

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ХІМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення
та загальної хімічної технології

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
В.о. Завідувача кафедри
_____ Наталія ТОЛСТОПАЛО-
ВА
«__» грудень 2020 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних ре-
човин та водоочищення»
зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
на тему: «Виробництво дрібнодисперсного активованого вугілля»

Виконав :

студент 2 курсу, групи ХН-91мп

Якимечко Микола Миколайович _____

Керівник:

доцент кафедри, кандидат хімічних наук.

Супрунчук Володимир Ілліч _____

Консультант з економіко-організаційних рішень:

Доцент, к.т.н., доцент

Підлісна Олена Анатоліївна _____

Консультант з охорони праці:

Доцент каф. , к.т.н., доцент,

Полукаров Юрій Олексійович _____

Консультант з автоматичного контролю та регулювання:

ст.викладач

Лукінюк Михайло Васильович _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації не-
має запозичень з праць інших авторів без відпо-
відних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ХІМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення
та загальної хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Наталія ТОЛСТОПАЛОВА

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Якимечко Микола Миколайович

1. Тема дисертації «Виробництво дрібнодисперсного активованого вугілля», науковий керівник дисертації Супрунчук Володимир Ілліч, доцент кафедри, кандидат хімічних наук, затверджені наказом по університету від «17» листопада 2020 р. №3332-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020р.

3. Об'єкт дослідження: спосіб виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля

4. Вихідні дані: продуктивність 10 тис.т/рік, вміст вуглецю в деревному карбонізі 93 %; коефіцієнт надлишку водяної пари 2,5; ступені перетворення за реакціями взаємодії вуглецю з водяною парою, з утворенням оксиду карбону (II), оксиду карбону (IV), взаємодії вуглецю з оксидом карбону (IV) становлять: $x_1 = 0,2$, $x_2 = 0,7$, $x_3 = 0,1$ відповідно. Ступінь перетворення за реакцією горіння оксиду карбону (IV), взаємодії вуглецю з оксидом карбону (II) становить: $x_4 = 0,85$, за реакцією горіння водню – $x_5 = 0,9$.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити : 1) Обґрунтувати та підібрати спосіб і технологічну схему виробництва, надати характеристику продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв, обґрунтувати прийнятий метод виробництва; 2) Розрахувати матеріальний, енергетичний (тепловий) баланс та витратні коефіцієнти виробництва. Розрахувати та вибрати технологічний реактор і основне технологічне обладнання. 3) Розробити схему

автоматизації виробництва, провести аналіз відходів виробництва, а також можливі шляхи їх утилізації, розробити заходи, спрямовані на забезпечення в цеху здорових та безпечних умов праці, пожежної профілактики та безпеки в надзвичайних ситуаціях. 4) Обґрунтувати об'ємно-планувальні рішення, розробити стартап-проект та надати загальну характеристику розробки, проаналізувати зовнішні та внутрішні середовища стартапу та ризики стартап проекту і методи управління ними. Розрахувати ціну інноваційної пропозиції на ринку.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу : креслення технологічної схеми, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, креслення загального вигляду технологічного реактора, креслення план-розрізу, презентація PowerPoint.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 стаття у фаховому журналі, 2 патенти на корисну модель, 2 патенти на винахід (на стадії реєстрації), 5 тез доповідей на Міжнародних конференціях.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економіко-організаційні рішення	Підлісна О.А., доцент		
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доцент		
Автоматичний контроль та регулювання	Лукінюк М.В., ст.викладач		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Пошук літератури, на задану тему		
2	Розрахунок матеріального, теплового балансу та обладнання		
3	Розробка схеми автоматизації, стартап-проекту та об'ємно-планувальних рішень		
4	Оформлення пояснювальної записки		
5	Оформлення презентації		

Студент

Микола Якимечко

Науковий керівник

Володимир Супрунчук

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 96 с., 3 рис., 26 табл., 3 додатки, 28 посилань. Розроблено проект виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля. Підібрано вихідну сировину та допоміжні матеріали. Обґрунтовано вибір паро-газового методу отримання активованого вугілля. Представлено технічні вимоги до готової продукції – активованого вугілля. Обґрунтовано норми технологічного режиму, наведено принципову технологічну схему та її опис. Здійснено розрахунок основного та допоміжного технологічного обладнання. Наведено схему автоматичного контролю та керування процесом, проведено аналіз екологічної безпеки виробництва та запропоновано методи його екологізації. Обґрунтовані об'ємно-планувальні рішення по комплектуванню та розміщенню цеху. Проведено аналіз всіх можливих шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Розроблено стартап – проект, та проведено його економічні розрахунки.

ДРІБНОДИСПЕРСНЕ АКТИВОВАНЕ ВУГІЛЛЯ, ПІРОЛІЗ ДЕРЕВИНИ,
ПАРОГАЗОВЕ АКТИВУВАННЯ, ДЕРЕВНИЙ КАРБОНІЗАТ, ПІЧ КИПЛЯЧО-
ГО ШАРУ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 96 с., 3 рис., 26 табл., 3 приложений, 28 ссылок. Разработан проект технологии производства мелкодисперсного активированного угля. Подобрано исходное сырье и вспомогательные материалы. Обоснован выбор парогазового метода получения активированного угля. Представлены технические требования к готовой продукции - активированному углю. Обоснованы нормы технологического режима, приведена принципиальная технологическая схема и ее описание. Произведен расчет основного и вспомогательного оборудования. Приведена схема автоматического контроля и регулирования процессом, проведен анализ экологической безопасности производства и предложены пути его экологизации. Обоснованные объемно-планировочные решения по комплектованию и размещению цеха. Проведен анализ всех возможных вредных и опасных производственных факторов. Разработан стартап - проект и проведены его экономические расчеты.

МЕЛКОДИСПЕРНЫЙ АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ, ПИРОЛИЗ ДРЕВЕ-
СИНЫ, ПАРОГАЗОВАЯ АКТИВАЦИЯ, ДРЕВЕСНЫЙ КАРБЕНИЗАТ, ПЕЧЬ
КИЯЩЕГО СЛОЯ.

ABSTRACT

Explanatory note 96 p., 3 drawing, 26 tables, 3 addition, 28 references. The project of manufacturing of fine-disperse active carbon has been developed. Raw materials and auxiliary materials have been selected. Technical outgoing inventory requirements have been presented. Steam-air method of activating and norms of technological mode has been proved. The basic technological scheme and its description has been substantiated. The calculation and selection of main and auxiliary equipment has been done. The scheme of automatic control and regulation of process has been presented. The analysis of ecological safety has been lead. Substantiated spatial planning decisions on the acquisition and location of the shop. The analysis of all possible harmful and dangerous production factors is carried out. The startup project is developed, and its economic calculations are carried out.

FINE-DISPERSE ACTIVE CARBON, PYROLYSIS OF WOOD, STEAM-AIR ACTIVATION, CARBONIZE WOOD, FLUID-BED FURNACE.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА	13
1.1 Методи отримання активованого вугілля.....	13
1.2 Хімічне активування	14
1.3 Парогазове активування	17
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИННИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ	19
2.1 Характеристика продукції.....	19
2.2 Характеристика сировини	20
2.3 Контроль чистоти водяної пари.....	20
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ, ХІМІЗМ І ТЕОРЕТИЧН ОСНОВИ	23
4 ОПИСАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА	28
5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ІЗ СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ	31
5.1 Розрахунок матеріального балансу процесу активування.....	31
5.2 Розрахунок теплового балансу процесу активування	41
5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів	45
6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	46
6.1 Розрахунок основного апарату	46
6.2 Розрахунок та вибір додаткового технологічного обладнання.....	49

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7	АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ	53
7.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації	53
7.2	Опис розробленої схеми автоматизації виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля	55
8	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА	57
8.1	Аналіз відходів підприємства	57
8.2	Методи очистки відхідних газів	58
8.3	Екологізація виробництва	59
9	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
9.1	Охорона праці	55
9.1.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	55
	Електробезпека	59
9.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	68
9.2.1	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	68
9.2.2	Пожежна безпека	63
9.2.3	Аналіз небезпеки об'єкта	64
10	ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ	68
10.1	Компонування обладнання виробництва	68
10.2	Підйомно – транспортне устаткування	70
10.3	Конструктивне рішення будівлі і її елементів	78
10.4	Генеральний план виробництва	73
11	СТАРТАП ПРОЕКТ	77
11.1	Загальна характеристика розробки	84

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11.2. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	79
11.3 Визначення ключових факторів успіху проекту.....	88
11.4 Ціна інноваційної пропозиції на ринку	83
11.5 Техніко-економічні показники проекту.....	86
11.6 Ризики стартап проекту та методи управління ними	86
ВИСНОВКИ.....	88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	89

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Активоване вугілля широко використовується у багатьох галузях промисловості, зокрема і у процесах хімічної технології. Очистка відхідних газів та стічних вод заснована головним чином на адсорбції вуглецевими адсорбентами. Тільки активоване вугілля, як один із основних адсорбентів, дозволяє задовольнити постійно зростаючі вимоги до чистоти питної води. Крім того, активоване вугілля використовують в хіміко-технологічних процесах в якості каталізатору або носія для каталізаторів. Активоване вугілля знайшло широке використання і в багатьох інших галузях промисловості. Його використовують у медицині при лікуванні захворювань шлунково-кишкового тракту, очищенні крові, у виробництві медикаментів. Активоване вугілля застосовують для рафінування цукру, концентрування золота та срібла з розчинів ціанідів, при виробництві пластмас, у виробництві автомобільних шин, фільтрів цигарок, трубок для паління тощо. Успішному розвитку адсорбційної техніки та адсорбентів в значній мірі сприяє постійне збільшення якості цього продукту, що обумовлено вдосконаленням способів виробництва активованого вугілля. З розвитком промислового виробництва активованого вугілля, застосування цього продукту неухильно зростає. В даний час світове виробництво активованого вугілля складає приблизно 900 тис. т/рік, з яких біля 300 тис. т/рік випускається в Європі і 200 тис. т/рік в Росії. В Україні ж річний випуск активованого вугілля обмежений кількома десятками тон, тому у вітчизняній промисловості відчувається дефіцит вуглецевих сорбентів. У зв'язку з цим розробка технології виробництва активованого вугілля із місцевої сировини в Україні є актуальною проблемою на шляху розвитку хімічної промисловості. Метою даного дипломного проекту є розробка технологічної схеми виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля шляхом карбонізації деревини і подальшим активуванням деревного карбонзату парогазовою сумішшю.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Методи отримання активованого вугілля

Активоване вугілля отримують із різноманітної вуглецевмісної сировини в некарбонізованому вигляді або у формі вугілля та коксу. Основний принцип активування полягає в тому, що вуглецевмісний матеріал піддають селективній термічній обробці у відповідних умовах, в результаті якої утворюються численні пори, щілини та тріщини, а також збільшується площа поверхні пор на одиницю маси. В техніці використовують хімічні і парогазові методи активації.

При хімічному активуванні в якості вихідної сировини використовують в основному некарбонізовані продукти (наприклад, деревні стружки, торф), суміш яких з неорганічними активуючими агентами піддається високотемпературній обробці. До активуючих агентів відносять в першу чергу водовіднімаючі речовини: хлорид цинку і фосфорна кислота.

Вихідною сировиною при парогазовому активуванні зазвичай виступають карбонізовані матеріали: деревне вугілля, торф'яний кокс, вугілля із шкарлупи коксового горіха, матеріали типу кам'яного вугілля або коксу із бурого вугілля. Важливим фактором, що визначає здатність цих речовин до активування, є частка летких компонентів у їх складі. Якщо вона дуже мала, то активування виконати складно або і взагалі неможливо. Прикладом цього служить графіт.

Із збільшенням вмісту летких речовин в першому наближенні можна вести мову про пропорційне підвищення реакційної здатності. Однак, якщо реакційна здатність дуже висока, наприклад, у кам'яному вугіллі, що спучується і спікається, можливе зниження ступеню активації. Реакційна здатність вихідного матеріалу в значній мірі пов'язана із присутністю макропор. Для активування газами зазвичай використовують кисень (повітря), водяну пару і оксид карбону (IV). Активування повітрям має вибірковий характер, однак існує небезпека зовнішнього обпалу гранул. Тому віддають перевагу водяній парі і оксиду карбону (IV).

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досить високої, з технічної точки зору, швидкості реакції при використанні цих газів необхідні температури 800-1000°C. Тому для проведення процесу необхідне спеціальне обладнання: шахтні, обертові, багатополічні печі, реактори із киплячим шаром та інші апарати. Вибір відповідного обладнання залежить від ступеню подрібнення вихідного матеріалу і від того, в якій формі потрібно отримати вугілля-порошкоподібне, зернисте або формоване.

При активуванні вуглецевмісного матеріалу відбувається значне зменшення маси твердої речовини. В оптимальних умовах це еквівалентно збільшенню поруватості. Тому в першому наближенні можна простим ваговим методом оцінити збільшення активності вугілля. Зручним у цьому випадку є визначення насипної густини активованого вугілля [1].

1.2 Хімічне активування

При хімічному активуванні використовуються головним чином некарбонізований вихідний матеріал, до якого відносять торф і тирсу. Можна також використовувати шламові відходи освітлюючих процесів. Перетворення такої сировини в активоване вугілля відбувається під впливом дегідратуючих агентів при високих температурах. У цьому випадку кисень і водень вибірково або повністю видаляються з вуглецевмісного матеріалу, при цьому відбувається одночасно карбонізація і активація (зазвичай при температурах нижче 650 °C).

Карбонізовані матеріали відрізняються пониженим вмістом кисню і водню, тому вони активуються неорганічними хімічними агентами не так легко, як некарбонізовані. Деревина, один з придатних для цього вуглецевмісних матеріалів, містить, наприклад, близько 49% кисню і приблизно 6 % водню в перерахунку на масу сухого беззольного продукту; буре вугілля містить відповідно 25 і 5 %. У якості активуючих агентів в техніці в основному використовуються фосфорна кислота, хлорид цинку і сульфід калію. Крім того, можна використовувати хімічні речовини, які мають дегідратуючу дію – роданід калію, сірчану кислоту та інші хімічні сполуки, які не набули широкого поширення.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижче перераховані речовини, які частково надають і каталітичної дії: металевий натрій, металевий калій, оксид натрію, гідроксид натрію, гідроксид калію, карбонат калію, оксид кальцію, гідроксид кальцію, амоніак, хлорид амонію, хлорид алюмінію, солі феруму, солі нікелю, сірка, хлор, хлороводень, бромоводень, нітратна кислота, нітрозні газу (іноді разом з оксидом сульфуру (IV)), оксид фосфору (V), оксид арсену (V), борати, борна кислота, перманганат калію, тощо [1].

Активацію фосфорною кислотою проводять наступним чином: тонкоподрібнена сировина змішується з розчином фосфорної кислоти, суміш осушується і нагрівається у обертовій печі до 400-600 °С. Відомі процеси, які проводяться за більш високих температур (до 1100 °С). Для отримання широкопоруватого вугля, що використовується переважно для освітлення, потрібно значно більша кількість фосфорної кислоти, ніж у виробництві вугілля для очищення газу або водопідготовки. При активації хлоридом цинку протягом 0,4- 5 год. $ZnCl_2$ у вигляді концентрованого розчину змішують з 1 ч. сировини і суміш підігрівують до 600-700 °С.

Використання хлориду цинку для активування в останні роки скоротилося у зв'язку з проблемами забруднення середовища.

Для отримання медичного вугілля використовують сульфід калію і суміші гідроксиду калію і сірки. Активація проводиться без доступу повітря в обертових печах при 800-900°С. Після вилугування сірчистих сполук калію, обробки розведеною соляною кислотою і відмивання від іонів хлору вугілля піддається термічній обробці при 500-600 °С з метою видалення сірки, що збільшує виробничі витрати.

Хімічно активоване вугілля нерідко містить відносно велику кількість золи. Іншим недоліком цього способу отримання активного вугілля є необхідність регенерації хімічних реагентів, що підвищує вартість всього процесу виробництва вугілля.

Перевагою цього способу є порівняно короткий час активації вихідних

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів, великий вихід вуглецевого залишку, високі адсорбційні властивості активованого вугілля.

Залежно від виду активуючого агента результати хімічного активування можуть відрізнятися. Наприклад, активоване вугілля з тирси, що отримане додаванням карбонату калію при температурі 800 °С, характеризується високим числом за метиленовим блакитним і йодним числом, але низькою освітлюючою здатністю. Вугілля, активоване хлоридом цинку, відзначається хорошою освітлюючою здатністю, але низьким числом за метиленовим блакитним і по йоду.

Якщо активацію вести спочатку хлоридом цинку, а потім додати карбонат калію можна отримати продукт з високою адсорбційною здатністю. Можлива також комбінація хімічного активування, наприклад фосфорної кислотою, і активування парою і повітрям [1].

Зазвичай при хімічному активуванні отримують м'які та порошкоподібні продукти. Змішування вуглецьвмісної сировини з вуглецьвмісними в'язучими матеріалами (наприклад, деревної тирси з сульфонатом лігніну) та агентом, що активує, і подальше формування дозволяють отримати міцне активне вугілля. Хімічне активування вугілля в обертовій печі протягом 3 год із застосуванням у якості активуючих добавок фосфорної кислоти і хлориду цинку дозволяє отримати формовані продукти, які не поступаються за міцністю вугіллю, яке активоване водяною парою.

Активоване вугілля з дуже розвинутою питомою поверхнею за БЕТ вдалося отримати обробкою вугілля або коксу надлишком гідроксиду калію. Спочатку вугілля піддавали термообробці при температурі близько 480 °С, а потім активації при 700-800 °С.

До хімічного активування можна також віднести процес, заснований на декарбоксилюванні органічних кислот, наприклад, полікислот. Для цього використовуються сполуки елементів головних підгруп I і II груп періодичної системи, зокрема, гідроксиди калію і натрію. Необхідні кислоти можна отримати окисненням дешевих вихідних продуктів, наприклад, обробкою нафтового кок-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

су нітратною кислотою. Отримане з органічних кислот активоване вугілля також володіє площею поверхні за БЕТ понад 2000м /г [1].

1.3 Парогазове активування

При обробці вуглецевмісних речовин окиснюючими газами у відповідних умовах частина вуглецю вигоряє і видаляється з леткими компонентами і внутрішня поверхня збільшується. У якості окиснюючих агентів використовують переважно водяну пару, оксид карбону (IV) і кисень (або повітря). При використанні кисню потрібно дотримуватися обережності, оскільки він реагує з вуглецем в 100 разів швидше діоксиду карбону. За результатами досліджень на графіті водяна пара має реакційну здатність, що у 8 разів перевищує реакційну здатність оксиду карбону (IV).

