

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти другий магістерський рівень

(другий (магістерський) рівень)

на тему Проект системи біохімічного окислення фенолвмісних стічних вод з триманням біогазу

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1832

Євтушенко О.В.

(ПІБ)



(підпис)

спеціальності

183 Технологія захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

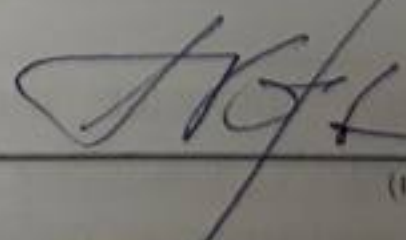
освітньо-професійна програма

Технологія захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Кожемякін Г.Б.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Рецензент Пруцков Д.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень  
другий (магістерський) рівень

Спеціальність 183 Технологія захисту навколишнього середовища  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Технологія захисту навколишнього середовища  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МТЕТЬ  
Ю.О. Белоконь

“ 07 ” 05 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Євтушенко Олександр Вадимович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект системи біохімічного окислення фенолвмісних стічних вод з триманням біогазу

керівник роботи (проекту) Кожемякін Геннадій Борисович к.т.н, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” 10 2023 року № 1580-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Вдосконалення системи біохімічного окислення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Загальна частина. Розрахункова частина, Охорона праці та техногенна безпека, Організаційно економічна Висновки. Перелік посилань.





## Анотація

Євтушенко О.В., Кваліфікаційний проект: «Проект системи біохімічного окислення фенолвмісних стічних вод з триманням біогазу».

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник Г.Б. Кожемякін. Запорізький національний університет., 2023.

На основі аналізу існуючих способів очищення стічних вод коксохімічного виробництва розроблена технологічна схема біохімічного очищення, яка дозволяє зменшити об'єм споруд, підвищити надійність їх експлуатації та утилізувати надлишковий активний мул з отриманням понад 300 тис.м<sup>3</sup> біогазу.

Розроблена схема контролю та автоматизації роботи насосних агрегатів.

Розглянуті шкідливі та небезпечні фактори виробничого процесу та запропоновані заходи щодо усунення їх негативного впливу на здоров'я обслуговуючого персоналу та підвищення техногенної безпеки виробництва.

Визначні основні техніко-економічні показники проекту.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО КОКСУ, КОКСОВИЙ ГАЗ, НАДСМОЛЬНІ ВОДИ, ФЕНОЛЬНІ ВОДИ, БІОХІМІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, АЕРОТЕНК, ФЛОТАТОР, ВІДСТІЙНИК, МЕТАНТЕНК

## Abstract

Evtushenko A.V. Qualification project: “Design of a phenol-containing wastewater treatment system for a coke oven gas treatment plant with disposal of excess sludge”.

Qualification project for obtaining a master's degree in specialty 183 "Environmental Protection Technologies", supervisor G. B. Kozhemyakin. Zaporizhzhya National University., 2023.

Based on the analysis of existing methods for wastewater treatment of coke production, a technological scheme of biochemical treatment has been developed, which allows to reduce the volume of facilities, improve the reliability of their operation and utilize excess activated sludge to produce more than 300 thousand m<sup>3</sup> of biogas per year.

A scheme for monitoring and automating the operation of pumping units has been developed.

Harmful and dangerous factors of the production process are considered and measures are proposed to eliminate their negative impact on the health of service personnel and to increase the technological safety of production.

The main technical and economic indicators of the project are determined.

Key words: COX PRODUCTION, COKE GAS, SUMMARY WATER, PHENOL WATER, BIOCHEMICAL CLEANING, AEROTENCES, FLOTATORS, SUMP, METHANTENCES

