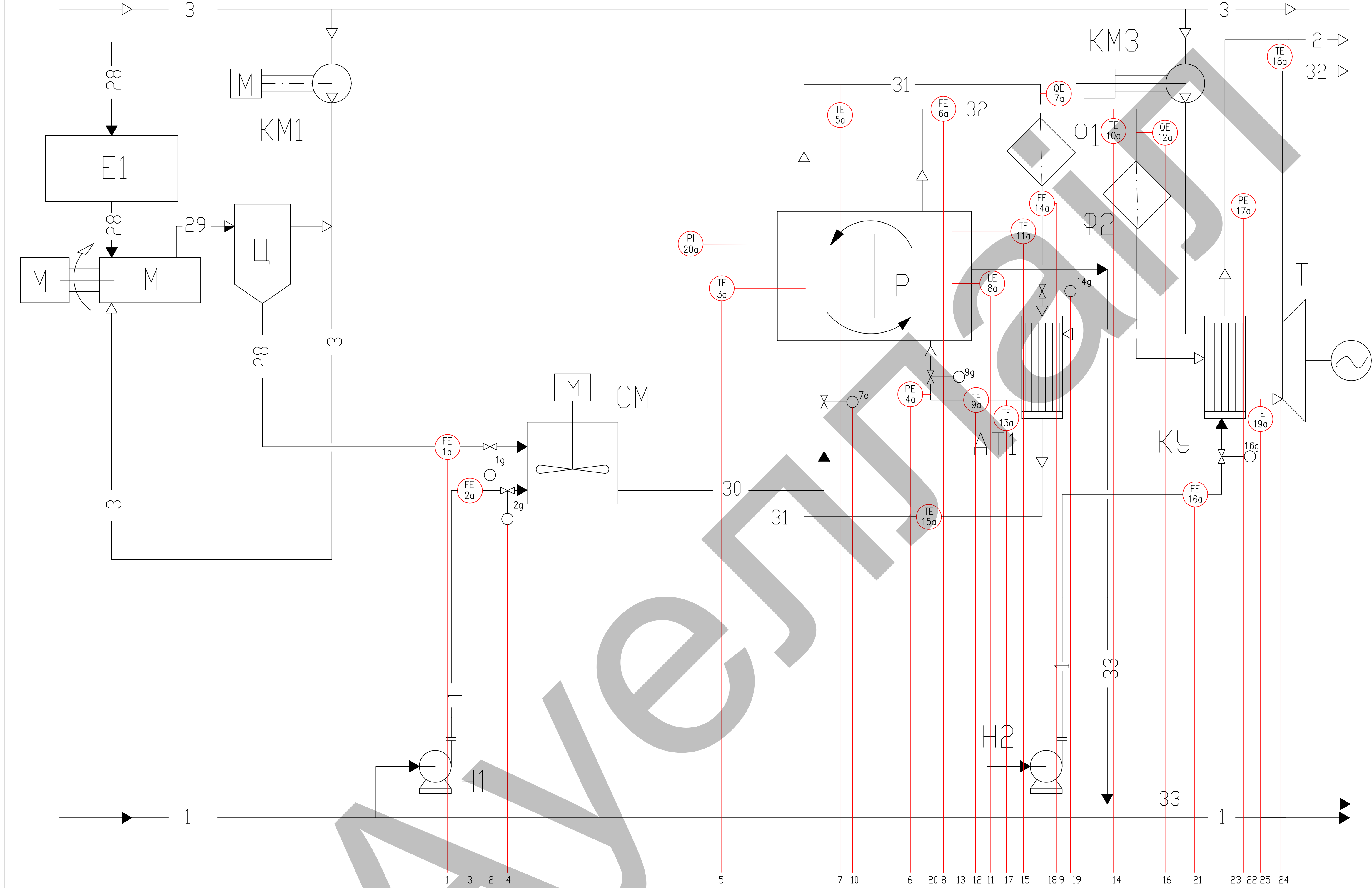
Виходячи з проведених розрахунків можна зробити висновок, що при розсіюванні викиду навколишньому середовищу не буде заподіяно шкоди. Додаткові заходи по забезпеченню охорони навколишнього середовища не потрібні.

Розглянуті характерні шкідливі виробничі чинники у виробництві синтез-газу та запропоновані способи захисту робітників.