При взаємодії вуглецю з водяною парою або оксидом карбону (IV) одночасно перебігають такі реакції:

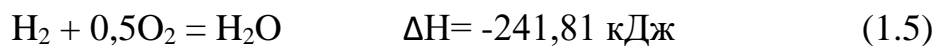
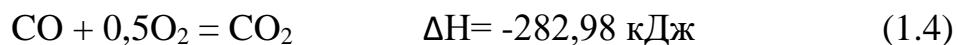


Оскільки це ендотермічні реакції, то необхідне підведення теплоти. При цьому вирішальне значення має хороший теплообмін між реакційним газом і частинками вугілля. Ця вимога виконується за рахунок постійного руху частинок вугілля в процесі активування в обертових печах або реакторах з киплячим шаром.

При використанні водяної пари для забезпечення ефективної швидкості реакції необхідна температура близько 800 °С, а при використанні оксиду карбону (IV) - 900°С. Якщо теплота підводиться в основному активуючим газом, його температура повинна бути ще вища.

Значне поліпшення теплового балансу досягається при безпосередньому спалюванні в печі реакційних газів активування, зокрема, водню і оксиду вуглецю (II):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



При цьому слід уникати надлишку кисню, для запобігання зовнішнього обпалу. З іншого боку, при видаленні оксиду карбону та водню з газової атмосфери процес активування значно прискорюється, тому що ці продукти сповільнюють швидкість реакції пари з вуглецем, блокуючи активні центри на поверхні вугілля. Крім того, згоряння реакційних газів призводить до відновлення необхідних для активування реагентів - оксиду карбону (IV) та водяної пари.

Комбінуючи активування водяною парою і киснем, можна отримати активоване вугілля з високою знебарвлюючою здатністю. Прикладом такого процесу є короткочасна обробка вугілля водяною парою в присутності луку при 800 °C і подальше активування повітрям при 500-600 °C [1].

При хімічному активуванні деревного карбонізату практично не досягаються потрібні технічні характеристики адсорбентів, а також витрачається велика кількість хімічних реактивів та напівпродукту, що призводить до підвищення собівартості готової продукції. Окрім того, вугілля, отримане парогазовим активуванням, має високорозвинену поруватість та велику питому поверхню. З екологічної точки зору, виробництво активованого вугілля парогазовою активацією є безпечнішим у порівнянні із хімічним активуванням.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИННИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

2.1 Характеристика продукції

Порошкоподібне активоване освітлююче деревне вугілля призначене для очистки харчових, фармацевтичних та інших продуктів, для очистки різноманітних розчинів. Воно використовується для поглинання газів, парів, речовин, які зумовлюють небажане забарвлення, виділення йоду. За допомогою вуглецевих адсорбентів виділяють небажані домішки із алкогольних напоїв, знебарвлюються цукрові сиропи. Активоване вугілля застосовують у медицині як носій каталізаторів.

Розвиток сорбційних методів очистки газових викидів і сточних вод стимулюють розширення отримання дешевого активованого вугілля із доступної сировини.

Технічні вимоги до продукції регламентуються згідно ГОСТ 4453-74.

В залежності від призначення активоване вугілля такого типу виготовляють чотирьох марок:

ОУ-А - освітлююче вугілля сухе лужне, призначене для очистки сиропів в цукровій промисловості, води і розчинів у виробництвах органічних кислот, масел і жирів;

ОУ-Б - освітлююче вугілля вологе кисле, призначене для очистки медичних препаратів, розчинів в крохмало-патокових виробництвах і на гідролізних заводах;

ОУ-В - освітлююче вугілля сухе лужне, призначене для очистки і освітлення різноманітних розчинів в галузях харчової промисловості;

ОУ-Г - освітлююче вугілля сухе лужне, призначене для очистки рідин від високомолекулярних смолистих домішок, а також домішок, які дають забарвлення в органічному синтезі. Фізико-хімічні показники активованого вугілля вказаних марок приведені в таблиці 2.1.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 Фізико-хімічні показники активованого вугілля [26]

Назва показника	Норма для марки			
	ОУ-А	ОУ-Б	ОУ-В	ОУ-Г
1	2	3	4	5
1. Зовнішній вигляд	Тонкодисперсний порошок чорного кольору, що не містить сторонніх домішок			
2. Адсорбційна активність мг/г, не менше: за метиленовим синім або метиленовим блакитним за метиленовим помаранчевим				
	225	210	Не нормується	
	210	205	Не нормується	
3. Адсорбційна активність за меласою %, не менше	100	100	75	75
4. Масова частка золи %, не більше	10	6	10	10
5. Масова частка вологи %, не більше	10	58	10	10
6. Масова частка водорозчинної золи %, не більше	2	1	2	2
7. рН водної витяжки	Не нормується	4-6	Не нормується	
8. Ступінь подрібнення, залишок на ситі 0, 1 %, не більше	5	-	5	5
9. Масова частка сполук феруму в перерахунку на Fe, %, не більше	0,2	0,2	0,2	0,2
10. Вміст водорозчинних сполук феруму	Відсутні			

2.2 Характеристика сировини

В даному дипломному проекті розробляється технологія отримання дрібно-дисперсного активованого вугілля із деревини шляхом її карбонізації (у подрібненому вигляді) і отриманням проміжного напівпродукту – деревного вугілля (карбонізату) з його подальшим активуванням.

Деревне вугілля, що використовується на даний час для виробництва активованого вугілля, більше не отримують способом спалювання. У промисловості карбонізація деревини проводиться в сталевих ретортах або печах карбонізації.

Деревна сировина для карбонізації поділяється на три групи. До першої

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

групи відноситься береза та твердо листові породи дерев (бук, ясен, граю, дуб, клен), до другої - м'яколистів породи (осика, вільха, липа, тополя), третю групу складають хвойні породи (сосна, ялина, кедр, смерека, модрина) [5].

Залежно від групи деревної сировини, яку використовують в процесі карбонізації спостерігається різний вихід карбонізату та летких речовин при піролізі.

Окрім цільної деревини, в якості сировини для виробництва активованого вугілля можуть використовуватися деревна кора та відходи деревообробних підприємств, що дозволить знизити собівартість готової продукції і енергоємність виробництва.

У лабораторних печах після півгодинного активування водяною парою при 870 °С отримують активоване вугілля з високою адсорбційною здатністю. Вихід вугілля-сирцю становить 30%, а вихід активного вугілля 15%.

2.3 Контроль чистоти водяної пари

Контроль чистоти водяної пари досягається ретельним очищенням природної води, рециркуляцією конденсату й режимом продувок котлових осадів. Крім того, застосовуються міри боротьби із краплинним віднесенням котлової води що є основним джерелом забруднення пари солями Na, Ca і Mg у котлах з тиском не більше 6 МПа, У котлах високого тиску (більше 10 МПа) основним джерелом забруднення стають підвищена розчинність у парі механічних домішок, що затримуються в живильній воді (частки глини, кремнезему й ін.), а також продукти корозії матеріалів устаткування. Норми вмісту домішок вказані в таблиці 2.2.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Орієнтовні норми вмісту домішок у водяній парі високого й низького тиску

Домішки	Вміст домішок у парі, кг/кг	
	низького тиску	високого тиску
	(3-4 МПа)	(10-11 МПа)
1. Водорозчинні солі:		
усього	0,250	0,015-0,020
солі натрію	0,050-0,100	0,007-0,010
солі кальцію	0,020-0,050	—
2. Сполуки (в перерахунку):		
феруму (на Fe)	0,110	0,010-0,020
купруму (на Cu)	0,110	0,005-0,010
силіцію (на Si)	0,025-0,050	0,008-0,015
хлору (на Cl ⁻)	0,100-0,200	0,010-0,026
фосфору (на PO ₄ ³⁻)	0,100	0,010
сірки (на SO ₄ ²⁻)	0,05-0, 100	—

Щоб уникнути потрапляння солей і оксиду силіцію (1V) на поверхню труб пароперегрівача та на поверхню теплообмінних апаратів, вміст домішок у парі високого тиску (10-11 МПа) повинен бути приблизно в 10 разів нижче їхнього вмісту в парі низького тиску (2-4 МПа), застосовуваного в старих схемах виробництва (таблиця 2.2). Якщо при проведенні процесів під низьким тиском (до 2 МПа) часто спостерігається велике потрапляння солей на поверхню обладнання, то в процесах, здійснюваних з тиском більше 2 МПа, має місце гідротермальна корозія обладнання і винесення із них ряду компонентів, наприклад оксидів силіцію та феруму. Найбільший вплив на поверхню обладнання мають солі, що утримуються в парі низьких параметрів (до 5 мг/кг).

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ, ХІМІЗМ І ТЕОРЕТИЧН ОСНОВИ

У процесі активування при взаємодії окисника з вуглецем карбонізату йде багатостадійний процес з видаленням залишків функціональних груп, окремих кристалітів і макромолекул. У результаті змінюється пориста структура та активність вуглецевого матеріалу. Умови перебігу цього процесу і якість одержуваного вуглецевого адсорбенту (активованого вугілля) залежать від багатьох факторів, основними з яких є:

- фізико-хімічні та структурні характеристики вихідного вуглецевмісного матеріалу, що визначаються видом вихідної сировини, умовами його попередньої обробки і режимом карбонізації;
- фізичні та хімічні режими проведення процесу парогазової активації;
- апаратурне оформлення процесу активації.

Для керування процесом парогазової активації в якості агентів, що активують, використовують м'які окисники, реакційну здатність яких можна регулювати температурними параметрами процесу. Нижня межа температурного інтервалу процесу парогазової активації задається необхідністю забезпечити оптимальну швидкість активування, а верхня-виключити поверхневий обпал вугілля.

Основними активаторами, що використовуються у виробництві активованого вугілля методом парогазової активації являються оксид карбону (IV) і водяна пара, температурний інтервал керованого впливу лежить у досить вузьких межах – 800-950 °С.

Технологічне поняття «механізм парогазової активації» відображає сукупність всіх явищ, що мають місце при взаємодії окисника з неактивованим вугіллям, перебіг якого залежить від стану вуглецю у вихідному карбонізаті та чинників, що визначають умови регулювання параметрів пористості структури в активованому вугіллі в заданих межах [7].

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теоретичні поняття про механізм реакції активування розвивалися значно пізніше виробничого застосування цього процесу. Основні положення теорії були сформульовані приблизно до кінця п'ятдесятих років. Передбачається, що при активуванні газами атоми вуглецю, розташовані по краях графітоподібної кристалічної ґратки, найбільш легко реагують із газами.

Вчений Хеннінг спостерігав за допомогою електронного мікроскопу, що розщеплені уздовж площин ґратки кристали графіту реагують із киснем по краях значно швидше, ніж у центрі. Підвищена реакційна здатність дефектних місць ґратки спостерігалася також на інших зразках вуглецевих матеріалів. Вибірковий характер активування, відсутність газифікації поверхні, відзначався зокрема на оливкових кісточках. Подібні явища мають місце і на вугіллі з поліфурфурилового спирту.

Для опису реакції взаємодії вуглецю з оксидом карбону (IV) запропоновані два механізми [1].

Механізм А:



Механізм Б:



де $\text{C}(\text{O})$ - поверхневий оксид.

Відповідно до рівняння (3.1), так званої реакції кисневого обміну, вуглець реагує з утворенням поверхневого оксиду $\text{C}(\text{O})$; рівняння (3.2) виражає перетворення цього поверхневого оксиду в оксид карбону (I). Після цієї стадії газифікації оксид карбону (I) може знову накопичуватися на реакційноздатній поверхні вуглецьмісного матеріалу відповідно до рівняння (3.3) і сповільнювати реакцію. Відомі дотепер факти не дозволяють віддати перевагу одному із наведених механізмів.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сповільнююча дія водно аналогічним чином пояснюється утворенням комплексів $C(H)$, Вони настільки ж стабільні, як і комплекси $C(O)$. Тому утворення комплексів карбон-гідроген викликає зниження поглинання кисню.

Експериментальне дослідження кінетики процесу активування дозволило зробити висновок, що реакція з водяною парою у більшій або меншій мірі контролюється наступними стадіями процесу: масопередачею через газову плівку, яка оточує частинки, дифузіїєю в порах часток і реакціями на поверхні пор. При низькій температурі швидкість реакції контролюється хімічною реакційною здатністю твердого матеріалу з коефіцієнтом використання всієї внутрішньої поверхні близьким до одиниці. При середніх і високих температурах має місце швидке падіння концентрації пари в активованому вугіллі і ступінь використання стає значно меншим одиниці. В ході експериментальних досліджень встановлено, що швидкість реакції активування зростає із збільшенням швидкості газового потоку. Цей взаємозв'язок показує, що на швидкість реакції впливає зовнішня масопередача реакційних агентів. Однак в інтервалі використовуваних для активування температур вона не є контролюючим фактором. В іншому випадку при існуючій концентрації пари мала б місце реакція першого порядку. Однак швидкість реакції активування вугілля водяною парою пропорційна концентрації пари в степені 0,6, тому контролюючим фактором повинна бути швидкість реакції [1].

На об'єм і розподіл пор за розмірами, а також на швидкість активування поряд з умовами проведення реакції, сильний вплив має вихідний матеріал і його попередня підготовка.

Насамперед велике значення має вміст летких речовин. Наприклад, при карбонізації деревної стружки при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ у твердому продукті залишається більше 40 % летких речовин. Якщо ж карбонізація проходить при 900°C , то вміст летких речовин не перевищує 4 %. При активуванні цих продуктів при $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ питома поверхня в першому випадку дуже швидко зростає, утворюється велика кількість макропор, на поверхні яких продовжується процес активування. Тому

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навіть при прогресуючому активуванні слабкококсований продукт відрізняється більш широким розподілом мікропор, у порівнянні із продуктом з тієї ж вихідної сировини, але підданим попередній карбонізації при 900°C. Крива розподілу пор при активуванні протягом однієї години представлена на рисунку 3.1.

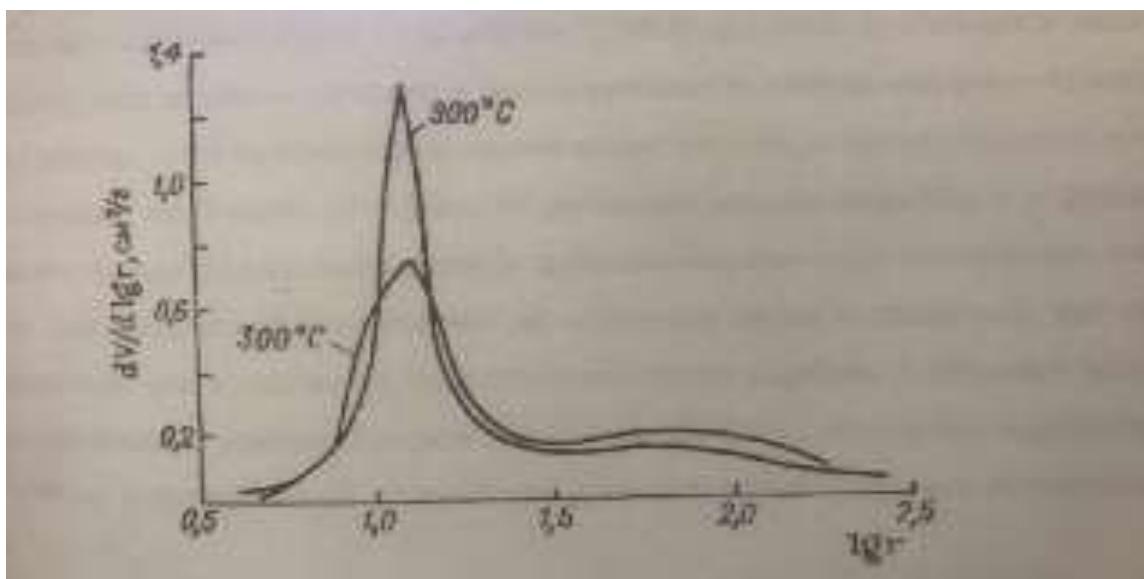


Рисунок 3.1 - Криві розподілу пор в активованому вугіллі із деревної стружки при різній температурі карбонізації (час активування 60 хвилин, температура активування 900 °C)

За допомогою часткової газифікації коксів Юнтген встановив, що об'єм і розподіл пор визначається видом вихідного матеріалу і його обпалом. Насипна густина, об'єми адсорбуючих і транспортних пор розраховувались залежно від обпалу, отримані рівняння експериментально перевірялися для подрібнених продуктів. У випадку формованого вугілля з'являються відхилення, тому що усадочні процеси сповільнюють нормальне пароутворення. Температура активування слабо впливає на утворення пор, поки процес ведеться при температурах, при яких швидкість реакції визначається хімічним обміном, а не дифузією. Застосування кисню в якості активуючого газу, в поєднанні з низькою температурою, необхідного для усунення можливості високого ступеня обпалу, призводить до швидкої появи великих пор. Однак, в цілому вихід продукту нижчий, ніж при активуванні водяною парою. Можливе також і комбінування різ-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

них активуючих газів. Велике значення в технічному процесі газового активування відіграє каталітичне прискорення реакції активування. З цією метою зазвичай використовують гідроксид і карбонат калію і кількостях 0,1-5% від маси вуглецевого матеріалу. Окрім вище вказаних речовин в малих кількостях можна використовувати гідроксид натрію, солі лужних і лужноземельних металів, а також хлориди, сульфіді, ацетати, карбонати, сульфіти. Ці речовини можна додавати в у формі розчинів або безпосередньо змішувати із дрібнодисперсним вуглецевмісним матеріалом. При дослідженні каталітичної дії карбонату калію встановлено, що калій втискається між площинами кристалічних ґраток карбону і збільшує відстань між площинами решітки графіту від 0,34 до 0,38 нм. «Розкриті» карбонові шари в такому випадку стають доступними для подальшого газового активування. Окрім вище зазначених каталізаторів у патентній літературі повідомляється також про застосування сполук феруму, мангану та алюмінію. За допомогою різних добавок можна вплинути не тільки на швидкість реакції газифікації, але і на розподіл пор за розмірами і, ймовірно, на вид та кількість кисневих поверхневих сполук. Так, при використанні сполук натрію як каталізаторів замість сполук калію, максимум в розподілі пор зміщується в область більших розмірів. Утворення ж різноманітних поверхневих кисневих сполук залежить від наступної обробки активованого вугілля. Наприклад, нагрівання на повітрі до температур трохи нижче, ніж температура запалювання, призводить до утворення кислих кисневих поверхневих сполук. Якщо підвести до нагрітого до високих температур активованого вугілля повітря, що має кімнатну температуру, утворюються основні кисневі поверхневі сполуки. Однак максимальна кількість основних груп значно нижча кількості кислих груп.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИСАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Технологічна схема виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля із деревини представлена на рисунку 4.1.