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Технологія виробництва кокса .....	9
1.2 Водопостачання коксохімічного виробництва .....	13
1.2.1 Вуглезбагачувальна фабрика.....	14
1.2.2 Гасіння коксу.....	16
1.2.3 Теплообмінна апаратура .....	21
1.2.4 Очистка коксового газу .....	23
1.3 Джерела утворення стічних вод коксохімічного виробництва .....	28
1.3.1 Цех очистки коксового газу.....	29
1.3.2 Сульфатне відділення.....	29
1.3.3 Цех ректифікації .....	30
1.4 Характеристика стічних вод .....	30
1.5 Огляд способів очистки фенолвмісних стічних вод .....	33
1.5.1 Очистка надсмольних стічних вод (відстоювання, флотація, відгонка).....	33
1.5.2. Очистка від фенолів.....	37
1.5.3 Доочистка стічних вод .....	42
1.6 Способи утилізації осадів від очистки стічних вод коксохімічного виробництва.....	43
1.7 Обґрунтування та вибір схеми очистки .....	47
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА .....	48
2.1 Розрахунок преаератору .....	48
2.2 Розрахунок смоловідстійника.....	50
2.3 Розрахунок флотатора .....	51
2.4 Розрахунок усереднювача .....	54
2.5 Розрахунок реагентного господарства.....	55
2.6 Розрахунок аеротенку .....	56
2.7 Розрахунок вторинних відстійників.....	61

2.8 Розрахунок мулоущільніювачів.....	64
2.9 Розрахунок метантенків .....	65
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	67
3.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих чинників .....	67
3.2 Технічні рішення по виробничій санітарії.....	71
3.2.1 Об'ємно-планувальні вирішення будівель і споруд.....	72
3.2.2 Вентиляція .....	74
3.2.3 Освітлення .....	76
3.2.4 Санітарно-побутові приміщення .....	78
3.3 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	79
3.4 Заходи щодо електробезпеки .....	80
3.5 Заходи пожежної і техногенної безпеки .....	82
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	85
4.1 Структура і організація управління ділянкою біохімічного очищення стічних вод.....	85
4.2 Планування організації виробничого процесу ділянки біохімічного очищення.....	87
5.3 Планування виробничої програми .....	89
5.4 Розрахунок балансу робочого часу основних робітників.....	90
5.5 Розрахунок чисельності основних робітників .....	91
5.6 Розрахунок капітальних вкладень.....	94
5.7 Розрахунок витрат на очищення води .....	97
5.8 Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень .....	101
ВИСНОВКИ.....	103
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	104

## ВСТУП

Охорона водних ресурсів від забруднення і виснаження - актуальною загальнонародна задача, в вирішення якої істотний внесок має коксохімічна промисловість. Технологія коксохімічного виробництва є прикладом комплексного виробництва, в якому з одного виду сировини в єдиному технологічному процесі виходить декілька продуктів. В коксохімічному виробництві з вугільної шихти виробляється основна продукція – коксова (кокс доменний, коксовий горішок, коксовий дріб'язок) та попутна – широка гамма хімічних продуктів коксування (бензол сирий, смола кам'яновугільна, сульфат амонію, сірка, сірчана кислота).

На коксохімічних підприємствах України при проектних обсягах виробництва утворюється близько 15 млн.м<sup>3</sup> на рік виробничих фенольних стічних вод. До 40% загальної кількості фенольних вод - це неминучий наслідок специфіки коксо-хімічного виробництва, пов'язаної з термічною деструкцією кам'яного вугілля при отриманні коксу. У результаті виділяється вода яка забруднюється практично всіма хімічними продуктами коксування: розчинними і нерозчинними ароматичними вуглеводнями; одно- і багатоатомними фенолами, аміаком та солями амонію; ціанід-, роданід- і сульфід-іонами та ін.

Стічні води коксохімічного виробництва - одні з найбільш небезпечних і важких з точки зору їх очищення серед промислових стічних вод. Тому пошук нових ефективних способів очищення промислових стічних вод, особливо тих, які відходять від коксохімічного виробництва, є як і раніше актуальним. Саме удосконалення системи очистки стоків коксохімічного виробництва дозволить підвищити якість і економічну ефективність біохімічного очищення та утилізувати вторинні енергетичні ресурси.



## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Технологія виробництва кокса

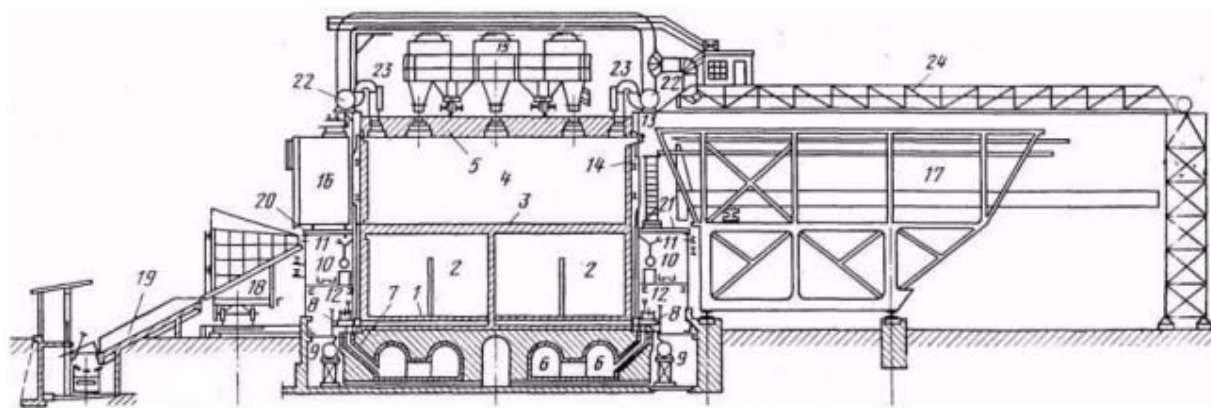
Кокс – це тверда, пориста маса яка спеклася, і залишилася після кам'яного вугілля, з якого видалили летючі речовини шляхом прожарювання під впливом дуже великих температур без відкритого доступу повітря. Виготовлений продукт повинен містити мінімум золи, не повинен містити сірку і фосфор й володіти хорошими властивостями міцності і опором до стирання.

В шихту для виробництва коксу використовують кілька різних сортів кам'яного вугілля, такі як коксові, газові, жирні та тонкі. В основі цієї шихти – коксівне вугілля, що є найбільш дорогим сортом вугілля. Перед тим, як розпочати коксування, вугілля подрібнюють і збагачують. Робиться це для видалення мінеральної породи, щоб знизити концентрацію золи. Після цього шихту зволожують та відправляють у коксові печі.

Під впливом сильного нагрівання із закритим доступом повітря дрібні частинки вугілля розм'якшуються та стають більш пластичними. Тверді зерна цього вугілля, що не коксується, обволікаються пластичною масою. Вугілля починає розпадатися на складові при нагріванні понад 450 °С. Відбувається виділення аміаку та інших вуглеводневих та органічних сполук. Газоподібні речовини, виділяючись, сприяють спучуванню розм'якшеної маси вугілля та утворенню в ній численних пір. У міру проходження процесу сухої перегонки відбувається ще більше збагачення отриманої маси вуглецем, вона стає менш пластичною, і при досягненні 600-650 °С переходить у стан напівкоксу, а при досягненні 1000 °С виходить кокс.

Перетворення вугілля на кокс відбувається у камерних печах, які об'єднані в коксові батареї продуктивністю до 1 млн. т коксу на рік. Одна батарея може включати до 80 камер коксування. Для футерування камер використовують спеціальну вогнетривку цеглу. Об'єм камери може становити до 42 м<sup>3</sup>, що дає можливість отримання на виході до 20 т коксу за прийом. Камера за формою

нагадує сірникову коробку 0,5 м завширшки, 5 м заввишки і 15 м завдовжки. У стелі камери є люки для завантаження шихти. Також камера спереду та ззаду обладнана дверцятами, які відкривають за допомогою спеціальних пристроїв. Пристрій коксової батареї представлено на рисунку 1.1.



1 - подові канали; 2 - регенератори; 3 - корнюрная зона; 4 - камери коксування і вертикаль; 5 - верх батареї; 6 - кабана; 7 - димові патрубки; 8 - газовоздушні клапани; 9 - газопровід доменного газу; 10 - газопровід коксового газу; 11 - газорозподільна арматура; 12 - кантовочнимі пристосування; 13 - анкерна стійка; 14 - двері; 15 - углезагрузочная машина; 16 - дверезйомних машина; 17 - коксовиталківателєй; 18 - коксотушільний або коксовозний вагон; 19 - дріб'язок рампа; 20, 21 - обслуговує майданчик коксової і машинної сторін; 22 - газосборнік; 23 - стояки для відводу газу; 24 - міст під газопровід

Рисунок 1.1 – Поперечний розріз типовий коксової батареї

Для опалення коксових печей використовується доменний і коксовий газ, який спалюється в простінках між камерами, які називаються вертикалями. Виділене під час згоряння газу тепло передається на цегляну кладку стін та сприяє нагріванню вугільної маси. Для підтримки процесу коксування температур повинна триматися на рівні 1100 °С, а у вертикалях – 1400 °С. Нагрів до необхідної температури досягається завдяки використанню підігрітого генераторами повітря, які розташовуються під коксовими печами і являють собою пристрої для акумулювання тепла газів, що відходять.