Літэратура

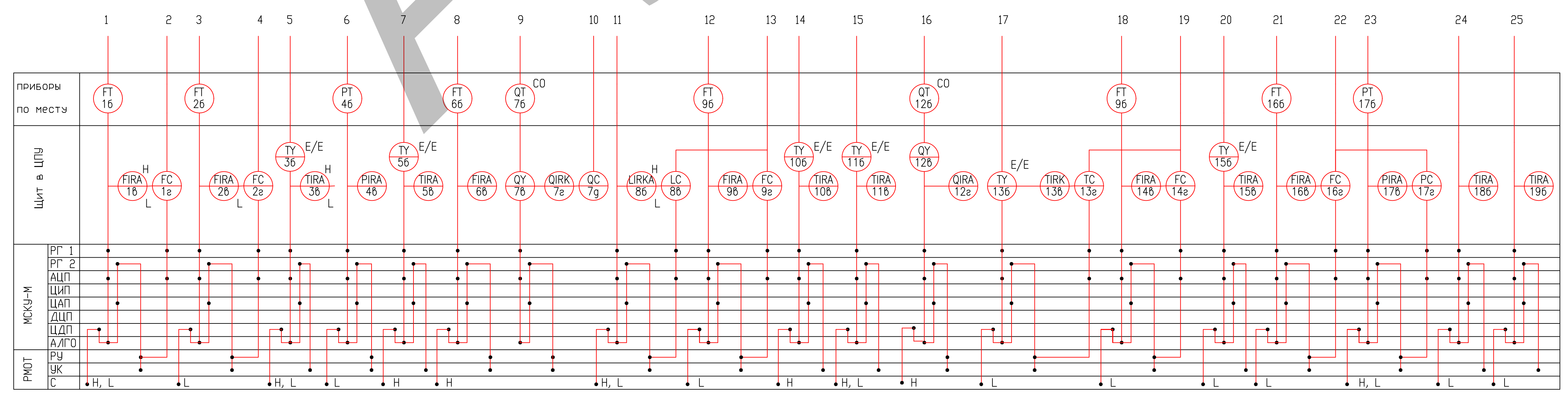
1. Маргулов Т.Д. В XXI век с новой энергетической идеей. Москва, 1997. - 74 с.
2. Вольфберг Д.Б. Современное состояние и перспективы развития энергетики мира // Теплоэнергетика. - 1999. - № 8. - С.5-12.
3. Clean coal power could come to Yorkshire - if the state stumps up // Elec. Rev. (Or. Brit.) [Elec. Rev. Int]. - 1997. - 230, № 8, P.5.
4. Recent trends in thermal power generation technology / Hoshino Kazusada, Otawara Yasuhiko, Tagishi Akinori, Suzuki Shin'ichi // Hitachi Rev. - 1997. - 46, № 3. - P. 115-120.
5. Coal-fired power generation systems for the future / Wada Katsuo, Nakagawa Yukio, Kahara Toshiki, Hidaka Kishio // Hitachi Rev. - 1997. - 46, № 3. p. 135-142.
6. Дьяков А.Ф., Мадоян А. А., Левченко Г.И., Кушнарев Ф.А., Христич Л.М., Танеев В.В. Нетрадиционные технологии-основной путь обеспечения экологической надежности и ресурсосбережения//Энергетик.-1997.-№ 11. - С.2-4.
7. Джангиров В.А., Макарова А.С., Клейник Т.В., Урванцева Л.В. Топливо-энергетическая база электроэнергетики // Теплоэнергетика. - 1991. - JNo 1. -С.12-16.
8. Танеев В.В. Экологически чистая тепловая электростанция - одно из основных направлений государственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика»//Электрические станции.- 1991. - № 5. - С.2-6.
9. Мазикин В.П., Вылегжанин В.Н. Перспективы развития горнодобывающей промышленности // Уголь. - 1999. - № 4. - С. 14-17.
10. Девинс Д. Энергия / Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 240 с.
11. Лисичкин С М. Энергетические ресурсы мира. - М.: Недра, 1977. - 328 с.
12. Мадоян А.А., Балтян В.Н., Гречаный А.Н. Эффективное сжигание низкосортных углей в энергетических котлах. - М.: Энергоатомиздат, 1991. -200 с.