1 – подрібнювач деревини; 2 – збірник стружки; 3 – барабанна сушарка; 4, 9, 15, 17 – циклон; 5 – піч карбонізації; 6 – конденсатор; 7 – барабанний холодильник деревного вугілля; 8 – компресор; 10 – кульовий млин; 11 – класифікатор; 12 – збірник подрібненого вугілля; 13 – живильник; 14 – піч активації; 16 – трубчатий водоохолоджуючий збірник активованого вугілля; 18 – котел-утилізатор; 19 – пароперегрівач; 20 – насос; 21 – піч допалювання; 22 – конденсатор; 23 – абсорбер; 24 – економайзер; 25 – барабан.

Рисунок 4.1-Технологічна схема виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес виробництва включає наступні стадії:

Подрібнення і сушка деревини

Вихідна деревина надходить у подрібнювач деревини 1, де подрібнюється до стружки (тирси) із середнім розміром частинок 4–6 мм і подається у збірник стружки 2, а потім у барабанну сушарку, де підсушується і направляється на карбонізацію. Частинки пилеподібної деревини, які виносяться із сушарки вловлюються в циклоні 4 і направляються разом із основним потоком стружки на карбонізацію.

Карбонізація деревини

Із сушарки подрібнена деревина надходить у піч карбонізації 5 де піддається піролізу. В результаті цього утворюється деревне вугілля (карбонізат), а в газову фазу відходять леткі органічні речовини (оцтова кислота, вищі карбонові спирти, різноманітні смоли та ін.), які в подальшому конденсуються в конденсаторі 6. Окрім летких органічних речовин в газову фазу також надходять гази, які не конденсуються в конденсаторі (вуглеводні, оксиди карбону, водень), вони, після очистки, подаються на спалювання для нагріву печі карбонізації, підмішуючись до потоку природного газу, зменшуючи його витрати.

Деревне вугілля після печі карбонізації подається в барабанний холодильник 7, де воно обдуваючись повітрям охолоджується і частково подрібнюється. Повітря при цьому нагрівається і в подальшому використовується як сушильний агент при сушінні деревної стружки. У тих випадках, коли температура повітря, яке виходить із барабанного холодильника, недостатня для забезпечення необхідних параметрів процесу сушіння, передбачений його підігрів за рахунок змішування із топковими газами із печі карбонізації. Із барабанного холодильника можливе винесення пилеподібного деревного вугілля, дрібні частинки якого, перед сушінням деревної стружки, вловлюються в циклоні 9 і подаються на класифікацію.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подрібнення і класифікація

Охолоджене деревне вугілля після холодильника 7 подається на подрібнення до кульового млина 10, де з частинок із середнім розміром 4-5 мм подрібнюється до частинок із максимальним розміром 0,2 мм, Після млина деревне вугілля направляється на класифікацію (розсіювання) в ситовий класифікатор 11, де подрібненні частинки розподіляються на дві фракції: частинки з розміром меншим або рівним 0,1 мм направляються в збірник подрібненого вугілля 12 для подальшої активації, а частинки з розміром більшим 0,1 мм – на повторне подрібнення у млин. Таким чином реалізується замкнутий цикл розмелу.

Активування парогазовою сумішшю

Із збірника подрібненого вугілля 12 вугілля надходить у живильник 13, звідки, дозуючись, подається до печі активації 14 з киплячим шаром. В піч активації подається природний газ, повітря, перегріта пара та частина активаційного газу, який, виходячи із печі, проходить через циклон 15, де газ очищається від твердих частинок, які можуть виноситися із печі киплячого шару. Повернення частини активаційного газу, який містить велику кількість оксиду карбону (I) та Водню, назад в піч дозволяє знизити витрати природного газу.

Інша частина активаційного газу, проходячи через циклон 17 очищається та направляється на виробництво пари в котлі утилізаторі 18 та на перегрів пари в пароперегрівачі 19. Краплинки води, які виносяться з котла-утилізатора відділяються від пари в барабані 25. Живильна вода підігрівається за рахунок віддачі тепла відхідних газів у економайзері 24.

Після цього гази направляються на очистку: в піч допалювання 21. для зниження концентрації оксиду карбону (II), потім у конденсатор 22 для конденсації водяної пари із відхідних газів і утилізації їх теплоти та абсорбер 23, де частково поглинається оксиду карбону (IV) перед викидом в атмосферу.

Активоване вугілля із печі активації надходить у трубчатий водоохолоджуючий збірник 16, де охолоджується та направляється на фасування та упаковку.

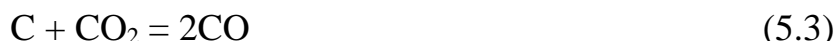
					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ІЗ СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу процесу активування

У піч активації надходить подрібнений деревний карбонізат, який піддається обробці парогазовою сумішшю. Парогазова суміш утворюється внаслідок змішування перегрітої водяної пари та продуктів горіння газів у топковому відділенні печі активації.

Процеси при активації можна описати наступними хімічними рівняннями:



Ступені перетворення для реакцій 5.1- 5.5 дорівнюють відповідно:

$$x_1 = 0,2$$

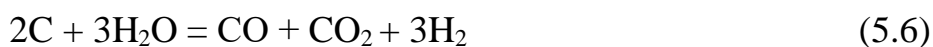
$$x_2 = 0,7$$

$$x_3 = 0,1$$

$$x_4 = 0,85$$

$$x_5 = 0,9$$

Розрахунок проведемо на 1000 кг вуглецю, який міститься у складі деревного карбонізату, для того, щоб визначити, яка маса активованого вугілля утвориться. Це дасть можливість в подальшому зробити перерахунок матеріального балансу процесу активування на задану продуктивність підприємства. Запишемо сумарне рівняння реакції вуглецю з водяною парою:



Стехіометрична маса водяної пари, що витратиться згідно із реакціями 5.1 та 5.2, складе ($m'_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O})$, кг):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m'_{\text{стех}}(H_2O) = \frac{m'(C) \cdot 3 \cdot M(H_2O)}{2 \cdot M(C)};$$

$$m'_{\text{стех}}(H_2O) = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 12} = 2250 \text{ кг.}$$

Нехай в реакцію 5.1 вступає x кг вуглецю та y кг водяної пари. Тоді на реакцію 5.2 залишиться $(1000-x)$ кг вуглецю та $(2250-y)$ кг водяної пари.

Складемо систему рівнянь:

$$\frac{x}{12} = \frac{y}{18}$$

$$\frac{1000-x}{12} = \frac{2250-y}{36}$$

Звідси, $x = 500$;

$y = 750$.

Із врахуванням ступеня перетворення, маса вуглецю, яка вступить в реакцію 5.1, складе $(m'_1(C))$, кг):

$$m'_1(C) = 500 \cdot x_1;$$

$$m'_1(C) = 500 \cdot 0,2 = 100 \text{ кг.}$$

Маса вуглецю, яка вступить в реакцію 5.2, складе $(m'_2(C))$, кг):

$$m'_2(C) = (1000 - m'_1(C)) \cdot x_2;$$

$$m'_2(C) = (1000 - 100) \cdot 0,7 = 630 \text{ кг.}$$

Маса вуглецю, яка вступить в реакцію 5.3, складе $(m'_3(C))$, кг):

$$m'_3(C) = (1000 - m'_1(C) - m'_2(C)) \cdot x_3;$$

$$m'_3(C) = (1000 - 100 - 630) \cdot 0,1 = 27 \text{ кг.}$$

Таким чином, маса активованого вугілля складе $(m'_{\text{ав}} \text{ кг})$:

$$m'_{\text{ав}} = (1000 - m'_1(C) - m'_2(C) - m'_3(C));$$

$$m'_{\text{ав}} = (1000 - 100 - 630 - 27) = 243 \text{ кг.}$$

Масова частка вуглецю в деревному карбонізаті становить 93 %.

Тоді, маса деревного карбонізату, необхідного для добування 243 кг активованого вугілля, становитиме $(m_{\text{дер.карб}} \text{ кг})$:

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m'_{\text{дер.карб.}} = \frac{1000}{0,93} = 1075,27 \text{ кг.}$$

Продуктивність підприємства за готовою продукцією складає 2000 кг/год. Складемо матеріальний баланс процесу активування в розрахунку на одну годину роботи підприємства.

Опираючись на попередні розрахунки, знайдемо масу вуглецю, необхідну Для забезпечення заданої продуктивності підприємства:

$$m(C) = \frac{2000 \cdot 1000}{243} = 8230,45 \text{ кг.}$$

За сумарною реакцією 5.6 знайдемо стехіометричну кількість водяної пари, необхідної для реакцій 5.1 та 5.2.

Стехіометрична маса водяної пари, що витратиться згідно із реакціями 5.1 та 5.2 складе ($m_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O})$, кг):

$$m_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(C) \cdot 3 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{2 \cdot M(C)};$$

$$m_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8230,45 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 12} = 18518,52 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O})$, м³):

$$V_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \cdot 22,4;$$

$$V_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18518,52}{18} \cdot 22,4 = 23045,27 \text{ м}^3$$

Враховуючи надлишок водяної пари ($N = 2,5$), що подається для реакції, її маса та об'єм складуть відповідно:

$$m_{\text{надл}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) \cdot N;$$

$$m_{\text{надл}}(\text{H}_2\text{O}) = 18518,52 \cdot 2,5 = 46296,3 \text{ кг;}$$

$$V_{\text{надл}}(\text{H}_2\text{O}) = V_{\text{стех}}(\text{H}_2\text{O}) \cdot N;$$

$$V_{\text{надл}}(\text{H}_2\text{O}) = 23045,27 \cdot 2,5 = 57613,17 \text{ м}^3$$

Нехай в реакцію 5.1 вступає x кг вуглецю та y кг водяної пари. Тоді на реакцію 5.2 залишиться $(8230,45 - x)$ кг вуглецю та $(18518,52 - y)$ кг водяної пари.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{x}{12} = \frac{y}{18}$$

$$\frac{8230,45 - x}{12} = \frac{18518,52 - y}{36}$$

Звідси, $x = 4115,23$;

$y = 6172,84$.

Із врахуванням ступеня перетворення, маса вуглецю, яка вступить в реакцію 5.1, складе ($m_1(C)$, кг):

$$m_1(C) = 4125,23 \cdot x_1;$$

$$m_1(C) = 4115,23 \cdot 0,2 = 823,05 \text{ кг.}$$

Маса водяної пари, яка прореагує згідно із реакцією 5.1, складе ($m_1(H_2O)$, кг)

$$m_1(H_2O) = \frac{m_1(C) \cdot M(H_2O)}{M(C)}$$

$$m_1(H_2O) = \frac{823,05 \cdot 18}{12} = 1234,57 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_1(H_2O)$, м³):

$$V_1(H_2O) = \frac{m_1(H_2O)}{M(H_2O)} \cdot 22,4;$$

$$V_1(H_2O) = \frac{1234,57}{18} \cdot 22,4 = 1536,35 \text{ м}^3$$

Маса оксиду карбону (II), що утвориться в результаті реакції 5.1, складе ($m_1(CO)$, кг):

$$m_1(CO) = \frac{m_1(C) \cdot M(CO)}{M(C)};$$

$$m_1(CO) = \frac{823,05 \cdot 28}{12} = 1920,44 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_1(CO)$, м³):

$$V_1(CO) = \frac{m_1(CO)}{M(CO)} \cdot 22,4;$$

$$V_1(CO) = \frac{1920,44}{28} \cdot 22,4 = 1536,35 \text{ м}^3$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса водню, що утвориться в результаті реакції 5.1, складе ($m_1(H_2)$, кг):

$$m_1(H_2) = \frac{m_1(C) \cdot M(H_2)}{M(C)};$$

$$m_1(H_2) = \frac{823,05 \cdot 2}{12} = 137,17 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_1(H_2)$, м³):

$$V_1(H_2) = \frac{m_1(H_2)}{M(H_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_1(H_2) = \frac{137,17}{2} \cdot 22,4 = 1536,35 \text{ м}^3$$

Маса вуглецю, яка прореагує згідно із реакцією 5.2, складе ($m_2(C)$, кг):

$$m_2(C) = (m(C) - m_1(C)) \cdot x_2;$$

$$m_2(C) = (8230,45 - 823,05) \cdot 0,7 = 5185,19 \text{ кг.}$$

Маса водяної пари, яка прореагує згідно із реакцією 5.2, складе ($m_2(H_2O)$, кг):

$$m_2(H_2O) = \frac{m_2(C) \cdot M(H_2O)}{M(C)}$$

$$m_2(H_2O) = \frac{5185,19 \cdot 18}{12} = 15555,56 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_2(H_2O)$, м³):

$$V_2(H_2O) = \frac{m_2(H_2O)}{M(H_2O)} \cdot 22,4;$$

$$V_2(H_2O) = \frac{15555,56}{18} \cdot 22,4 = 19358,02 \text{ м}^3$$

Маса оксиду карбону (IV), що утвориться в результаті реакції 5.2, складе ($m_2(CO_2)$, кг):

$$m_2(CO_2) = \frac{m_2(C) \cdot M(CO_2)}{M(C)};$$

$$m_2(CO_2) = \frac{5185,19 \cdot 44}{12} = 19012,35 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_2(CO_2)$, м³):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_2(CO_2) = \frac{m_2(CO_2)}{M(CO_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_2(CO_2) = \frac{19012,35}{44} \cdot 22,4 = 9679,01 \text{ м}^3$$

Маса водню, що утвориться в результаті реакції 5.2, складе ($m_2(H_2)$, кг):

$$m_2(H_2) = \frac{m_2(C) \cdot M(H_2)}{M(C)};$$

$$m_2(H_2) = \frac{5185,19 \cdot 2}{12} = 137,17 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_2(H_2)$, м^3):

$$V_2(H_2) = \frac{m_2(H_2)}{M(H_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_2(H_2) = \frac{1728,40}{2} \cdot 22,4 = 19358,02 \text{ м}^3$$

Маса вуглецю, яка прореагує згідно із реакцією 5.3, складе ($m_3(C)$, кг):

$$m_3(C) = (m(C) - m_1(C) - m_2(C)) \cdot x_3;$$

$$m_3(C) = (8230,45 - 823,05 - 5185,19) \cdot 0,1 = 222,22 \text{ кг};$$

Маса оксиду карбону (IV), що прореагує згідно із реакцією 5.2, складе ($m_3(CO_2)$, кг):

$$m_3(CO_2) = \frac{m_3(C) \cdot M(CO_2)}{M(C)};$$

$$m_3(CO_2) = \frac{222,22 \cdot 44}{12} = 814,81 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_3(CO_2)$, м^3):

$$V_3(CO_2) = \frac{m_3(CO_2)}{M(CO_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_3(CO_2) = \frac{814,81}{44} \cdot 22,4 = 414,81 \text{ м}^3$$

Маса оксиду карбону (II), що утвориться в результаті реакції 5.3, складе ($m_3(CO)$, кг):

$$m_3(CO) = \frac{m_3(C) \cdot M(CO)}{M(C)};$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_3(CO) = \frac{222,22 \cdot 28}{12} = 1037,04 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_3(CO)$, м^3):

$$V_3(CO) = \frac{m_3(CO)}{M(CO)} \cdot 22,4;$$

$$V_3(CO) = \frac{1037,04}{28} \cdot 22,4 = 829,63 \text{ м}^3$$

Враховуючи, що масова частка вуглецю в деревному карбонізаті становить 93 %, його маса, необхідна для добування 2000кг активованого вугілля, становитиме ($m_{\text{дер.карб.}}$, кг):

$$m_{\text{дер.карб.}} = \frac{m(C)}{0,93},$$

$$m_{\text{дер.карб.}} = \frac{8230,45}{0,93} = 8849,95 \text{ кг.}$$

Частина відхідних газів (ϕ - 20%) буде повертатися в піч активації для спалювання. Це відображають реакції 5.4 та 5.5.

Маса оксиду карбону (II), який буде повертатися у піч активації для спалювання ($m_{\text{поверн}}(CO)$, кг):

$$m_{\text{поверн}}(CO) = (m_1(CO) + m_3(CO)) \cdot \phi;$$

$$m_{\text{поверн}}(CO) = (1920,44 + 1037,04) \cdot 0,2 = 591,5 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_{\text{поверн}}(CO)$, м^3):

$$V_{\text{поверн}}(CO) = \frac{m_{\text{поверн}}(CO)}{M(CO)} \cdot 22,4;$$

$$V_{\text{поверн}}(CO) = \frac{591,5}{28} \cdot 22,4 = 473,2 \text{ м}^3$$

Маса оксиду карбону (II), що прореагує згідно із реакцією 5.4, складе ($m_4(CO)$, кг):

$$m_4(CO) = (m_1(CO) + m_3(CO)) \cdot \phi \cdot x_4;$$

$$m_4(CO) = (1920,44 + 1037,04) \cdot 0,2 \cdot 0,85 = 502,77 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_4(CO)$, м^3):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_4(CO) = \frac{m_4(CO)}{M(CO)} \cdot 22,4;$$

$$V_4(CO) = \frac{502,77}{28} \cdot 22,4 = 473,2 \text{ м}^3$$

Маса кисню, необхідного на спалювання оксиду карбону (II) згідно із реакцією 5.4, складе ($m_4(O_2)$, кг):

$$m_4(O_2) = \frac{m_4(CO) \cdot 0,5 \cdot M(O_2)}{M(CO)};$$

$$m_4(O_2) = \frac{502,77 \cdot 0,5 \cdot 32}{28} = 287,3 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_4(O_2)$, м³):

$$V_4(O_2) = \frac{m_4(O_2)}{M(O_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_4(O_2) = \frac{287,3}{32} \cdot 22,4 = 201,11 \text{ м}^3$$

Маса оксиду карбону (IV), що утвориться в результаті реакції 5.4, складе ($m_4(CO_2)$, кг):

$$m_4(CO_2) = \frac{m_4(CO) \cdot M(CO_2)}{M(CO)};$$

$$m_4(CO_2) = \frac{502,77 \cdot 44}{28} = 790,07 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_4(CO_2)$, м³):

$$V_4(CO_2) = \frac{m_4(CO_2)}{M(CO_2)} \cdot 22,4;$$

$$V_4(CO_2) = \frac{790,07}{44} \cdot 22,4 = 402,22 \text{ м}^3$$

Маса водню, який буде повертатися у піч активації для спалювання ($m_{\text{поверн}}(H_2)$, кг):

$$m_{\text{поверн}}(H_2) = (m_1(H_2) + m_2(H_2)) \cdot \varphi;$$

$$m_{\text{поверн}}(H_2) = (137,17 + 1728,4) \cdot 0,2 = 373,11 \text{ кг.}$$

В перерахунку на об'єм ($V_{\text{поверн}}(H_2)$, м³):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{поверн}}(H_2) = \frac{m_{\text{поверн}}(H_2)}{M(H_2)} \cdot 22,4 ;$$

$$V_{\text{поверн}}(H_2) = \frac{373,11}{2} \cdot 22,4 = 4178,88 \text{ м}^3$$

Маса водню, що прореагує згідно із реакцією 5.5, складе ($m_5(H_2)$, кг):

$$m_5(H_2) = (m_1(H_2) + m_2(H_2)) \cdot \varphi \cdot x_5 ;$$

$$m_5(H_2) = (137,17 + 1728,4) \cdot 0,2 \cdot 0,9 = 335,8 \text{ кг}.$$

В перерахунку на об'єм ($V_5(H_2)$, м^3):

$$V_5(H_2) = \frac{m_5(H_2)}{M(H_2)} \cdot 22,4 ;$$

$$V_5(H_2) = \frac{335,8}{2} \cdot 22,4 = 3760,99 \text{ м}^3$$

Маса кисню, необхідного на спалювання водню згідно із реакцією 5.5, складе ($m_5(O_2)$, кг):

$$m_5(O_2) = \frac{m_5(H_2) \cdot 0,5 \cdot M(O_2)}{M(H_2)} ;$$

$$m_5(O_2) = \frac{335,8 \cdot 0,5 \cdot 32}{2} = 2686,42 \text{ кг}.$$

В перерахунку на об'єм ($V_5(O_2)$, м^3):

$$V_5(O_2) = \frac{m_5(O_2)}{M(O_2)} \cdot 22,4 ;$$

$$V_5(O_2) = \frac{2686,42}{32} \cdot 22,4 = 1880,49 \text{ м}^3$$

Маса водяної пари, що утвориться в результаті реакції 5.5, складе ($m_5(H_2O)$, кг):

$$m_5(H_2O) = \frac{m_5(H_2) \cdot M(H_2O)}{M(H_2)}$$

$$m_5(H_2O) = \frac{335,8 \cdot 18}{2} = 3022,22 \text{ кг}.$$

В перерахунку на об'єм ($V_5(H_2O)$, м^3):

$$V_5(H_2O) = \frac{m_5(H_2O)}{M(H_2O)} \cdot 22,4 ;$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розбаланс $\Delta = 0,11 \%$.