Продукти, отримані при спалюванні газу з вертикалу, потрапляють у камеру регенератора, яка футерована вогнетривкою цеглою на кшталт бджолиних сот. Розпечені пічні гази проходять через ґратчасту насадку регенератора. Ця ґратчаста насадка нагрівається до потрібної високої температури, а продукти згоряння охолоджуються. Після досягнення потрібної температури надходження гарячого диму закривається і в регенератор надходить холодне повітря.

Проходячи через регенератор, повітря підігрівається, а вогнетривка кладка, у свою чергу, охолоджується. Дим направляють до іншого регенератора. Потім проводиться заміна напрямків газових та повітряних потоків. Цей метод регенерації тепла з метою підігрівання повітря і повернення тепла отримав широке застосування в металургії.

Таким чином «коковий пиріг» утворюється протягом 14-16 годин. Протягом цього часу вугільна маса поступово проходить усі етапи коксування. Процес спрямований від зовнішніх стінок камери до центру. Першим прогрівається і перетворюється кокс, що знаходиться біля стінок камери. Середні шари коксуються набагато пізніше. Може пройти 8-9 годин перед тим, як відбудеться розм'якшення і коксування середини вугільного шару.

У зв'язку з тим, що процес коксування спрямований від стінок до центру, дець по осьовій лінії відбувається розрив отриманого кокового пирога по смоляній лінії – шву. Крім цієї тріщини, що з'являється після виділення газів, коковий пиріг розділяється ще горизонтальними тріщинами. Він відходить від стін, зазнаючи значної усадки.

Для того, щоб вивантажити кокс, відключають трубопровід камери, в який надходять газоподібні продукти коксування, а також відчиняють дверцята з обох боків камери. Застосовується спеціальна машина, яка називається коковиштовхувачем, за допомогою якої, як стає зрозумілим з назви, виштовхують коковий пиріг у вагончик для гасіння та збору коксу. При видавлюванні отримана маса ще більше розсипається на шматки, після чого її везуть у вежу для гасіння, де охолоджується водою.



Широко застосовується спосіб сухого гасіння коксу з допомогою азоту. Цей спосіб дозволяє збільшити міцність одержаного продукту, тому що при його застосуванні користуються теплотою розпеченого коксу. Нагріті при гасінні продукту газу використовуються для одержання газу та електроенергії.

Також для покращення продуктивності коксових батарей застосовують методи брикетування або трамбування шихти, завантаженої в газову камеру, або здійснюють попередній підігрів шихти. Її підігрівають за допомогою гарячого азоту, який нагрівається до 1000-1100°C під час сухого гасіння коксу. Після проходження азоту через котел-утилізатор температура азоту падає до 400°C і він надходить в реторти для нагрівання вугільної шихти.

Крім гарячого, в гасінні коксу знаходить застосування холодний азот. Виробляють нагрівання шихти в реакторах киплячого шару у зваженому стані. За часом таке нагрівання триває близько 3-5 хвилин. Потім шихта за допомогою пневмотранспорту і того ж азоту потрапляє в коксові печі для завантаження. Це дає можливість значно спростити та полегшити процес завантаження.

До фізико-хімічних властивостей отриманого продукту належать:

- здатність до відновлення оксидів заліза шляхом взаємодії з  $\text{CO}_2$  з утворенням  $\text{CO}$ ;

- горючість (швидкість згоряння)

- займання при температурі 600-700°C.

Фізико-механічні властивості – механічна міцність, опір стирання та дроблення.

На властивості виробленого коксу впливає концентрація золи та сірки. Зола зменшує міцність коксу та вимагає додаткової витрати вапняку для ошлакування та тепла, необхідного для розплавлення шлаку. При підвищеному вмісті сірки потрібно більше флюсу для зменшення кількості сірки в чавуні до потрібної, а це може знизити продуктивність доменної печі. Тому слідкують за тим, щоб вміст золи у виробленому продукті не перевищував 8-12%, а вміст сірки – 0,5-2%.