13. В.И. Саранчук, Е.И. Збыковский, Г.А. Власов Основы переработки горючих ископаемых. Часть I. 2003. - 292 с.
14. Химические вещества из угля / Под ред. Фальбе Ю./ Пер. с нем. - М.: Химия, 1980.- 616 с.
15. Brecht Chr., Hoffman G. Vergasung von Kohle // Wärme, gas Internat. 1983. Bd. 32. S.7-24.
16. Fluidbed boilers for fuel efficiency // Middle East Eire. - 1988, 12. - № 9. - P.17-18.
17. Schmoee Lee A., Pietruszkiewicz John. Coal gasification - flexibility for an uncertain future // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1987, 54. - P.2-3.
18. Clean coal progress // Geotimes. - 1987, 32. - № 12. - P.21-22.
19. SCGP. Shell coal gasification - SCGP // Hydrocarbon Process. - 1986, 65. - № 4. - P. 100.
20. Косячков А. В. Получение генераторного газа с низким содержанием смол и сероводорода из низкосортных углей / А. В. Косячков, Н. В. Чернявский // Экологические и ресурсосбережение. – 2005. – №4. – С. 3 – 12.
21. Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Очистка технологических газов. Синтез аммиака. – М.: Химия, 1986. – 512 с.
22. Газификация соленых углей. Термодинамический анализ / М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, И. М. Гликина, [та ін.] // Хімічна промисловість України. – 2008. – № 1. – С. 12–22.
23. Стенцель Й.І. Автоматика та автоматизація хіміко – технологічних процесів / Стенцель Й.І. – Луганськ, 2004. – 376 с.
24. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломного проекту (роботи) бакалавра для студентів спеціальності 161 "Хімічні технології та інженерія" денної та заочної форм навчання / Укладачі: І. В. Кравченко, Т. Е. Римар, - Северодонецьк: СНУ ім. Володимира Даля, 2017 – 56 стор.



Умовне графічне позначення	Найменування середовища в трубопроводі	Примітка
— 1 —	ВОДА	
— 2 —	ПАРА ВОДЯНА	
— 3 —	ПОВІТРЯ	
— 28 —	ВУПЛЯ АНТРАЦИТ	
— 29 —	ПОВІТРЯ-ВУПЛЬНА СУМІШ	
— 30 —	ВОДО-ВУПЛЬНА СУМІШ	
— 31 —	СИНТЕЗ-ГАЗ	
— 32 —	ДИМОВИЙ ГАЗ	
— 33 —	ШЛАК	

Поз	Позн.	Найменування	Кл.	Примітка
1	Е	ЕМНІСТЬ	1	
2	М	МЛИН ШАРОВИЙ	1	
3	Ц	ЦИКЛОН-СЕПАРАТОР	1	
4	СМ	ЗМШУВАЧ	1	
5	Р	РЕАКТОР З РОЗПЛАВОМ	1	
6	АТ1	ТЕПЛОБМІННИК	1	
7	КУ	КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР	1	
8	КМ1-2	КОМПРЕСОР	2	
9	Ф1-2	ЗОЛОВЛОВЛЮВАЧ	2	
10	Н1-2	НАСОС	2	
11	Т	ТУРБИНА ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРУ	1	