5.2 Розрахунок теплового балансу процесу активування

Теплові ефекти реакцій 5.1-5.5 становлять відповідно:

$$\Delta H = +131,28 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H = +90,11 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H = +172,45 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H = -282,98 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H = -241,81 \text{ кДж/моль}$$

Температура водяної пари:

$$t_{\text{ен}} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура карбонізату:

$$t_{\text{карб}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура повітря:

$$t_{\text{нов}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура відхідних газів:

$$t_{\text{вг}} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура активованого вугілля:

$$t_{\text{ав}} = 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теплоємності речовин за стандартних умов наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2-Теплоємність речовин за стандартних умов

Речовина	C_p^{298} , Дж/мольК
C	8,54
H ₂ O	33,61
CO ₂	37,11
CO	29,14
H ₂	28,83
O ₂	29,37
N ₂	29,12

Теплоємність вуглецю при 900°C становить:

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_p^{298}(C) = 21,83 \text{ Дж/моль К}$$

Теплоємність вуглецю при 80 °С становить:

$$C_p^{80}(C) = 11,69 \text{ Дж/моль К}$$

Теплоємність водяної пари при 500 °С становить:

$$C_p^{500}(C) = 38,33 \text{ Дж/моль К}$$

Теплоємність повітря при 20 °С становить:

$$C_p^{20}(\text{пов}) = 29,17 \text{ Дж/моль К}$$

Теплоємності речовин, що містять у відхідних газах і їх теплоємність при 1100°С наведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 Теплоємність компонентів відхідних газів при 1100 С.

Компонент відхідних газів	C_p^{1100} , Дж/моль К
H ₂ O	44,72
CO ₂	56,10
CO	34,01
H ₂	31,78
O ₂	35,91
N ₂	33,74

Теплоємність відхідних газів при 1100 °С, розрахована за правилом адитивності, становить:

$$C_p^{1100}(\text{в.г.}) = 18,63 \text{ Дж/моль К}$$

За умовою теплового балансу де

$$Q_{\text{приходу}} = Q_{\text{витрат}}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12}$$

Q₁- кількість теплоти, яка вноситься з карбонізатом, кДж;

Q₂- кількість теплоти, яка вноситься з водяною парою, кДж;

Q₃- кількість теплоти, яка вноситься з повітрям, кДж;

Q₄- кількість теплоти, яка вноситься газами, які повертаються, кДж;

Q₅- кількість теплоти, яка виділяється в результаті реакції 5.4, кДж;

Q₆- кількість теплоти, яка виділяється в результаті реакції 5.5, кДж;

Q₇- кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.1, кДж,

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q_8 - кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.2, кДж;

Q_9 - кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.3, кДж;

Q_{10} - кількість теплоти, яка виноситься із активованим вугіллям, кДж:

Q_{11} - кількість теплоти, яка виноситься з відхідними газами, кДж:

Q_{12} -втрати теплоти в навколишнє середовище (5 % від сумарної теплоти, що виноситься), кДж.

Знайдемо кількість теплоти, яка вноситься з карбонізатом (Q_1 , кДж).

$$Q_1 = \frac{m_{\text{дер.карб.}}}{M(C)} \cdot C_p^{80}(C) \cdot t_{\text{карб}};$$

$$Q_1 = \frac{8849,95}{12} \cdot 11,69 \cdot 80 = 689728,01 \text{ кДж.}$$

Знайдемо кількість теплоти, яка вноситься з водяною парою (Q_2 кДж):

$$Q_2 = \frac{m_{\text{надл.}}(H_2O)}{M(H_2O)} \cdot C_p^{500}(H_2O) \cdot t_{\text{ен}};$$

$$Q_2 = \frac{46296,3}{18} \cdot 38,33 \cdot 500 = 49297913,38 \text{ кДж.}$$

Знайдемо кількість теплоти, яка вноситься з повітрям (Q_3 , кДж):

$$Q_3 = \frac{m_{\text{нов.}}}{M(\text{нов})} \cdot C_p^{20}(\text{нов}) \cdot t_{\text{нов}};$$

$$Q_3 = \frac{14339,93}{29} \cdot 29,17 \cdot 20 = 288504,57 \text{ кДж.}$$

Знайдемо кількість теплоти, яка вноситься газами, які повертаються в піч (Q_4 , кДж):

$$Q_4 = \frac{V_{\text{в.ф.}} \cdot \varphi}{V_m} \cdot C_p^{1100}(\text{в.г.}) \cdot t_{\text{вг}};$$

$$Q_4 = \frac{78238,11 \cdot 0,2}{22,4} \cdot 18,63 \cdot 1100 = 14316232,72 \text{ кДж.}$$

Знайдемо кількість теплоти, яка виділяється в результаті реакції 5.4 (Q_5 кДж):

$$Q_5 = \frac{m_4(CO)}{M(CO)} \cdot 1000 \cdot (-\Delta H_4);$$

$$Q_5 = \frac{502,77}{28} \cdot 1000 \cdot (-(-282,98)) = 5081218,38 \text{ кДж.}$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо кількість теплоти, яка виділяється в результаті реакції 5.5 (Q_6 , кДж)

$$Q_6 = \frac{m_5(H_2)}{M(H_2)} \cdot 1000 \cdot (-\Delta H_5);$$

$$Q_6 = \frac{335,8}{2} \cdot 1000 \cdot (-(-241,81)) = 40600197,53 \text{ кДж}.$$

Знайдемо кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.1 (Q_7 , кДж).

$$Q_7 = \frac{m_1(C)}{M(C)} \cdot 1000 \cdot \Delta H_1;$$

$$Q_7 = \frac{823,05}{12} \cdot 1000 \cdot 131,28 = 9004115,23 \text{ кДж}.$$

Знайдемо кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.2 (Q_8 , кДж).

$$Q_8 = \frac{m_2(C)}{M(C)} \cdot 1000 \cdot \Delta H_2;$$

$$Q_8 = \frac{5185,19}{12} \cdot 1000 \cdot 90,11 = 38936419,75 \text{ кДж}.$$

Знайдемо кількість теплоти, яка витрачається на реакцію 5.3 (Q_9 , кДж):

$$Q_9 = \frac{m_3(C)}{M(C)} \cdot 1000 \cdot \Delta H_3;$$

$$Q_9 = \frac{222,22}{12} \cdot 1000 \cdot 172,45 = 3193518,52 \text{ кДж}.$$

Знайдемо кількість теплоти, яка виноситься із активованим вугіллям (Q_{10} , кДж):

$$Q_{10} = \frac{m_{a.6}}{M(C)} \cdot C_p^{900}(C) \cdot t_{a6};$$

$$Q_{10} = \frac{2000}{12} \cdot 21,83 \cdot 900 = 3275180,77 \text{ кДж}.$$

Знайдемо кількість теплоти, яка виноситься з відхідними газами (Q_{11} , кДж):

$$Q_{11} = \frac{V_{6.2.}(H_2O)}{Vm} \cdot C_p^{1100}(6.2.) \cdot t_{62};$$

$$Q_{11} = \frac{78238,11}{22,4} \cdot 18,63 \cdot 1100 = 71581163,58 \text{ кДж}.$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо втрати теплоти в навколишнє середовище (Q_{12} , кДж):

$$Q_{12} = (Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11}) \cdot 0,05;$$

$$Q_{12} = 110273794,59 \cdot 0,05 = 6299519,89 \text{ кДж.}$$

Результати розрахунку теплового балансу зведемо у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4-Тепловий баланс процесу активування

Позначення	кДж	%	Позначення	кДж	%
Q_1	689728,01	0,52	Q_7	9004115,23	6,81
Q_2	49297913,38	37,27	Q_8	38936419,75	29,43
Q_3	288504,57	0,22	Q_9	3193518,52	2,41
Q_4	14316232,72	10,82	Q_{10}	3275180,77	2,48
Q_5	5081218,38	3,84	Q_{11}	71581163,58	54,11
Q_6	40600197,53	30,69	Q_{12}	6299519,89	4,76
Q_{13}	13 22016123,15	16,64			
Всього	132289917,7	100	Всього	132289917,7	100

де Q_{13} - кількість теплоти, яку потрібно підвести, кДж.

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратний коефіцієнт – відношення прямих матеріальних витрат (сировини, матеріалів, напівпродуктів та енергоресурсів) на одиницю готової продукції.

Виратний коефіцієнт за деревним карбонізатом становить:

$$\beta_{\text{карб.}} = \frac{m_{\text{дер.карб.}}}{m_{\text{а.в.}}} = \frac{8849,95}{2000} = 4,4$$

Виратний коефіцієнт за водяною парою становить:

$$\beta_{\text{в.п.}} = \frac{m_1(H_2O) + m_2(H_2O)}{m_{\text{а.в.}}} = \frac{16790,12}{2000} = 8,4$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

В цьому розділі проводиться розрахунок та вибір основних реакторів, а та- кож допоміжного технологічного обладнання.

6.1 Розрахунок основного апарату

У технології виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля основним апаратом являється піч активації. Використання в якості печей активації печей киплячого шару дозволяє забезпечити високу продуктивність процесу та знизити час активування вугілля у порівнянні із обертовими або поличними печами. Крім того, завдяки інтенсивному перемішуванню в киплячому шарі зростає швидкість процесу активації.

Печі киплячого шару призначені для теплової обробки пастоподібних та рідких матеріалів. Тиск у таких апаратах близький до атмосферного. Середній розмір частинок псевдо зрідженого шару повинен знаходитися в діапазоні 0,04-0,4 мм.

Піч киплячого шару являє собою апарат циліндричної, циліндрично- конічної або призматичної форми, розділений опорно-розподільною решіткою на робочу і газорозподільну камери. В робочій камері на опорно-розподільній решітці знаходиться продукт, який обробляють або інертний носій. В апараті використовують перфоровану або ковпачкову опорно-розподільну решітку для переводу продукту в псевдозріджений стан.

Для обслуговування апарату і нагляду за процесом передбачені оглядові вікна і лази. Передбачена також можливість вимірювання температури газів в газорозподільній камері, на виході з апарату та температури киплячого шару. Пристрої безпеки (запобіжні клапани, розривні мембрани та ін.) встановлюють, як правило, за межами апарату на технологічних трубопроводах.

Потік газу («зріджуючого» агенту), проходячи через опорно-розподільну решітку, переводить продукт, який обробляють, в псевдозріджений (киплячий) стан.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон псевдозрідження обмежений швидкостями початку псевдозрідження і виносу продукту. В якості «зріджуючого» агенту використовують продукти спалювання палива, водяну пару та повітря.

Сировину подають в апарат за допомогою розпилюючих форсунок (розчини, суспензії), грануляторів (пасти) та різноманітних дозувальних пристроїв (порошки, зернисті матеріали).

Продукт, який пройшов теплову обробку, вивантажується із апарату секторними засувами або об'ємними гвинтовими вивантажувачами, після чого направляється на подальшу обробку або фасування.

Запилені гази, які виходять із печі, очищаються в циклонах, рукавних фільтрах, електрофільтрах або в апаратах мокрої очистки. Метод очистки відхідних газів залежить від ступеня очистки газів, який потрібно досягти.

Такі печі працюють у безперервному режимі з автоматизованим керуванням.

Проведемо розрахунок основних розмірів печі [25].

Вихідні дані

Продуктивність печі $P = 48$ т/добу;

Насипна густина продукту $\rho_n = 530$ кг/м³;

Лінійна швидкість газового потоку $\omega = 0,8$ м/с;

Ступінь перетворення за основною реакцією $\eta = 0,7$;

Масова частка вуглецю в деревному карбонізаті $C(C) = 0,93$;

Вміст оксиду карбону (IV) у відхідних газах $C(CO_2) = 0,12$;

Температура киплячого шару $T = 1173$ К;

1. Подова інтенсивність роботи печі (I , т/(м² добу)) визначимо за рівнянням:

$$I = \frac{34465 \cdot C(CO_2) \cdot \omega}{C(C) \cdot \eta \cdot T};$$

$$I = \frac{34465 \cdot 0,12 \cdot 0,8}{0,93 \cdot 0,7 \cdot 1173} = 4,33 \text{ т/(м}^2 \cdot \text{добу)}.$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Площа поперечного перерізу печі (F, м) становить:

$$F = \frac{\Pi}{I};$$

$$F = \frac{48}{4,33} = 11,08 \text{ м}^2.$$

3. Діаметр печі (D, м) буде рівний:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}};$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 11,08}{3,14}} = 3,76 \text{ м}.$$

4. Гідравлічний опір шару матеріалу розрахуємо за формулою:

$$\Delta P = g \cdot \rho_n \cdot H_0$$

де g – прискорення вільного падіння, кг м/с²;

ρ_n – насипна густина продукту, кг/м³;

H₀ – висота нерухомого шару, м.

$$\Delta P = 9,8 \cdot 530 \cdot 1 = 5194 \text{ Па}$$

5. Об'єм печі (V_п м³) становитиме:

$$V_n = \frac{V_{в.г} \cdot \tau \cdot T_{кш}}{3600 \cdot T_0}$$

де V_{вг} - витрата відхідних газів при робочій температурі, м³/год:

τ - час реакції однієї частинки, с;

T_{кш} - температура киплячого шару, К;

T₀ - нормальна температура, К.

$$V_n = \frac{77749,24 \cdot 1 \cdot 1173}{3600 \cdot 273} = 92,3 \text{ м}^3$$

6. Висота печі (H, м) буде становити:

$$H = \frac{V_n}{F};$$

$$H = \frac{92,8}{11,08} = 8,37 \text{ м}$$

Обираємо піч із висотою H = 8,4 м та діаметром D = 3,8 м.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Розрахунок та вибір додаткового технологічного обладнання

Підібрати насос для перекачування води при температурі 80 °С з відкритої ємності в апарат, що працює під надмірним тиском 3 МПа. Витрата води становить $Q = 0,0093 \text{ м}^3/\text{с}$. Геометрична висота підйому води (H_r) 4 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування ($l_{вс}$) 10 м, на лінії нагнітання ($l_{нг}$) 8 м. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено один прямооточний вентиль. На лінії нагнітання є один нормальний вентиль та є 2 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби. [13]

1. Вибір трубопроводу

Для всмоктувального і нагнітального трубопроводу приймемо однакову лінійну швидкість води ω що дорівнює 2 м/с.

Тоді діаметр (d , м) рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}};$$
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0093}{3,14 \cdot 2}} = 0,077 \text{ м}$$

Вибираємо сталевий трубопровід із зовнішнім діаметром 80 мм і товщиною стінки 4 мм [27]. Тоді внутрішній діаметр $d = 72 \text{ мм} = 0,072 \text{ м}$.

Фактична швидкість води в трубі складе:

$$\omega = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2};$$
$$\omega = \frac{4 \cdot 0,0093}{3,14 \cdot 0,072^2} = 2,28 \text{ м/с}$$

Приймемо, що трубопровід сталевий, корозія незначна.

2. Визначення втрат на тертя і місцеві опори

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu};$$

ρ - густина води при 80 °С, кг/м:

μ - динамічна в'язкість води при 80 °С, Па·с;

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Re = \frac{2,28 \cdot 0,072 \cdot 972}{0,3565 \cdot 10^{-3}} = 448402$$

Це значення критерію Рейнольдса вказує на турбулентний режим.

Абсолютну шорсткість трубопроводу А приймаємо рівною $2 \cdot 10^{-4}$ м.

Тоді

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,072} = 0,0028$$

Далі отримаємо:

$$\frac{560 \cdot 1}{e} = 201600 ;$$

$$\frac{10 \cdot 1}{e} = 3600 ;$$

$$3600 < Re < 201600$$

Отже, у трубопроводі має місце змішане тертя, тому розрахунок λ слід про водити за формулою:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{448402} \right) = 0,026$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктувальної і нагнітальної ліній.

Для всмоктувальної лінії:

1) Вхід в трубу (приймаємо з гострими краями): $\zeta_1 = 0,5$

2) Прямоточні вентиля: для $d = 0,065$ м $\zeta_\alpha = 0,65$, для $d = 0,076$ м $\zeta_\alpha = 0,6$.

Інтерполяцією знаходимо для $d = 0,072$ $\zeta_\alpha = 0,6318$.

Помноживши на поправочний коефіцієнт 0,925, одержуємо $\zeta_2 = 0,584$

$$\sum \zeta_{mc} = \zeta_1 + \zeta_2 = 0,5 + 0,584 = 1,084$$

Втрачений напір ($h_{вс,м}$) у всмоктувальній лінії знаходимо за формулою:

$$h_{вс} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{mc} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} ;$$

$$h_{вс} = \left(0,026 \cdot \frac{10}{0,072} + 1,084 \right) \cdot \frac{2,28^2}{2 \cdot 9,81} = 1,23 \text{ м}$$

Для нагнітальної лінії:

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Відведення під кутом 90° : коефіцієнт $A = 1$, коефіцієнт $B = 0,09$: Звідси $\zeta_1 = 0,09$.