Іноді частину коксу замінюють вугільним пилом і виконують процес, званий вдуванням вугільного пилу в доменну піч (скорочено ВВП). При вдуванні вугільного пилу використовуються прилади для подачі дуття.

Переваги такої заміни такі:

- ціна – вугільний пил коштує в 2-3 рази менше, у перерахунку на одиницю тепла;
- продуктивність – заміна коксу вугільним пилом дозволяє покращити продуктивність доменної печі (експерименти показали збільшення продуктивності приблизно на 15-16%);
- екологія – зменшення забруднення довкілля внаслідок меншої потреби використання коксових батарей.

Крім коксу, при коксуванні одержують коксовий газ та цінні хімічні продукти. 1 тонна сухої вугільної шихти дає 750-800 кг коксу, 320 м<sup>3</sup> газу, 38 кг кам'яновугільної смоли, 11 кг бензолу. Теплота згоряння коксового газу дорівнює 17 МДж/м<sup>3</sup>. Оскільки кокс – дорога і дефіцитна сировина, для використання більш доступного погано коксівного вугілля намагаються замінити звичайний продукт формованим, одержуваним шляхом високотемпературного пресування вугільної шихти з вугілля, що не коксується.

Що ж до природного газу, що є паливом для доменної плавки, то його теплотворна здатність дорівнює 38 МДж/м<sup>3</sup>. Метан становить близько 90% природного газу, решта – інші вуглеводні. Цей газ не містить сірки та фосфору та успішно використовується для інтенсифікації доменного процесу разом з газоподібним киснем. Також у доменній плавці крім природного газу можуть використовувати кам'яновугільний пил, мазут.

## **1.2 Водопостачання коксохімічного виробництва**

На діючих підприємствах існують оборотне і оборотно-прямоточне водопостачання, причому прямоточне використовується лише в окремих випадках

для закритої теплообмінної апаратури, у якій відпрацьована вода у процесі використання лише нагрівається.

Для підприємств, що будуються та реконструюються, з умов ліквідації забруднення водних об'єктів, як правило, приймається тільки оборотне водопостачання, яке здійснюється у вигляді окремих замкнутих циклів відповідно до технології виробництва.

Окремі системи оборотного водопостачання застосовуються для вуглезбагачувальної фабрики, гасіння коксу, охолодження газу та хімічних продуктів у закритій теплообмінній апаратурі, кінцевого охолодження газу в холодильниках безпосередньої дії, охолодження та грануляції пеку, охолодження сірчаної кислоти в зрошувальних холодильниках тощо.

### **1.2.1 Вуглезбагачувальна фабрика**

На збагачувальних фабриках як середовище, в якому здійснюються технологічні процеси, використовується вода. Її витрата становить 3-4 м<sup>3</sup>/т збагачуваного вугілля, тобто декілька тисяч кубічних метрів на годину.

Для зменшення витрати технічної води в схемах фабрик передбачається багаторазове її використання в обороті (циркуляція). Це дозволяє скоротити забір води з різних джерел (поверхневих водойм, підземних свердловин) до 0,1-0,2 м<sup>3</sup>/т збагачуваного вугілля.

Для водного господарства вуглезбагачувальних фабрик коефіцієнт ефективності використання води складає 0,93-0,98.

Свіжа технічна вода, яка надходить на вуглезбагачувальну фабрику, спочатку використовується її механізмами (робота вакуум-насосів, ущільнення сальників шламових насосів тощо). Якщо витрата води, необхідної для роботи механізмів, перевищує втрати її у водно-шламовому оборотному водоспоживанні, то надлишок її для запобігання дебалансу води в обороті слід використовувати в інших цехах.



Оскільки вуглезбагачувальні фабрики на відміну від інших основних цехів коксохімічного підприємства продуктивно працюють лише 17-18 годин на добу, подачу на них додаткової води з метою вирівнювання її витрати на підприємстві слід здійснювати цілодобово крізь регулюючу ємність.

Зі збільшенням вмісту у воді твердих часток зростає ефективна в'язкість води, знижується ефективність відсадки, осадження, зневоднення, підвищується зольність концентратів. Для нормального здійснення технологічних процесів вміст твердих часток в оборотній воді не має перевищувати 50-80 г/дм<sup>3</sup>.