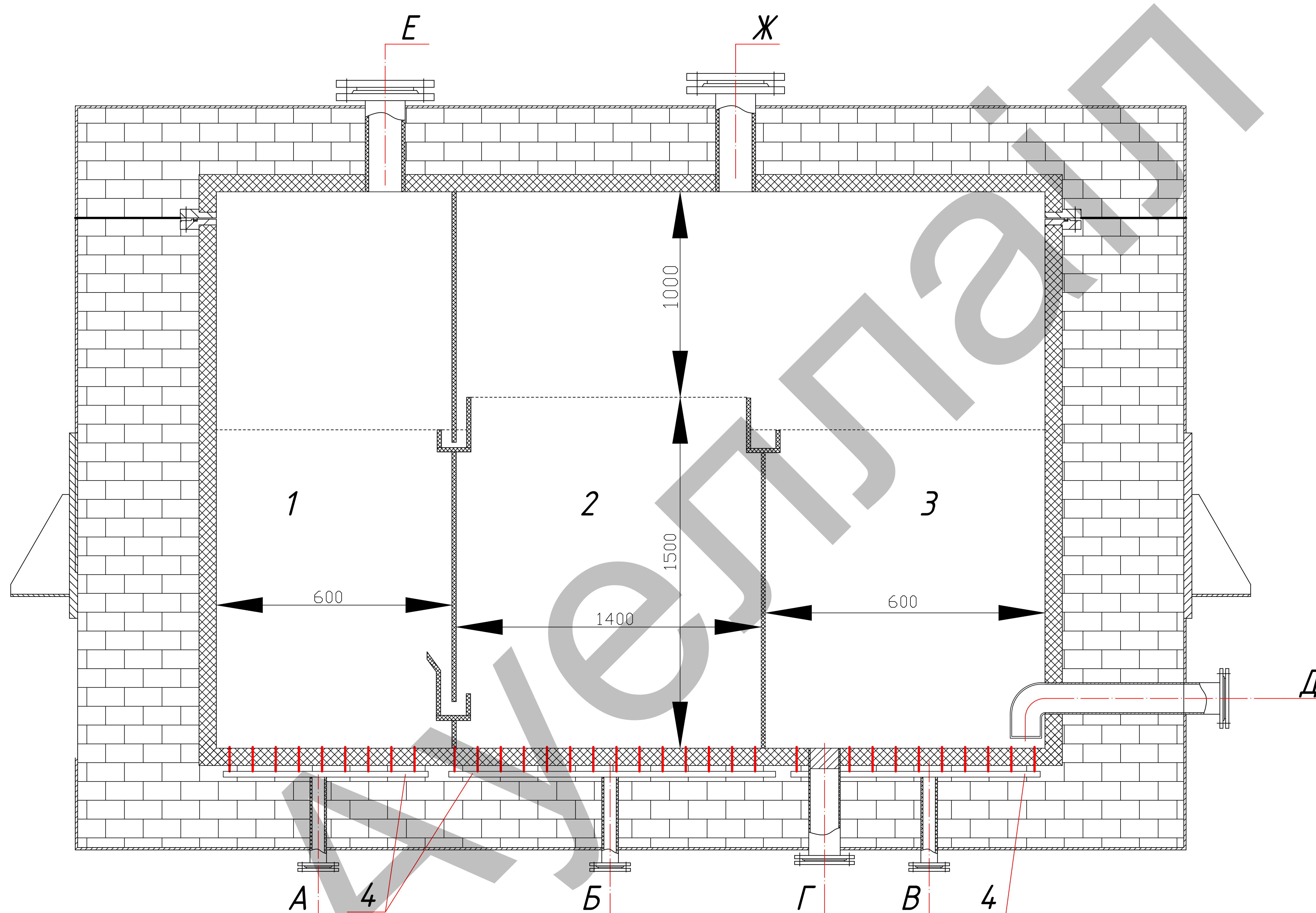


				ЛД 01.02.СХ								
Змч. Арх. Разроб. Перевір. Т.контр.	Арк. №	Нарисув. Автомат Демид	Підпис	Дата	Технологічна схема конверсії вугілля з КВПІА			Літер.	Маса	Масштаб		
								Арк. 1	Архив 1			
										СНУ ім. В. Даля		
										гр. ХТ-17гі		

Матеріальний баланс

Прихід			Витрата				
Потік	%мас.	кг/год	Потік	%об.	м ³ /год	%мас.	кг/год
1. Вугілля, в т.ч.	62,9	20400	1. Вугілля на окислення			25,8	8400
- на конверсію		12000	2. Синтез-газ, в т.ч.	100	31793,7	63,8	20692,8
С		8035,2	СО	46,15	14672,4		18340,5
Н		155,5	Н ₂	52,33	16637,6		1485,5
О		233,3	СО ₂	1,03	326,6		641,6
S		146,9	Н ₂ S	0,32	102,8		156,1
N		69,1	N ₂	0,17	55,3		69,1
зола		3360	3. Зола			10,4	3360
- на окислення		8400					
2. Вода	37,1	12052,8					
Разом:	100	32452,8	Разом:	100	31793,7	100	32452,8

ПД.01.04.МБ				Матеріальний баланс			
Знач.	Арк.	Нормат.	Підпис	Дата	Підпр.	Маса	Масштаб
Разроб.	Целищев О.Б.						
Перевір.					Арк. 1	Архив 1	
Т.контр.							
Н.контр.					Отримання синтез-газу в розплаві теплоносія		СНУ ім. В. Даля гр. ХТ-17гі
Застб.	Оуборин О.В.						



Таблиця штуцерів

Позн.	Найменування	Кіл.	Ду мм	Ру МПа
А	Вхід водовугільної суміші	1		
Б	Вхід повітря	1		
В	Вхід повітря	1		
Г	Злив розплаву	1		
Д	Злив розплаву	1		
Е	Вихід синтез-газу	1		
Ж	Вихід димових газів	1		

Технічна характеристика

- Апарат призначений для проведення парової конверсії вугілля в рідкому високотемпературному теплоносії.
- Тиск, МПа
 робочий 5
 розрахунковий 5,5
- Температура, К
 робоча 1500
 розрахункова 1800
- Габаритні розміри, мм
 висота реактору 3000
 довжина реактору 3200
- Робоче середовище: вугілля, повітря, вода, кисень, реакційні гази, рідкий високотемпературний теплоносії (розплав шлаку)

Поз.	Позначення	Найменування	Марка матеріалу
1		Зона конверсії	1
2		Зона окислення	1
3		Зона доокислення	1
4		Розподільча решітка	

ПД.01.03.ВЗ				Літер.	Маса	Масштаб
Змч.	Арк.	Нірокум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Арх.	Автомат. Деметр.				
Перевір.	Цейшов О.Б.					
Т.контр.					Арк 1	Архив 1
Н.контр.					Отримання синтез-газу в розплаві теплоносія	
Застб.	Оуборин О.В.				СНУ ім. В. Даля гр. ХТ-17гі	