2) Вентилі: для $d = 0,04\text{ м}$ $\zeta_1 = 4,9$; для $d = 0,08$ $\zeta_1 = 4,0$.

Приймаємо для $d = 0,072\text{ м}$ $\zeta_2 = 4,18$.

3) Вихід з труби: $\zeta_3 = 1$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії

$$\sum \zeta_{\text{нз}} = 2 \cdot \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 2 \cdot 0,09 + 4,18 + 1 = 5,36$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії ($h_{\text{нг,м}}$):

$$h_{\text{нз}} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{\text{нз}} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g};$$

$$h_{\text{нз}} = \left(0,026 \cdot \frac{8}{0,072} + 5,36 \right) \cdot \frac{2,28^2}{2 \cdot 9,81} = 2,18\text{ м}$$

Загальні втрати напору ($h_{\text{вт,м}}$):

$$h_{\text{вт}} = h_{\text{вс}} + h_{\text{нз}};$$

$$h_{\text{вт}} = 1,23 + 2,18 = 3,41\text{ м}$$

3. Вибір насоса [13]

Знаходимо напір (H , м) насоса за формулою:

$$H = \frac{(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g} + H_z + h_{\text{вт}};$$

де p_1 - тиск в апараті, з якого перекачується рідина, Па;

p_2 - тиск в апараті, в який подається рідина, Па;

$$H = \frac{(1 - 0,3) \cdot 10^6}{972 \cdot 9,81} + 4 + 3,41 = 79,6\text{ м.}$$

Визначимо корисну потужність насоса ($N_{\text{п}}$, кВт):

$$N_n = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h;$$

$$N_n = 972 \cdot 9,81 \cdot 0,0093 \cdot 79,6 = 7058,8\text{ Вт.} = 7\text{ кВт}$$

Приймаючи ККД передачі $\eta_{\text{пер}} = 1$ і $\eta_{\text{н}} = 0,65$ знайдемо потужність на валу двигуна (N , кВт):

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{N_n}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_n} = \frac{7}{1 \cdot 0,65} \approx 11 \text{ кВт.}$$

Необхідним характеристикам більше всього відповідає відцентровий моблочний насос марки Х90/85, для якого $Q = 0,025 \text{ м}^3/\text{с}$. $H = 85 \text{ м}$, $\eta_n = 0,65$. Насос забезпечений електродвигуном типу АО-2-91-2 потужністю $N_n - 75 \text{ кВт}$, ККД двигуна $\eta_{\text{дв}} = 0,89$. Частота обертання валу $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Обмежені можливості людського організму знижують потенціал інтенсифікації виробництва. Наступає новий етап машинного виробництва, коли людина звільняється від особистої участі у виробництві, а функції керування технологічними й виробничими процесами передаються автоматичним пристроям. Автоматизація призводить до поліпшення головних показників ефективності виробництва: збільшення продуктивності, поліпшення якості й зниження собівартості продукції, що виробляється.

Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браків та відходів, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності основних робітників, зниження капітальних витрат на будівництво будівель, продовження міжремонтних термінів експлуатації устаткування. Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря промисловими викидами.

У хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, високою чутливістю їх до порушення режиму, швидкістю умов роботи, вибухонебезпечністю та пожежонебезпекою речовин, що переробляють.

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль та регулювання температури сушильного агента в сушарці;
- контроль та регулювання температури в печі карбонізації;
- контроль та регулювання співвідношення витрат метан : повітря в печі

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- контроль та регулювання температури в печі активації;
- контроль та регулювання співвідношення витрат метан : повітря в печі активації;
- контроль та регулювання температури водяної пари, що подається в піч активації;
- контроль та регулювання витрати водяної пари, що подається в піч активації;
- контроль концентрації оксиду карбону (II) перед викидом в атмосферу;
- контроль витрати димових газів.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл. 7.1.

Параметри регулювання та контролю наведені в таблиці 7.1

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Сушильний агент перед входом в сушарку	Температура	150 °C	Контроль, регулювання
2	Деревина в печі карбонізації	Температура	500 °C	Контроль, регулювання
3	Метан : повітря в печі карбонізації	Співвідношення витрат		Контроль, регулювання
4	Деревне вугілля в печі активації	Температура	900 °C	Контроль, регулювання
5	Метан : повітря в печі активації	Співвідношення витрат		Контроль, регулювання
6	Водяна пара перед подачею у піч активації	Температура	500 °C	Контроль, регулювання
7	Водяна пара перед подачею у піч активації	Витрата		Контроль, регулювання
8	Відхідні гази після печі допалювання	Концентрація	20 мг/м ³	Контроль, регулювання
9	Відхідні гази перед викидом в атмосферу	Витрата		Контроль

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля

Для контролю та регулювання температури сушильного агента в сушарці та температури водяної пари, що подається в піч активації, передбачено контури 1 та 6, до складу яких входять термоелектричні перетворювачі (1-1, 6-1); реєструвальні вторинні прилади (1-2, 6-2); блоки регулювання (1-3, 6-3); пускачі магнітні безконтактні реверсивні (МП1, МП6); кнопки запобіжного вимикання магнітних пускачів (SA1, SA6); електричні виконавчі механізми (1-4, 6-4).

Для контролю та регулювання температури в печі карбонізації та печі активації передбачено контури 2, 4 відповідно, які складаються з термоелектричних перетворювачів (2-1, 4-1); автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний вторинний прилад і вбудованим регулятором (2-2, 4-2); пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП2, МП4); кнопок запобіжного вимикання магнітних пускачів (SA2, SA4); багатообертових електричних виконавчих механізмів (2-3, 4-3);

Для контролю та регулювання співвідношення витрат метан : повітря в печі карбонізації та печі активації передбачено контури 3, 5, які складаються з вихрових електромагнітних перетворювачів витрати газів (3-1, 3-2, 5-1, 5-2); мікропроцесорних регуляторів співвідношення (3-3, 5-3); пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП3, МП5); кнопок запобіжного вимикання магнітних пускачів (SA3, SA5); багатообертових електричних виконавчих механізмів (3-4, 5-4).

Контроль та регулювання витрати водяної пари, що подається в піч активації, реалізується за допомогою контура 7, який містить такі засоби автоматизації : діафрагма камерна (7-1); пневматичний передавальний перетворювач тиску (7-2); прилад вторинний показувальний зі станцією керування (7-3); регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний (7-4); пневматичний виконавчий механізм (7-5).

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою контура 8 здійснюється контроль та регулювання концентрації оксиду карбону (II) перед викидом в атмосферу. Він складається із первинного перетворювача газоаналізатора (8-1); прилада вторинного показувального, реєструвального (8-2); електричного регулятора (8-3); пускача магнітного безконтактного реверсивного (МП7); кнопки запобіжного вимикання магнітного пускача (SA7); електричного виконавчого механізму (8-4).

Для контролю витрати димових газів передбачено контур 9, який складається із наступних засобів автоматизації: діафрагми камерної (9-1); пневматичного передавального пристрою (9-2); вторинного показувального і реєструвального приладу (9-3).

Керування роботою електродвигуна М1, здійснюється за допомогою магнітного пускача (МП8); кнопки запобіжного вимикання (SA8); посту управління кнопкового (SB1, SB2); сигнальної лампи світлодіодної із зеленим індикатором (HL1) та сигнальної лампи світлодіодної із червоним індикатором (HL2). Специфікацію на використані технічні засоби автоматизації наведено у додатку А.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

У даному розділі приводяться відомості щодо екологічної безпеки виробництва активованого деревного вугілля із деревини шляхом її карбонізації. Проводиться аналіз відходів виробництва, а також можливі шляхи їх утилізації.

8.1 Аналіз відходів підприємства

Вихідною сировиною для виробництва активованого вугілля є деревина. Деревина піддається піролізу і утворюється деревний карбонізат, при активації якого утворюється активоване вугілля. Активація деревного карбонізату проводиться в середовищі вуглекислого газу та водяної пари. При цьому внаслідок взаємодії вуглекислого газу та водяної пари з вуглецем карбонізату може утворюватися оксид карбону (II) за реакціями 5.1 та 5.3. Оксид карбону (II) може утворюватися і при піролізі деревини.

Оксид карбону (II) або чадний газ високотоксичний газ, його ГДК складає 20 мг/м або 0,0016%, без кольору та запаху. Отруйна дія CO заснована на тому, що він утворює стійку білкову сполуку з гемоглобіном крові, яка блокує кисень та перешкоджає кисневому обміну в організмі. Чадний газ також є тканинною отрутою.

Окрім оксиду карбону (II) в процесі карбонізації, при активації деревного карбонізату, а також в результаті спалювання природного газу утворюється оксид карбону (IV). І хоча він не є токсичним і не має нормованої ГДК, він несе екологічну загрозу, оскільки його відносять до парникових газів, а підвищення його концентрації в атмосфері вважають однією із причин глобального потепління.

Оксид карбону (IV) - нетоксичний безбарвний негорючий газ із слабким кислуватим запахом та смаком. Безпосередньої токсичної дії на організм людини не спричиняє, але при підвищенні його концентрації більше 3% зростає частота дихання, з'являється головний біль, підвищується артеріальний тиск

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі виробництва утворюються газоподібні відходи, твердих та рідких відходів на підприємстві не передбачається.

Фізико-хімічні властивості газових викидів підприємства в процесі його діяльності наведені в таблиці 8.1 [21].

Таблиця 8.1- Фізико-хімічні властивості газових викидів.

Характеристика	СО	СО ²
Опис	Безбарвний горючий газ, без запаху	Безбарвний газ, без запаху
Молекулярна маса, а.о.м	28,01	44,01
Густина, кг/м ³	1,25	1,96
Температура плавлення, °С	-207	-56,6
Температура кипіння, °С	-192	перегонка -78,5
Розчинність: у холодній воді, мг/дм ³ у гарячій воді, мг/дм ³	3,5	880
	0,4	24

Згідно з розрахунками матеріального балансу процесу активації деревного карбонізату, які представлені у таблиці 5.1, об'єм оксиду вуглецю (II) складає 1892,78 м³/год.

8.2 Методи очистки відхідних газів

Під час аналізу технологічної схеми виробництва активованого вугілля було виявлено, що основну загрозу екології становить оксид карбону (II).

Розчинність оксид карбону (II) невелика (за виключенням розчинності у рідкому азоті), тому методи очистки газів від СО базуються, в основному, на його окисненні в оксид карбону (IV) з його подальшим поглинанням.

Існують наступні методи очистки газу від оксиду карбону (II) [22]:

1. Конверсія з водяною парою.

Цей метод застосовують, якщо вміст оксиду карбону (II) у газі великий наприклад, у синтез-газі після конверсії метану водяною парою, в такому випадку доцільно перетворювати оксиду карбону (II) у оксид карбону (IV) шляхом конверсії з водяною парою. В основі методу покладено реакцію взаємодії окси-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ду карбону (II) з водяною парою:



2. Метанування (або гідрування).

Процес метанування використовується, якщо вміст оксиду карбону (II) в газі не більше 2 %. При цьому його залишковий вміст після очистки не перевищує 0,001 %. Метанування здійснюють за реакцією:

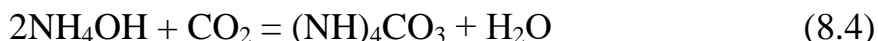


3. Очистка шляхом абсорбцією мідно-аміаковими розчинами.

Цей метод використовують для тонкої та повної очистки газу від оксиду карбону (II). В основу методу покладено абсорбцію мідно-аміачними розчинами. Частіше всього використовують розчин форміату (ацетату та карбонату) міді. Процес проводять в абсорберах. При цьому перебігають такі реакції:



Розчин має слабколужний характер, тому одночасно поглинається CO_2



4. Очистка рідким азотом.

Цей процес являє собою фізичну абсорбцію. При реалізації даного методу разом із оксидом карбону (II) поглинаються і інші компоненти газової суміші. Цей процес найчастіше використовують в технології зв'язаного азоту.

5. Каталітичне окиснення до оксиду карбону (IV).

Процес заснований на каталітичному окисненні оксиду карбону (II) киснем повітря до оксиду карбону (IV) на селективних каталізаторах.

Для очистки газових викидів від оксиду карбону (II) в процесі виробництва активованого вугілля обрано саме метод каталітичного окиснення до оксиду карбону (IV), як найбільш раціональний, враховуючи простоту апаратурного оформлення та реагентну базу, необхідну для проведення даного методу

8.3 Екологізація виробництва

Очистка викидних газів від оксиду карбону (II) методом його каталітич-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ного окиснення до оксиду карбону (IV), базується на реакції:



Даний процес є каталітичним. В якості каталізатора можна застосовувати мідь із носієм $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (вміст міді 1-3%).

Процес є необоротним. Підвищення температури та тиску збільшує швидкість процесу. Але для зменшення витрат теплової та електричної енергії зазвичай проводять при атмосферному тиску і температурі, яка дещо перевищує запалювання каталізатора. Окиснення CO проводять при надлишку кисню, що сприяє підвищенню швидкості процесу.

Параметри процесу очистки:

- тиск 1 атм;
- температура очистки 350 °C;
- практичний ступінь перетворення $x_{\text{пр}} = 0,97$;
- концентрація оксиду карбону (IV) в газі, що очищають 2,43 % об.

Кисень (із повітря) на окиснення подається у значному надлишку.

Ступінь перетворення складе:

$$x = x_p \cdot x_{\text{пр}} \quad (8.7)$$

де $x_{\text{пр}}$ - практичний ступінь перетворення;

x_p — рівноважний ступінь перетворення.

Так як реакція необоротна, то приймаємо $x_p = 1$:

$$x = 1 \cdot 0,97 = 0,97 \quad (8.8)$$

Знайдемо кінцеву концентрацію оксиду карбону (II):

$$C_k(\text{CO}) = C(\text{CO}) \cdot (1-x) \quad (8.9)$$

$$C_k(\text{CO}) = 0,0243 \cdot (1-0,97) = 0,000729 \% \quad (8.10)$$

Отримане значення менше ГДК, що підтверджує ефективність методу.

В якості апарату для очистки газових викидів обраним методом, пропонується використовувати піч допалювання.

Згідно матеріального балансу обираємо піч допалювання марки ДГР-10.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.2 -Технічні характеристики печі ДГР-10 [28]

Характеристика	Значення параметра
Продуктивність, м ³ /год	10000
Температура процесу опалювання, °С	800-1200
Температура відхідних газів, °С	150-200
Аеродинамічний опір, кПа	4

Постачальником печі для опалювання марки ДГР-10 є НВП "ЭкоЭнерго-Маш", Росія. (<http://www.eemkzn.ru/product/obezvrezhothodov/>).

Таким чином, розглянутий вище метод екологізації виробництва задовольняє виробничі умови, так як кінцева концентрація оксиду карбону (II) після очистки викидних газів менше встановленого значення ГДК.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В рамках проекту передбачено встановлення електрообладнання, використання електричної, механічної та теплової енергії. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами.

Всі технічні рішення було прийнято з урахуванням вимог охорони праці.

В даному розділі розроблено заходи, спрямовані на забезпечення в цеху здорових та безпечних умов праці, пожежної профілактики та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

9.1 Охорона праці

9.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці

Повітря робочої зони

Для забезпечення санітарних норм мікроклімату і належної чистоти повітря, згідно ДСН 3.3.6.042-99 і ГОСТ 12.1.005-88, технологічну схему розроблено з максимальною автоматизацією та мінімізацією безпосереднього контакту персоналу з небезпечними речовинами, а також з метою мінімізації надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони. В приміщенні встановлено припливно-витяжну вентиляцію з 12-кратним обміном повітря; передбачено зовнішнє вмикання вентиляції, що здійснюється не менше ніж за 10 хвилин до входу персоналу в приміщення.

Шафні укриття для ручного завантаження матеріалу, що пилить, вимагають створення швидкості повітря в завантажувальному отворі 0,5-1,2 м/с залежно від ступеню дисперсності та шкідливості матеріалу, що завантажується. Швидкість повітря в патрубку обмежується в діапазоні 2,5-3 м/с з метою зменшення винесення матеріалу [21].

Для підтримки необхідної температури повітря робочої зони в приміщеннях використовують опалювальні системи. Прийняті проектом санітарні норми

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів мікроклімату у приміщенні цеху, що проектується, наведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1– Параметри мікроклімату режим згідно ДСН 3.3.6.042-99

Категорія робіт по навантаженню	Допустимий параметр мікроклімату					
	Зимовий період			Літній період		
	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидк. руху повітря, м/сек	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидк. руху повітря, м/сек
1	2	3	4	5	6	7
Іб	20-24	75	≤0,2	21-28	60	≤0,2-0,5
Пб	15-21	75	≤0,4	15-27	70	≤0,1-0,3

Таблиця 9.2 — Коротка санітарна характеристика складу дрібнодисперсного активованого вугілля

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливих речовин, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м3	Клас небезпечності шкідливих речовин	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби доікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
Склад активованого вугілля	Дрібнодисперсний пил БАВ, стирання вугілля	Помірно небезпечна. Подразнювальна дія	1	3	Протипилові респіратори типу Ф-62 або У-2К		Експресні методи: газоаналізатор УГ-2. Непрямі методи: фотопиліоміри Ф-1 і Ф-2, вимірник концентрації пилу ІКП-3Д в іскробезпечному виконанні

Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, у робочих приміщеннях виконують зорові роботи середньої (IV) та грубої точності (VI). Чисельність персоналу, що виконує

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зорові роботи високої (III) точності більша, тому організацію освітлення у відділенні очистки необхідно здійснювати відповідно норм, розроблених для робіт цієї категорії, наведених у таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 — Норми освітлення для категорії робіт високої точності

Характер зорових робіт	Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		Значення КПО, %	
		Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		Комбіноване	Загальне		
Середньої точності	IVa	500	200	1,5	0,9

Для забезпечення достатнього рівня освітлення ділянок установки розділення повітря використовують прожекторне освітлення із світильниками СПО -2-200 із лампою розжарювання.

Сумарний світловий потік визначається за формулою [6]:

$$\Phi^1 = \frac{L \cdot k \cdot \Pi}{\eta_L}, \text{ лм}$$

де L - нормована яскравість, кд/м² ;

Яскравість приймаємо 0,2 кд/м² [6] для площі, яка має освітлюватись. Виробництво знаходиться на нульовій 0.00 відмітці, а сам освітлювальний пристрій буде знаходитись на висоті Н = 10 м. Освітлюватись буде ділянка площею:

$$S = A \cdot B = 24 \cdot 18 = 432 \text{ м}^2 ;$$

A = 24 м - довжина освітлювальної ділянки

B = 18 м - ширина освітлювальної ділянки.

k – коефіцієнт запасу, приймаємо k = 1,5;

η_L - коефіцієнт використання за яскравістю.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо з таблиці 9.3 [6].

При відношенні $b : h = 18:10 = 1.8$ знаходимо $\eta_L = 0,055$.

b - ширина полоси освітлення, м;

h - висота підвісу світильника, м.

Тоді

$$\Phi^1 = \frac{0,2 \cdot 1,5 \cdot 3,14}{0,055} = 17,13 \text{ лм/м}^2$$

Лампи СПО – 2 – 200 має освітити площу 432 м^2 , що при ширині полоси 18 м відповідає відстані між світильниками 24 м. Для даного розрахованого значення Φ^1 знаходимо тип лампи «Г» із світловим потоком $\Phi_L = 8300 \text{ лм}$, потужністю $P_L = 500 \text{ Вт}$ та напрузі 220 [6]. Тоді освітлювальна площа буде складати $S = 8300 : 17,13 = 484 \text{ м}^2$.

Необхідна кількість прожекторів:

$$n = \frac{K \cdot E_n \cdot S \cdot m}{P_L \cdot n_1}$$

де $K = 1,5$ – коефіцієнт при освітленості лампи;

m – коефіцієнт для прожекторів, $m = 0,2$;

E_n – нормоване значення освітленості, лк. $E_n = 100 \text{ лк}$

n_1 – кількість ламп в прожекторах, Приймаємо $n_1 = 10$;

$S = 484 \text{ м}^2$

Отже, встановлюємо 3 прожектори із 10 лампами типу «Г».

Виробничий шум і вібрація

Основними джерелами шуму та вібрації в цеху є насоси, сушарки та їх електродвигуни. Додатковий шум можуть створювати трубопроводи з великими швидкостями руху рідини та система вентиляції.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівень звуку, згідно ДСН 3.3.6.037-99, не повинен перевищувати 80 дБА.

Фактичне значення рівня звуку в виробничих приміщеннях складає від 69 до 94 дБА, що перевищує норму.

Для зменшення рівня шуму застосовано наступні заходи:

- ізоляція джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючи розповсюдженню шуму);
- акустична обробка приміщень, а зокрема, приміщення звукопоглинаючих пористих матеріалів;
- зменшення шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації деталей, що співударяються;
- архітектурно-планувальні рішення: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1.5м, з неробочої 1.2-1.5м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4.5м; мінімальна висота приміщення 5 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією нікелювання, не перевищує 25 % загальної площі цеху.

Для зменшення рівня шуму та вібрації у виробничому приміщенні передбачено наступні прийоми:

- розміщення двигунів на амортизаторах зі сталевих пружин;
- нанесення на перегородки та інші деталі вібропоглинаючих мастил, гуми, бітуму.

Для захисту працівників від безпосереднього шуму використовуються відокремлені лабораторії, де внутрішні поверхні вкриті звукоізолюючими матеріалами.

Електробезпека

Проектований цех належить до класу приміщень з особливою небезпечкою, оскільки у ньому присутні дві умови особливої небезпеки: наявність струмопровідної підлоги (металева та бетонна) та можливість одночасного дотику людини до струмопровідних частин електроустановок і металоконструкцій, що мають контакт з землею.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрообладнання в цеху живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі постійного струму з напругою 380/220В, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю.

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, справність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання.

При однофазному дотику людини до неізольованих струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}; \quad (9.1)$$

$$U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \quad (9.2)$$

де $R_{\text{л}} = (2 \div 4)$ – опір тіла людини, кОм;

$R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$I_{\text{л}}$ – електричний струм, який проходить через людину, мА;

U_{ϕ} – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82, гранично допустимі значення становлять:

$I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{л}} = 36 \text{ В}$ – змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1 \text{ с}$;

$I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{л}} = 2 \text{ В}$ – при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$.

$R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}$.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді згідно з рівняннями (9.1) – (9.2):

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,79 \text{ мА};$$

$$U_{\text{о}} = 109,79 \cdot 2 = 219,58 \text{ В.}$$

Порівнюючи розрахункове значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{дот}}$ з нормативними, робимо висновок, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Для захисту працюючих на проектуваному підприємстві реалізуються наступні заходи і засоби:

- занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- огорожувальні пристрої, суцільні огорожі для електроустановок;
- попереджувальної сигналізації та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Також проектом передбачено здійснювати наступний комплекс технічних заходів: електроізоляцію струмоведучих частин; використання електрозахисних засобів (діелектричні килимки, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки); захисне відключення електроустановок. Вимірювання опору заземлюючих пристроїв проводиться щорічно. Опір ізоляції перевіряється один раз в 3 роки.

9.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.

9.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Дрібнодисперсне активоване вугілля відноситься до речовин третього класу безпеки, згідно з ГОСТ 12.1.007-76. За фізико-хімічними властивостями

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

активоване вугілля не здійснює шкідливу дію на організм людини, але у порошкоподібному стані, як і будь-який пил, може викликати захворювання легенів. Гранично допустима концентрація пилу активованого вугілля у повітрі робочих приміщень становить 10 мг/м³. Пил активованого вугілля в повітрі стає вибухонебезпечним, при його концентрації в повітрі від 114 до 400 г/м³. Температура самозаймання такого пилу при його скупченні приблизно 260 °С.

Працівники при роботі із пилом будуть забезпечені спеціальним одягом, взуттям та індивідуальними засобами захисту. При роботі з порошкоподібним активованим вугіллям використовуватимуться протипилові респіратори типу Ф-62 або У-2К.

У процесі активування утворюються гази, що негативно впливають на організм людини, зокрема оксид карбону (I) та оксид карбону (IV).

Оксид карбону (I) (чадний газ) - це високотоксичний газ без кольору та запаху. ГДК СО - 20 мг/м³ або 0,0016% за об'ємом. При концентрації у повітрі порядку 1-1,5 мг/м³ викликає отруєння, а при перебування у середовищі з концентрацією чадного газу 2,4 мг/м³ протягом тридцяти хвилин непритомний стан. Отруйна дія СО заснована на тому, що він утворює стійку білкову сполучку з гемоглобіном крові, яка блокує кисень та перешкоджає кисневому обміну в організмі. Чадний газ також є тканинною отрутою.

Оксид карбону (IV) (вуглекислий газ) нетоксичний безбарвний негорючий газ із слабким кислуватим запахом та смаком. Безпосередньої токсичної дії на організм людини не спричиняє, але при підвищенні його концентрації більше 3% зростає частота дихання, з'являється головний біль, підвищується артеріальний тиск. Подальше зростання концентрації призводить до втрати свідомості

Для запобігання попадання пилу активованого вугілля та оксидів карбону у робочої зони, встановлюють припливно-витяжну вентиляційну систему і надійно герметизують апаратуру.

Оскільки в процесі виробництва наявні високі температури, то з метою

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запобігання термічного ураження працюючих необхідно встановлювати теплову герметизацію на апаратуру, де це необхідно [20].

9.2.2 Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі в цеху можуть бути: пошкодження електромережі механічне та в результаті хімічної дії реагентів на електрообладнання; теплова дія; перенавантаження електрообладнання та його нагрівання; прямий удар блискавки в будівлю.

Основним вірогідним місцем загоряння на виробництві є склад зберігання дрібнодисперсного активованого вугілля. Приміщення зберігання дрібнодисперсного активованого вугілля відноситься до класу В-П за пожежо- та вибухонебезпечністю. Обладнання цього приміщення відповідатиме вимогам ПУЕ. В приміщенні складу активованого вугілля заборонено палити та користуватись вогнем. Виконання електричного обладнання здійснюється в вибухозахищеному виконанні.

Протипожежними заходами передбачено: погодження проектів реконструкції із пожежною інспекцією; відкриття реконструйованих споруд лише після дозволу пожежної інспекції; експлуатацію споруд, обладнання та механізмів відповідно до протипожежних вимог (згідно з правилами, інструкціями тощо); виконання будь-яких робіт лише підготовленими, в тому числі з питань пожежної безпеки, фахівцями.

Передбачено проведення інструктажів; забезпечення споруд (відділень) засобами пожежо-охоронної сигналізації та засобами пожежогасіння; створення відповідних структур пожежогасіння, добровільних дружин та ланок пожежогасіння; затвердження заходів протипожежної профілактики.

В якості сигналізації встановлено датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. В цеху для локалізації пожежі є вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри. Протипожежне забезпечення виконане у вигляді пожежного гідранта.

Для уникнення пожеж передбачено розробити заходи пожежної безпеки

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішнього обладнання будівель, а також протипожежні пристрої (протипожежне водопостачання, блискавкозахист з використанням тросових або стрижньових блискавковідводів, розташованих на будівлі або окремо від неї; заземленням металевої покрівлі; пожежний зв'язок та системи електричної пожежної сигналізації, автоматичні установки пожежогасіння).

Таблиця 9.4 — Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів. Класифікація виробництва щодо пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування блискавкозахисту

Приміщення цеху	Приміщення цеху	дисперсного акумулятивості ГОСТ 621 7-74	Назва дільниць, приміщень, зовнішніх установок
Дерево	Машинне масло	ГОСТ 621 7-74	Речовини, що мають обіг у виробн. ГОСТ
Т	рідина	Тверда речовина	Агрегатний стан речов. в норм, умовах
Легкогорюче	горючий	Горюче	Горючість, займистість
-	200	200	Температура спалаху
190-230	160	650	Температура застудіння
270-280	380	457	Температура самозаймання
-	-	-	% об'ємних
-	-	-	Мг/м³
Па	Пб	-	Категорія
Т3	-	-	Група
Вода, піна	Вода, вогнегасники вуглекислотні ВВ-5, пінні	Пінний вогнегасник (ОХП)	Вогнегасні засоби
Б	Г	В-Па	Категорія приміщення за ОНП 24-86
-	-	Сухе; нормальне; заповнене; без підвищеної небезпечності	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПУЕ
Па	Па	Зона А, категорія І	Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштуванню блискавкозахисту згідно з СН 305-77

9.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта

Згідно Положення «про план локалізації і ліквідацію надзвичайних ситуацій», цех виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля за потенційними масштабами аварійних ситуацій відноситься до категорії «В».

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надзвичайні ситуації можуть виникнути у випадку: виходу з ладу механічного та електричного обладнання, займання або самозаймання речовин, виходу з ладу вентиляції.

В разі аварійної ситуації забороняється допускати сторонніх осіб в небезпечну зону. Особи, які зайняті ліквідацією аварій, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту. При виникненні пожежі потрібно викликати пожежну службу та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння. Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку допомогу. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

Оцінка надійності захисту робітників і службовців об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю та за захисними властивостями.

Таблиця 9.5 – Характеристики захисних споруд.

Тип, номер захисної споруди	Площа приміщень, м ²		Висота приміщень	Аварійний вихід
	Людей з санітарним постом	Допоміжні		
		ФВП, санвузли		
Сховище 1	52	12	2,4	є

Наявність основних і допоміжних приміщень:

Сховище 1 відповідає нормам.

Розрахункова місткість захисних споруд за площею:

На одну людину передбачена площа 0,5 м² при висоті приміщення 2,4 м.

$$M_0 = \frac{52-2}{0,5} = 100 \text{ ос.}, \text{ де } 2 \text{ м}^2 \text{ виділено на санвузли.}$$

Розрахункова місткість за об'ємом приміщень:

На одну людину передбачений об'єм 1,5 м³:

$$M_0 = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(52+12) \cdot 2,4}{1,5} = 103 \text{ ос.}$$

Коефіцієнт місткості:

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_M = \frac{M}{N} = \frac{100}{20} = 5,$$

де N – кількість працівників найбільшої зміни.

Визначаємо потрібну кількість двох'ярусних нар у приміщеннях для людей:

$$H = \frac{M}{5} = \frac{103}{5} = 21 \text{ нар}$$

Висновок: $K_M > 1$, тобто захисні споруди дозволяють розмістити всіх працівників. Слід придбати 24 двох'ярусних нар для захисних споруд.

Вихідні дані для оцінки захисних властивостей споруди :

- віддаленість об'єкта від точки прицілювання $R_r = 2,5$ км;
- очікувана потужність ядерного боєприпаси $q = 200$ кт;
- вид вибуху – наземний;
- ймовірне максимальне відхилення центру вибуху боєприпаси від точки прицілювання $r_{\text{відх}} = 0,5$ км;
- швидкість середнього вітру $V_{\text{св}} = 100$ км/год;
- напрям середнього вітру – у бік об'єкта;
- конструкції захисних споруд розраховані на надмірний тиск: сховище № 1 $\Delta P_{\text{ф. зах}} = 200$ кПа;
- коефіцієнт ослаблення радіації сховища № 12 $K_{\text{осл. зах}} = 1000$.

Визначаємо потрібні захисні властивості споруд:

а) для захисту від ударної хвилі:

$$R_{\text{min}} = R_r - r_{\text{відх}} = 2,5 - 0,5 = 2 \text{ км}$$

За значенням $R_{\text{min}} = 2$ км, потужністю боєприпасу $q = 200$ км при наземному вибуху визначаємо $\Delta P_{\text{ф. max}}$:

$$\Delta P_{\text{ф. max}} = \Delta P_{\text{ф. потр}} = 60 \text{ кПа}$$

б) для захисту від радіоактивного зараження:

$K_{\text{осл. потр}}$ розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{осл. потр}} = \frac{D_{\text{р.з}}}{D_{\text{доп}}} = \frac{5 \cdot P_{1\text{max}} (t_{\text{п}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}{50}$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\Pi} = \frac{R_{min}}{V_{c.b.}} + 1 = \frac{2}{100} + 1 = 1 \text{ год.}$$

$$t_K = t_{\Pi} + 96 = 1 + 96 = 97 \text{ год.}$$

P_{1max} – максимальний рівень радіації, очікуваний на об'єкті на 1 год після вибуху, якщо $q = 200$ кт, $R_{min} = 2$ км, $V_{c.b.} = 100$ км/год, $P_{1max} = 10880$ Р/год, тоді:

$$K_{осл.потр} = \frac{5 \cdot 10880(1^{-0,2} - 97^{-0,2})}{50} = 952,2$$

Визначаємо наявні захисні властивості захисних споруд:

а) від ударної хвилі відповідно до вихідних даних: $\Delta P_{ф. зах.} = 200$ кПа

б) від радіоактивного зараження: відповідно до вихідних даних $K_{осл.} = 1000$

Порівнюємо захисні властивості захисних споруд з потрібними:

а) за ударною хвилею: для сховища №1 $\Delta P_{ф. зах} > \Delta P_{ф. потр.}$

б) за іонізуючим випромінюванням: для сховища №1 $\Delta P_{ф. зах} > \Delta P_{ф. потр.}$

Висновок :

Сховище № 1 забезпечує захист людей, що в ньому перебувають, у максимальній кількості 103 особи.; захисні властивості сховища №1 відповідають вимогам і забезпечують захист всіх робітників.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

10.1 Компонування обладнання виробництва

Основною задачею компоновання є правильна організація технологічного процесу, який проектується. Компонування устаткування в будівлі виявляє: конфігурацію будинку, його поверховість і розміри в плані, розташування східців, допоміжних помешкань, монтажних проходів, наявність грузопідйомного устаткування і так далі.

Розміщення обладнання в цеху, та за його межами має відповідати наступним вимогам:

- 1) раціональна організація технологічного процесу та ремонту;
- 2) забезпечення умов безпеки праці;
- 3) нормальні санітарно-гігієнічні умови праці персоналу;
- 4) використання збірних залізобетонних конструкцій;
- 5) мінімальна вартість.

За для визначення типу та об'єму споруди необхідно виконати компоновання обладнання. Об'єм споруди залежить від ряду факторів, і в першу чергу від числа одиниць та розмірів технологічного обладнання, та можливості встановлення обладнання на відкритих площах.

Компоновання будинків, як правило, прямокутної форми, тому що це дозволяє просто і зручно організувати загальнозаводську територію, приймати прості проектні рішення тощо. Поверховість визначається певними умовами роботи проектного виробництва (вертикальний або горизонтальний технологічний процес). При необхідності можна застосувати укриття у вигляді шатра, цехів без стін – з одним лише дахом.

Компоненти цеху розміщуються у закритому приміщенні прямокутної форми, збудованому з залізобетонних конструкцій.

Для забезпечення роботи відділення з заданою продуктивністю використовують набір обладнання, описаний у розділі 4. Розташування апаратів в два поверхи. Перший поверх : барабанна сушарка, циклон, піч карбонізації,

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конденсатор, барабанний холодильник деревного вугілля, кульовий млин, класифікатор, трубчатий водоохолоджуючий збірник активованого вугілля, котел-утилізатор. Другий поверх : подрібнювач деревини, збірник стружки, збірник подрібненого вугілля, живильник, пароперегрівачі, піч допалювання, конденсатор, абсорбер, економайзер, барабан. Піч активації, як найвище технологічне устаткування розташована на двох поверхах.

Розташовуючи обладнання в цеху використовують наступні правила, що забезпечують нормальну роботу обладнання, та безпеку робочого персоналу:

1) можливість швидкої заміни апаратів з невеликим строком експлуатації, а також змінних деталей;

2) проходи, що забезпечують безпеку персоналу мають складати не менш ніж 1 м, на фронті обслуговування машин не менше ніж 1,5 м.

3) машини та апарати, що обслуговуються підйомними кранами, необхідно розміщувати в зоні близькій від крюку крану;

4) необхідно забезпечити цех засобами механізації завантаження та вивантаження сировини та продуктів;

5) необхідно передбачити площі для тимчасового зберігання контейнерів з сировиною, проміжних продуктів та ін.

Також при розміщенні необхідно запобігати перекривання матеріальних потоків. Кожен апарат має розміщуватись так, щоб його можна було легко встановити, обслуговувати, ремонтувати та демонтувати.

Також у відділенні передбачені туалети, підсобне приміщення, лабораторія, кабінети головного технолога та начальника цеху.

Ширина робочих проходів:

$$l = \alpha \cdot a$$

$$a = (a_1 + a_2) / 2$$

де a_1, a_2 – зони обслуговування сусіднього обладнання (1–2 м); $\alpha = 1,5$ м.

$$a = (1 + 1) / 2 = 1 \text{ м};$$

$$l = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м}.$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань від стінки до апарата:

$$l = a + 0,2;$$

$$l = 1 + 0,2 = 1,3 \text{ м.}$$

10.2 Підйомно – транспортне устаткування

Для переміщення всередині цеху запасних частин, інструментів, монтажу і демонтажу технологічного устаткування проектом передбачають підйомно-транспортне устаткування, що є невід'ємною частиною механізації й автоматизації виробничих процесів, спрямованих на ліквідацію ручних вантажно-розвантажувальних робіт і важкої праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій.

У даному дипломного проекті для підйому обладнання використовується кран типу монорейка.

Монорейки застосовують спільно з електроталіями, з ручними таліями, пневматичними або гідравлічними підйомниками або обслуговуючих робочих місць при транспортуванні на значну відстань. Вони підвішуються до несучих конструкцій будинку чи укладаються по них на висоті не більше 2,5 м. Вантажопідйомність монорейок 0,1...10 т., висота підйому до 6 м, швидкість підйому 8 м/хв, швидкість пересування 20 м/хв. Вантажопідйомність підйомників до 20 т. Недолік – мала зона обслуговування. У даному проекті застосовується монорейка вантажопідйомністю 10 т.

Висоту одноповерхової будівлі при використуванні підвісного крана можна визначити по формулі:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6,$$

де: h_1 – найбільша висота технологічного устаткування 10200 мм;

h_2 – мінімальна відстань між устаткуванням і піднятим вантажем, приймаємо 1000 мм;

h_3 – висота самого крупногабаритного технологічного вантажу, приймаємо рівним 2000 мм;

h_4 – відстань від верху вантажу до центру крюка, приймаємо рівним 1000 мм;

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h5 – відстань від центру крюка в граничному верхньому положенні до рівня головки підкранової рейки, приймаємо рівним 300 мм;

h6 – відстань від верху головки підкранової рейки до низу кроквяної конструкції, приймаємо рівним 2200 мм.

$$H = 10200 + 1000 + 2000 + 1000 + 400 + 2200 = 16800 \text{ мм.}$$

З урахуванням вимог уніфікації і типізації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень розраховану висоту приміщення приводимо до найближчої більш крупної величини з уніфікованого ряду висот, тоді для споруди вибираємо одноповерхову будівлю заввишки 17000 мм.

В якості підйомно-транспортного пристрою для демонтажу устаткування, завантаження і розвантаження апаратів передбачено монорейку загального призначення – вантажопідйомність 3,2-50 т, проліт 10-40 м, висота підйому залежно від умов навантаження-розвантаження 7- 16м. Несучі елементи кріпляться на чотирьох опорах, які дещо схожі на ноги тварини звідки й назва цього типу кранів.

10.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів

Будівництво одноповерхової будівлі викликано й обґрунтовано такими вихідними даними: в одноповерхових будівлях забезпечується зручний зв'язок із зовнішньою територією, немає сходів і підйомників, будівлі володіють простотою будівельної конструкції і можливістю установки важкого устаткування прямо на фундамент, а також можливість використання природноорганізованої вентиляції – аерації і природного освітлення через бічні отвори.

Вибір поверховості проектованої будівлі варто здійснювати з урахуванням переваг і недоліків, розглянутих у попередній главі при класифікації будівель.

У цілому, рішення про будівництво одноповерхової будівлі може бути викликано й обґрунтовано такими вихідними даними:

- а) розвинутим по горизонталі технологічним процесом;
- б) великогабаритним устаткуванням і продукцією, що випускається;

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в) значними навантаженнями, включаючи динамічні;
- г) підйомно-транспортними пристроями (крани різного типу) великої вантажо-підйомності;
- д) підлоговим рейковим транспортом для завезення і вивозу продукції,
- е) перевезень усередині будівлі;
- є) наявністю достатньої ділянки для забудови зі слабоухиленним рельєфом і рівними по площі гідрогеологічними умовами;
- ж) високими сейсмічними і вітровими навантаженнями;
- з) прагненням по можливості сховати об'єкт від огляду зі значної від-стані, не порушуючи природний ландшафт;
- і) відсутністю суворо заданих параметрів внутрішньоцехового середовища;
- к) використанням для повітрообміну всього обсягу будівлі природно організованої вентиляції – аерації;
- л) використанням природного освітлення через бічні і верхні світло-прорізи на всій робочій площі в будівлі;
- м) підвищеною пожежною і вибуховою небезпекою виробництв, розташованих у будівлі;
- н) підвищеними вимогами до евакуації людей в аварійних ситуаціях;
- о) скороченими термінами будівництва;
- п) наявністю розвитої індустріальної бази для масового виготовлення і монтажу (або тільки транспортування і монтажу) конструкцій одноповерхових будівель, зокрема з ЛМК (легких металевих конструкцій).

Усі будівлі і споруди складаються з конструктивних елементів, які у свою чергу поділяються на підтримкові і захисні.

Фундаменти складаються з підколінника і плити. Підколонник має спеціальне заглиблення – стакан, в який установлюють залізобетонну колону.

Стакани зверху на 150 мм, а внизу на 100 мм більше розмірів колони. Це забезпечує зручність монтажу й краще центрування колони. Глибину стакану приймають на 50 мм більше за заглиблену у стакан частину колони. При установці колони на дно стакану на 50 мм підсипають пісок, а після установки й ро-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зкріплення колони вільне місце, що залишилося, в стакані заповнюють цементно-піщаним розчином.

Колони – це вертикальні підтримкові елементи каркасу будинків. Виконують колони з залізобетону або сталі. Залізобетонні колони одноповерхових промспоруд виготовляють прямокутного перерізу і двогілковими. За розташуванням у будинку колони розрізняють як крайні (що розташовуються уздовж зовнішніх стін) і середні.

Ферму вибираємо довжиною 30 м. На фермах покриття укладають плити покриття, що сприймають навантаження, утворювані дахом, снігом, вентиляційними та іншими устроями, установленими на даху будинку, і передають їх на підтримкові конструкції покриття або стіни. Типові залізобетонні плити покриття масового виготовлення мають розміри у плані 3×6 та 1,5×6 м.

У промислових будівлях використовується переважно природне освітлення. Розміри вікон слід призначати відповідно ГОСТ 12506–81, висота вікон приймається кратною 1800 мм, ширина 3600 мм.

Розміри воріт і дверей та їх кількість для кожного приміщення визначають залежно від необхідної пропускної спроможності. Вибираємо ворота висотою 2070 мм; шириною 3640.

10.4 Генеральний план виробництва

Генеральний план промислового підприємства являє собою накреслену в масштабі схему промислового майданчика з зображеними проектованими та існуючими будинками і спорудженнями, основними дорогами і проїздами, благоустроєм й озелененням території.

Генеральні плани промислових підприємств виконують із дотриманням вимог діючих СНіП, інструкцій із розробки схем генеральних планів, санітарних норм проектування промислових підприємств, Держстандартів і інших нормативних документів, зокрема СНіП II-89-80, СНіП II-92-76, СИ 245-71, СН 119-70, СНіП II-106-79, ДСТУ 9238-83 та ін.

Рішення генерального плану повинно забезпечувати найбільш сприятливі умови для виробничого процесу і праці, раціональне використання земельної

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ділянки, найбільшу ефективність капітальних вкладень, раціональну організацію виробничих, транспортних та інженерних зв'язків на підприємствах, між ними і житловою територією, захист оточуючих територій від забруднень тощо.

При проектуванні генплану підприємства використовують декілька принципів, зокрема принцип функціонального зонування, який полягає у поділі майданчику підприємства на зони за їх функціональним використанням: перед-заводську, виробничу, підсобну і складську.

При проектуванні кожної зони, будинки і спорудження в них варто об'єднувати в групи, споріднені за призначенням, за ступенем шкідливості виробництв, їх пожежо- і вибухонебезпечності. Групуючи об'єкти, варто прагнути до такого їхнього розташування, щоб найбільша кількість працівників не піддавалася впливу шкідливих речовин і у випадку аварії знаходилася поза межами небезпечної частини території підприємства.

Правильне взаємне розташування зон і належного угруповання в них будинків і споруджень – основа раціональної побудови генерального плану.

Для зменшення загазованості житлового масиву викидами промислових підприємств їх розташовують із урахуванням переважного напрямку вітрів, що визначають по середній розі вітрів літнього періоду на основі багаторічних спостережень (50-100 років) метеорологічних станцій.

Розу вітрів розташовують на генеральних планах у верхньому лівому куті креслення і будують у відповідному масштабі в такий спосіб: окружність ділять на 8 рівних частин і в результаті одержують 8 румбів: Сх, ПдСх, ПнСх, Пд, ПдЗх, Зх, ПнЗх, Пн. Від центра окружності (початок координат) відкладають в обраному масштабі відсоткову повторюваність вітрів протягом року по відповідних румбах. Отримані точки з'єднують. Найбільш витягнута сторона отриманої фігури показує напрямок пануючих вітрів.

Для виключення або зменшення заносу шкідливих речовин у житловий район вітрами інших напрямків, що відрізняються від переважного, між підприємством і житловим районом передбачають санітарно-захисну зону.

Ширину санітарно-захисної зони визначають залежно від виду виробницт-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тва, шкідливих речовин, що виділяються і умов технологічного процесу відповідно до вимог СН 245-71. Класифікація підприємств, виробництв і об'єктів установлює п'ять класів мінімальних санітарнозахисних зон: I – 1000 м; II – 500 м; III – 300 м; IV – 100 м; V – 50 м. Санітарнозахисну зону або її частину не можна використовувати як резерв для розширення території підприємства.

Для даного проекту обрано IV клас санітарної зони.

Будинки і спорудження на території промислового підприємства варто розташовувати компактно, відповідно до їхнього технологічного взаємозв'язку, характером шкідливих викидів, що виділяються і в залежності від пожежо- і вибухонебезпечності виробництв.

При визначенні протипожежних відстаней за основу взято ступінь вогнестійкості будинків і категорія виробництва за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою. Так, відстані між будинками і спорудженнями I і II класів вогнестійкості, якщо в них не розміщені виробництва, небезпечні по вибуху або пожежі, звичайно не нормують. Якщо ж у цих будинках розміщені вибухо- або пожежонебезпечні виробництва, то відстані між ними приймають не менше 9 м. Для будинків III, IV і V ступенів вогнестійкості названі відстані збільшують до 12, 15 і 18 м. Для проекту обрано 9 метровий протипожежний розрив.

Водночас СНіП II-89-80 передбачає окремі умови, що дозволяють не нормувати або зменшувати протипожежні відстані. Будинки, спорудження, відкриті установки, в яких проводяться виробничі процеси, що виділяють в атмосферу газ, дим, пилюку; вибухо- і пожежонебезпечні об'єкти (у тому числі склади ЛЗР, спалюваних матеріалів та ін.) не варто розташовувати відносно інших будинків і споруджень із навітряної сторони для вітрів переважаючого напрямку. При цьому склади паливних і легкозаймистих рідин і скраплених газів варто розміщувати у знижених місцях рельєфу відносно інших об'єктів підприємства з метою запобігання поширенню пожежі по території проммайданчику.

Для забезпечення можливості ефективного гасіння пожежі необхідно передбачити під'їзд пожежних автомобілів до будинків і споруджень по всій їхній довжині при ширині будинку або спорудження до 18 м – з одного боку, при

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більшій ширині – з двох боків. Відстань від краю проїжджої частини або спланованої поверхні землі, що забезпечує під'їзд пожежних машин, до стіни будинку повинна бути не більше 25 м при висоті будинків до 12 м. При більшій висоті відстань зменшується до 10 м.

До водойм, що можуть бути використані для гасіння пожежі, слід влаштовувати під'їзди з майданчиками розміром не менше 12×12 м для пожежних автомобілів.

Санітарний розрив між будинками, що освітлюються через віконні прорізи, для забезпечення необхідної інсоляції повинен бути не менше висоти (до верха карниза) протилежного найбільш високого будинку. Для даного виробництва санітарний розрив складає 100 м.

Оскільки санітарні розриви і протипожежні відстані між будинками і спорудженнями найчастіше не збігаються за розміром, приймають найбільші відстані.

До благоустрою території відносять зелені насадження, природний ландшафт, кольорову гаму будинків, споруджень, відкритого устаткування, покриттів доріг і тротуарів, малі архітектурні форми (навіси, альтанки, декоративні стінки, ослони, квіткові вази, елементи наочної агітації, твори монументальної творчості та ін.), майданчики для відпочинку і занять спортом.

Площу озеленених ділянок визначають із розрахунку не менше 3 м² на одного працівника у найбільш численній зміні, проте граничний розмір ділянок не менше 15 % площі території підприємства. Основними елементами озеленення служать газон та місцеві види деревинно-чагарникових рослин. Для даного дипломного проекту вона складає 50 м²

Впорядковані майданчики для відпочинку розміщують із навітряної сторони відносно будинків із виробництвами, що виділяють шкідливі викиди в атмосферу. Розміри майданчика визначають із розрахунку до 1 м² на одного працівника в найбільш численній зміні.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 СТАРТАП ПРОЕКТ

11.1 Загальна характеристика розробки

Загальна характеристика розробки та основні техніко-економічні показники наведено в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 - Резюме стартап-проекту

1. Сутність ідеї	Фотокаталізатор-адсорбент очистки стічних вод для видалення фенолів на основі оксиду цинку.
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	Прототипом є системи фотокаталітичного очищення води від фенолів та інших органічних сполук.
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	- адсорбент-фотокаталізатор для станцій очистки стічних вод. - зменшення обсягу скиду неочищеної води у міську каналізацію
4. Ступінь розробленості технології реалізації	Лабораторні дослідження
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Клас 1 (Хімікати, призначені для використання в промисловості, науці та фотографії, а також у сільському господарстві, плідівництві та лісівництві).
6 КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Секція Е. Водопостачання; каналізація, поводження з відходами. Каналізація, відведення й очищення стічних вод
7 Очікувана потужність стартапу	Мале підприємство
8. За масштабом виробництва	Серійне
9. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	Капіталомістке
11. За чисельністю персоналу	Мале
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні та зарубіжні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих.	- Великі населені пункти - Фармацевтичні виробництва - Київ, Харків, Запоріжжя, Дніпро
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Розробка
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Погіршення екологічної ситуації. Споживач отримує високо активний фотокаталізатор-адсорбент який дає можливість видалити фенол вмісті сполуки з стічних вод від 60% до 99%. З правильним компонуванням процесу фотокаталізу
16. Бізнес-модель стартапу	B2B

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 11.1

17. Конкуренти вітчизняні	В Україні для видалення фенол вмісних сполук з стічних вод використовують коагуляцію, напірну флоатацію, сорбцію на активованому вугіллі, зворотній осмос, ультрафільтрація, пропускання через колонку заповнену іонітами, та дією на розчинені в воді барвники ультрафіолетовим та сонячним світлом в присутності окисників (O ₂ , O ₃ , Cl ₂ і т.п.). ТЗОВ «Науково-виробниче об'єднання» Екософт »; ТОВ «Світловодський завод адсорбентів».
18. Конкуренти іноземні	Europages, «SuboLab»;
19. Ключові фактори успіху стартапу	- ефективність очищення - фотокаталізатор-адсорбент можна використовувати в процесі очистки стічних вод, в фармацевтичних та косметичних підприємствах.
20. Споживачі	Локальні станції очистки стічних вод, для очистки стічних вод безпосередньо на базі текстильного, лакофарбового, целюлозного, фармацевтичного і т.п. підприємства.
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	1 тис. т фотокаталізатора-адсорбента
22. Мінімальна кількість виробництва за методом точки безбитковості	1 тис. тонн/рік
23. Споживачі на етапі розвитку	На етапі розвитку основними клієнтами будуть станції очистки стічних вод.
24. Споживачі на етапі зрілості	Локальні станції очистки стічних вод, для очистки стічних вод на базі текстильного, лакофарбового, целюлозного, фармацевтичного і т.п. підприємства.
25. Конкурентна ціна на продукт стартапу	54,1 грн за кілограм фотокаталізатора-адсорбенту
26. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	30 %
27. Капіталовкладення в проект	40222800 грн
28. Період повернення капіталовкладень у проект	3,22 роки
29. Джерела фінансування	Внутрішнє
30. Основні компоненти продукції стартапу	Сировина: - ацетат цинку; - щавелева кислота - БАВ дрібнодисперсний; Обладнання : - муфельна піч - реактор з мішалкою - фільтр вакуумний
31. Потенційні постачальники складових компонентів	Українські компанії, що мають документальне підтвердження якості та безпечності своєї продукції(ТОВ «Альтерред Карбон», ТОВ «Реагент-Плюс», ВАТ «Спецпромпостач ТД» (Україна))

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Планове місце реалізації результату розробки	Київ, Харків, Запоріжжя
33. Наявність посередників при реалізації	Без посередників.
34. Методи просування результатів розробки на ринок	-стимулювання збуту (акційні пропозиції) -особистий продаж (конференції, виставки) -реклама (інтернет)

11.2. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 11.2 – Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

Економіка	
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - пошук платоспроможних споживачів за межами країни (до 25%). - немає аналогів в Україні, в наслідок чого збільшиться попит (до 20%). - лояльні умови для малого бізнесу (10-15%). - зниження цін постачальників в результаті співпраці (до 10%). - поява великої кількості кваліфікаційних кадрів збільшить якість роботи персоналу (до 15%). 	<ul style="list-style-type: none"> - зменшення обігових коштів (до 5%) в наслідок збільшення заробітної платні працівників до (10%). - коливання валют може вплинути на ціну товару, в результаті чого може зменшитись кількість покупців на 5%, тому прибуток може зменшитись (до 10%). - недобросовісна конкуренція може знизити попит (до 10%). - зменшення обсягів використання води (до 10%).
Демографія	
<ul style="list-style-type: none"> - підвищення уваги до охорони навколишнього середовища (до 20%). 	<ul style="list-style-type: none"> - зменшення кількості потенційних клієнтів через еміграцію населення (до 10%).
Науково-технічний прогрес (НТП)	
<ul style="list-style-type: none"> - подальші дослідження продукту можуть дозволити використовувати його в інших сферах, або можуть дозволити його багаторазове використання та відновлення (30%). - скорочення робочих місць за рахунок автоматизації та машинізації (до 30%). 	<ul style="list-style-type: none"> - постійне оновлення обладнання сприятиме збільшенню обігових коштів до 20% - створення нового, кращого, фотокаталізатора-адсорбента, що зменшить попит (до 20%) - удосконалення виробництв, в результаті чого у стічних водах не будуть знаходитись феноли (до 10%).

Географія	
- вигідне географічне розташування у Києві, що дає можливість зменшити витрати на транспорт (20%).	- можливі втрати товару, не вчасна доставка у випадку поганих погодних умов (20%).
Політика	
- державна підтримка ринку сприятиме розвитку підприємства до 10% - входження до ЄС відкриє закордонні ринки для продажу що сприятиме розвитку (до 60%). - введення закону про заборону зкиду стічних вод до джерел питного водопостачання які забруднені фенолами викличе потребу продукту	- в результаті падіння економіки країни зменшення доходу (до 30%).

Таблиця 11.3 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Складові внутрішнього середовища	Переваги	Недоліки
1	2	3
Організація управління	Рациональна організаційна структура виробництва (20%)	Постійні зміни в системі управління (25%)
Маркетинг	Створення реклами для підвищення попиту до 15%	Реклама не цікавить клієнтів. залучення нових клієнтів зменшується до 15%
Фінанси	Достатні фінансові ресурси, що забезпечує кредит у банку та інші (30%)	Інфляція (30%)
Виробництво	Використання недорогого обладнання та сировини високої якості (20%)	Низька завантаженість установки (10%)
Персонал	Невелика кількість персоналу (15%)	Необхідність кадрів з високою кваліфікацією (20%)

Таблиця 11.4 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Постачальник	Довготривала співпраця із постачальниками, дає можливість знизити ціну на сировину ~15%.	доставка замовлень не в термін через погану дисципліну постачальників сприяє зниженню доходу на ~20%.
Посередник	Сприяє збільшенню виробництва, розвитку на 20%.	Не постійність замовлень, внаслідок чого зavelикий виробіток товару, втрати до 10%.
Споживач	За допомогою систем знижок, нових рішень для використання фотокаталізатора сприяє збільшенню клієнтів. Дохід підприємства збільшиться на 15%	Велика ймовірність виникнення нових конкурентів, як наслідок зниження попиту до 15%
Конкурент	Практичність, багатофункціональність продукції (конкурентна перевага) сприяє залученню нових клієнтів до 20%	Розширення діяльності конкурентів призводить до погіршення позиції на ринку, втрати прибутку до 30%.

11.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

За допомогою методу Шонфільда визначаємо основні фактори успіху.

Таблиця 11.5.1 – Оцінка характеристик за методом Шонфільда

№ з/п	Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
			Наша продукція	БАВ	«HCH Highchem Hamburg»
1	Ціна, грн	0,1	5	4	3
2	Питома поверхня, м ² /г	0,2	5	4	5
3	Прийняття замовлення, час	0,1	3	5	4
4	Нормативна документація, к-сть	0,2	3	4	5
5	Доставка, час	0,1	3	4	2
6	Збільшення питомої поверхні в разі модифікації продукту, м ² /г	0,1	5	3	5
7	Відділення відпрацьованого фотокаталізатору/адсорбенту від очищеної води, час	0,1	3	4	5
8	Відгуки клієнтів, бал	0,2	3	5	4
9	Вміст основного компоненту, %	0,2	5	3	4

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.5.2 – Бальна оцінка характеристик

№ з/п	Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристик	Оцінка характеристик		
			Наша продукція	БАВ	«HCH Highchem Hamburg»
1	Ціна, грн	0,1	1	0,8	0,6
2	Питома поверхня, м ² /г	0,2	1	0,8	1
3	Прийняття замовлення, час	0,1	0,6	1	0,8
4	Нормативна документація, к-сть	0,2	0,6	0,8	1
5	Доставка, час	0,1	0,6	0,8	0,4
6	Збільшення питомої поверхні в разі модифікації продукту, м ² /г	0,1	0,5	0,3	0,5
7	Відділення відпрацьованого фотокаталізатору/адсорбенту від очищеної води, час	0,1	0,6	0,8	1
8	Відгуки клієнтів, бал	0,2	0,6	1	0,8
9	Вміст основного компоненту, %	0,2	1	0,6	0,8

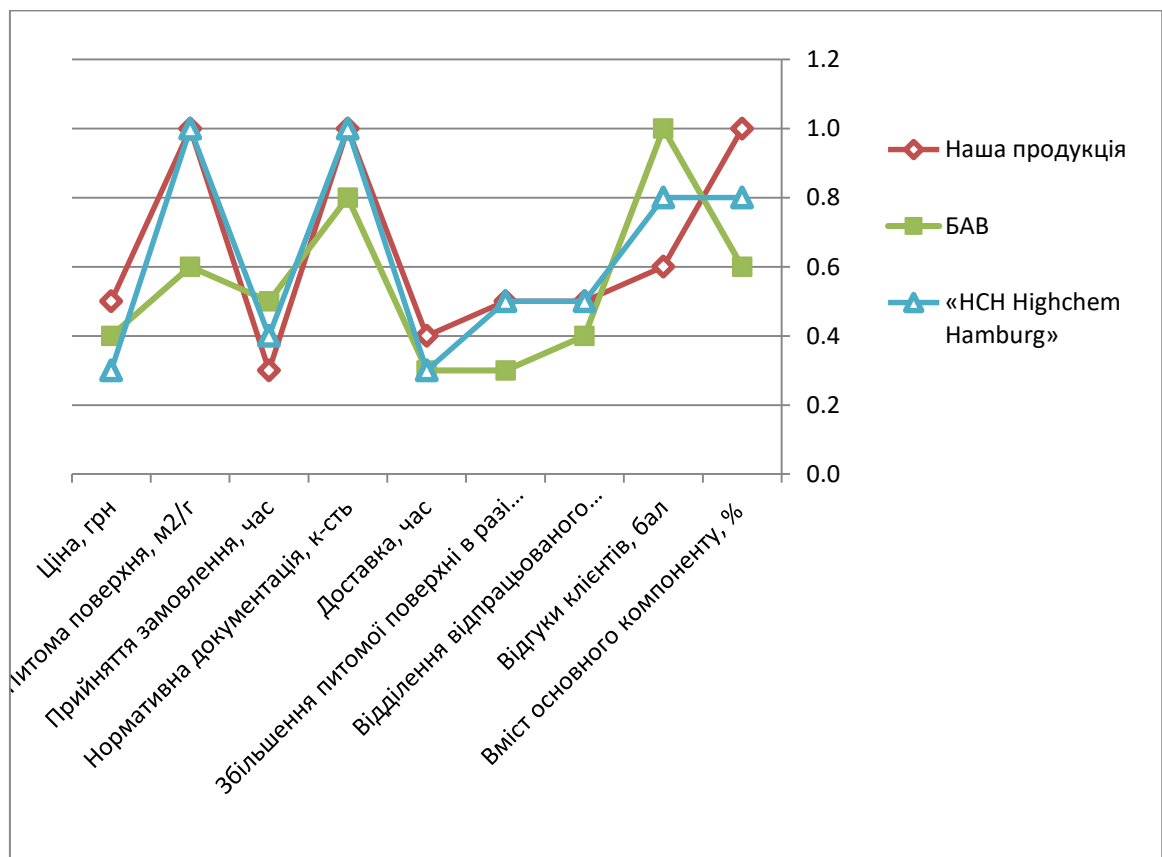


Рисунок 11.1 – Порівняння конкурентних переваг

11.4 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 11.6 – Забезпеченість проекту основними засобами

Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ, грн	Плановий період експлуатації ОЗ, років	Джерело фінансування придбання
Реактор з мішалкою	2шт x 170000 = 340000	5	Прибуток, одержаний від попередньої діяльності
Муфельна піч	152000	5	
Вакуумний фільтр	2шт x 180000 = 360000	5	
Actiflo	300000	5	
УФ-лампа	3 x 8600 = 25800	5	
УФ-фільтр	170000	5	
Разом	1 347 800	-	

Таблиця 11.7 – Забезпеченість проекту оборотними фондами

Група ОБФ	Назва	Норма витрат на рік	Ціна, грн/од	Ціна, тис грн/рік
Сировина і матеріали	Ацетат цинку	202 т/рік	130 грн/кг	26260
	Щавелева кислота	116 т/рік	65 грн/кг	7540
	БАВ (дрібнодисперний)	925 т/рік	5 грн/кг	4625
	Вода	14000 м³/рік	22 грн/м³	308
Електроенергія	Електроенергія	1000 МВт	42 грн/МВт	42
Запасні частини	Запасні частини	-	-	100

Таблиця 11.8 – Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком на посаді, осіб	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати, грн
Робочі основні	Апаратник	6	Професійно-технічна освіта	10 000
Робочі допоміжні	Майстер з ремонту обладнання	2	Бакалавр	12 000
Керівник	Технолог	1	Магістр	15 000

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.9– Калькуляція собівартості стартап-продукту

Етап розробки / елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник, тис.грн/рік
Етап виходу на планову потужність		
Сировина і матеріали		
Ацетат цинку	202 т/рік	26260
Щавелева кислота	116 т/рік	7540
БАВ (дрібнодисперсний)	925 т/рік	4625
Вода	14000 м ³ /рік	308
Електроенергія	1000 МВт	42
Запасні частини	-	100
Амортизація		
Реактор з мішалкою	2	340
Муфельна піч	1	152
Вакуумний фільтр	2	360
Actiflo	1	300
УФ-лампа	3	25,8
УФ-фільтр	1	170
Заробітна плата		
Апаратник	6	720
Майстер з ремонту обладнання	2	288
Технолог	1	180
ФОП		208,56
Разом		41619,36

$$C = A + O\&3 = 41\ 619\ 360 \text{ грн/рік}$$

1. Витратний метод $\Pi = C + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)}$
[грн/од] (або середня норма прибутку по даному виду товару)

$$\Pi_{\text{в.м.}} = 1,3 \cdot C = 1,3 \cdot 41619360 = 54105168 \text{ грн./рік}$$

2. Агрегатний метод

За витратним методом була розрахована ціна технології, за агрегатним методом врахуємо ціну ідеї $\Pi_{\text{ідеї}} = 20\ 000$ грн. та ціну розробки $\Pi_{\text{розробки}} = 30\ 000$ грн.

$$\Pi_{\text{в.м.}} = \Pi_{\text{тех.}} + \Pi_{\text{ідеї}} + \Pi_{\text{роз.}} = 54105168 + 20000 + 30000 = 54155168 \text{ грн/рік.}$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Параметричний метод

Таблиця 11.10 – Розрахунок ціни параметричним методом

Характеристика	Коефіцієнт вагомості	Запропонована технологія (модифікований БАВ)	Традиційна технологія (товарний БАВ)
		Бали	
Здатність видаляти феноли	0,5	9	7
Постійні споживачі	0,2	2	6
Новизна	0,2	9	4
Сума балів із врахуванням коефіцієнта вагомості		6,7	5,5

$$C_{п.м.} = C_{\text{базового виробу}} \cdot \frac{\text{Сума балів}_{\text{стартап}}}{\text{Сума балів}_{\text{базового виробу}}} = 70\,000\,000 \cdot \frac{6,7}{5,5} = 85\,272\,727 \text{ грн./рік}$$

4 Конкурентний метод

Полягає у встановленні ціни на продукт через аналіз і порівняння цін на аналогічний товар у конкурентів. Тобто, ціна на продукт має відповідати існуючому рівню цін на ринку аналогічних товарів.

Орієнтовна ціна розробки конкурентного аналогу – 70 000 000 грн./рік

Відповідно, ціна нашого стартап проекту за конкурентним методом має становити:

$$C_{к.м.} \approx 70\,000\,000 \text{ грн./рік}$$

5 Метод точки беззбитковості

Точка беззбитковості – стан, коли ціна за одиницю продукції дорівнює її собівартості. Прибуток в точці беззбитковості дорівнює 0.

Тоді, ціна за методом точки беззбитковості становить:

$$C_{т.б.} = C = 41\,619\,360 \text{ грн./рік}$$

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11.5 Техніко-економічні показники проекту

Капіталовкладення у проект:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОБЗ} = 38875000 + 1347800 = 40222800 \text{ грн.}$$

Відносний прибуток:

$$П = Ц_{\text{в.м.}} - C = 54105168 - 41619360 = 12485808 \text{ грн.}$$

Рентабельність:

$$P = (П / C) \cdot 100 = (12485808 / 41619360) \cdot 100 = 30\%.$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = K / П = 40222800 / 12485808 = 3,22 \text{ роки.}$$

11.6 Ризики стартап проекту та методи управління ними

Таблиця 11.11 - Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Види ризиків	Назва ризику	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
Зовнішні ризики			
1. Загально-економічні	1. Економічна ситуація	3	2
2. Конкурентні	1. Ймовірність технологічного відставання від інших підприємств	2	2
	2. Можливість навмисного заниження цін конкурентами	2	3
3. Правові	1. Ліцензійна політика, патентна захищеність	1	1
	2. Зміна в законодавстві держави	1	3
4. Природно-екологічний	1. Ризик природних та техногенних катастроф	1	1
5. Інші	1. Кримінальні	1	1
	2. Політичні	3	1
Внутрішні ризики			
6. Технологічні	1. Можливі ускладнення при реалізації лабораторних досліджень у технологію	1	2
	2. Застаріле обладнання	1	2
7. Управлінські	1. Складність із підбором персоналу	3	3
8. Фінансові	1. Отримання меншого прибутку	3	3
	2. Подорожчання ресурсів	2	2
9. Кадрові	1. Низький професійний рівень виконавців	2	2
	2. Конфлікти між співробітниками	2	1
10. Інші	1. Аварії	1	2

З метою подолання та мінімізації ризиків, що відіграють найбільший негативний вплив на очікуваний результат, запропоновано план заходів, наведений у таблиці 11.12.

Таблиця 11.12 – План заходів з управління ризиками

Ризики	Заходи по подолання та мінімізації ризиків
Загальноєкономічні ризики	Ефективне прогнозування і планування.
Конкурентні	Активна діяльність з вивчення та передбачення можливих дій конкурентів і їх облік в маркетинговій і виробничій діяльності.
Управлінські	Постійний контроль найменших деталей виробництва. Ретельний підхід до організації виробництва.
Фінансові	Укладання взаємовигідних договорів з інвесторами. Створення резервів у натуральній або грошовій формі (фондів). Страхування майна.
Кадрові	Курси підвищення кваліфікації. Особистий підбір персоналу, та прохід стажування навих працівників, що дозволить знизити кількість помилок, що допускаються персоналом.
Природно-екологічні та інші	Страхування майна.

Розроблено стартап – проект на тему одержання фотокаталізатора-адсорбенту на основі ZnO за моделлю B2B. Визначені загрози і можливості, переваги і недоліки зовнішнього і внутрішнього середовищ. Методом Шонфільда проведена оцінка характеристик проекту та конкурентів і виявлено ключові фактори успіху. Розрахована ціна інноваційної пропозиції на ринку – 54105168 грн при рентабельності 30 %. Оцінено найбільші ризики та запропоновано методи управління ними.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В даному дипломному проєкті розроблено технологічну схему виробництва дрібнодисперсного активованого вугілля із деревини методом парогазової активації. Охарактеризовано сировину та допоміжні матеріали, обґрунтовано теоретичні основи парогазового методу активування. Наведено механізм та процесу, описано схему виробництва.

2. Виходячи із продуктивності 10 тис. т/рік, розраховано матеріальний та тепловий баланси процесу активування.

3. Розраховано основний апарат – піч киплячого шару висотою 8,4 м і діаметром 3,8 м. Розраховано та вибрано насос з продуктивністю 0,025 м³/с.

4. Наведено схему автоматичного контролю та регулювання технологічним процесом, яка передбачає контроль та регулювання температури і витрати водяної пари, температури сушильного агенту, температури в печі карбонізації та печі активації.

5. В екологічній частині проведено аналіз основних забруднюючих речовин навколишнього середовища, найбільш токсичним серед яких являється оксид карбону (II). Запропоновано метод екологізації виробництва шляхом спалювання токсичних газів.

6. В розділі охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розроблено заходи, спрямовані на забезпечення в цеху здорових та безпечних умов праці, пожежної профілактики та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

7. У розділі об'ємно-планувальні рішення висвітлено питання компонування устаткування, обґрунтовано об'ємно-планувальні рішення цехових будівель та споруд.

8. Розроблено стартап-проект по виробництву фотокаталізатора-адсорбенту на основі оксиду цинку (II). Надано загальну характеристику розробки, проаналізовано зовнішні та внутрішні середовища стартапу та ризики стартап проекту і методи управління ними. Розраховано ціну інноваційної пропозиції на ринку, що становить 54,2 грн./кг.

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Х. Кинле, Э. Бадер. Активные угли и их промышленное применение Л.: Химия, 1984.- 215 с.
2. Махорин К.Е., Глухоманюк А.М. Получение углеродных адсорбентов в кипящем слое. Киев: Наукова думка, 1983
3. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Ч. I. С.-Пб.: АНО НПО «Мир и Семья», АНО НПО «Профессионал», 2002.-988 с.
4. Химический энциклопедический словарь / Под ред. И.Л. Кнунянц.- М.: Химия, 1988. - 336 с.
5. Глухоманюк А.М., Махорин К.Е. Применение кипящего слоя в народном хозяйстве СССР. ЦИИНЦВЕТМЕТ, М 1965, 172-175
6. Липович В. Г., Калабин Х. И., Калечица И. В. и др. Химия и переработка угля. - М.: Химия, 1988.-336 с.
7. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники.-М.: Химия, 1976.-512 с.
8. Колышкин ДА. Михайлова К. К. Активные угли. Свойства и методы испытаний. Справ.-М.: Химия, 1972. -57 с.
9. В.Тринкс. промышленные печи. Ч. 1.-М.: Metallurgizdat, 1961.-196 с.
10. Исламов М.Ш. Печи химической промышленности.-М.: Химия. 1975. — 432 с.
11. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В.Фролов и др. М.: Машиностроение, 2004.-832 с.
12. А.Э. Генкин. Оборудование химических заводов. М.: Высшая школа. 1978. 271 с.
13. Павлов К. Ф. Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М.: Химия, 1987.-576 с
14. И.Л. Иоффе. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химик, 1991—352 с.
15. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу "Контроль та керування хіміко-технологічними процесами" для напрямку пі-

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дготовки 6.091600 "Хімічна технологія та інженерія". Розроб. Лукінюк М.В.
Київ: "Політехніка", 2004. 67 с.

16. Промислові засоби автоматизації: Навч., посібник: У 2 ч. Частина 1. Вимірювальні пристрої / Під. ред. А.К. Бабіченка. -Х: НТУ «ХП», 2003 р. - 470 с.
17. Промислові засоби автоматизації: Навч. посібник: У 2 ч. Частина 2. Регулювальні і виконавчі пристрої / Під. ред. А.К. Бабіченка.-Х.: НТУ «ХП», 2003 р. - 470 с.
18. Економіка підприємства: Навч. посібник / За заг. ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. К.: В-во «Політехніка», 2003.-264 с.
19. Макаров Г. В., Васин А. Я., Маринина Л. К. и др. Охрана труда в химической промышленности.-М.: Химия, 1989.-496 с.
20. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зеркалов Д. В. та ін. Основы охраны праці. — К.: Основа, 2006. -448 с.
21. Очистка технологических газов / Под ред. Т.А. Семеновой,-М.: Химия. 1977.-488 с.
22. А. П. Коуль, Ф. С. Ризенфилд. Очистка газа. М.: Недра, 1968.-392 с.
23. Вавилин В. Ф., Вавилин В. В., Кузнецов Н. М. и др. Архитектурное проектирование промышленных зданий. Изд-во Мордов. Ун-та, 2005.-128 с.
24. Тищенко АТ. Звастухин Ю., Печи и теплообменники с псевдоожиженным слоем, «Наукова думка», Киев, 1973-148 с.
25. Басков А. П. Лукачевский Б.П., Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник, Л.: Химия, 1986 -352 с.
26. ГОСТ 4453-74
27. ГОСТ 3263
28. <http://www.eemkzn.ru/product/obezvrezhotodov/>

					ХН91мп16.1440.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		