Головними недоліками існуючих водно-шламових схем є:

- великий комплекс освітлювально-згущуючого устаткування, які потребують значних капіталовкладень;
- велика кількість технологічних операцій із зневоднювання різних продуктів та освітленню шламових вод;
- недосконалість використовуваної апаратури, винос вугілля з водою;
- значні циркуляційні навантаження, що призводять до збільшення об'ємів пульпи та додаткового утворення шламів.

Основними заходами, спрямованими на підвищення ефективності водношламового господарства вуглезбагачувальних фабрик, є:

- комбіновані водно-шламові схеми, що передбачають освітлення лише частини шламових вод до вмісту твердих часток 40-60 г/дм<sup>3</sup>. Для споживачів, що не мають підвищених вимог до якості оборотної води, вона подається після неглибокого очищення або взагалі без будь-якої обробки;
- попереднє згущення частини шламу перед флотацією. За цією схемою дрібний концентрат в зумпфах зневоднюється за допомогою багер-елеваторів. Одна частина зливу із зумпфа надходить безпосередньо на флотацію, а інша – до радіального згущувачу. Навантаження на згущувач при видачі згущеного продукту із вмістом твердого 220-250 г/дм<sup>3</sup> можна приймати рівною 4-5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·годину).

Раціональна водно-шламова схема вуглезбагачувальної фабрики показана на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Раціональна водно-шламова схема збагачувальної фабрики

Головна відмінність цієї схеми – відділення шламу на початку процесу, що запобігає надмірному утворенню шламу та його циркуляції.

На збагачення подають практично чисту воду. Підрешітний продукт спрямовується на гідралічний класифікатор, де виділяється шлам з розмірами часток менше 0,5 мм. Витрата води на мокру класифікацію не перевищує 2,5-3,0 м<sup>3</sup>/т, тому злив класифікатору спрямовується безпосередньо на флотацію. Дрібний концентрат відсадних машин також надходить до відсадного класифікатору, оскільки практично весь вихідний шлам виділений спочатку. В злив класифікатору міститься невелика кількість шламу та він використовується для класифікації рядового вугілля.

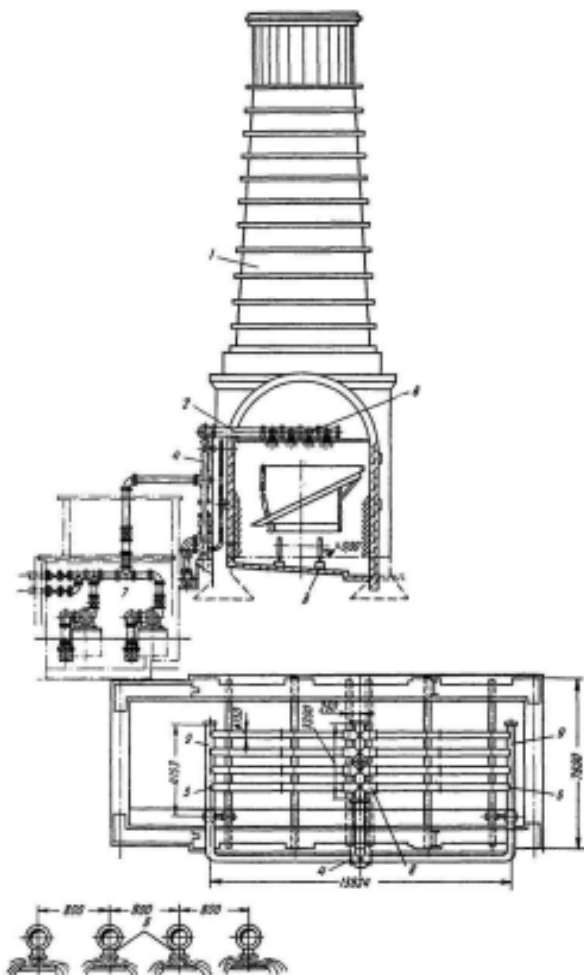
### 1.2.2 Гасіння коксу

Кокс видають з печей з температурою 1000-1100 °С. Щоб запобігти горінню розпеченого коксу після вивантаження з печі, зробити його транспортабельним та

придатним до зберігання, його температуру слід знизити до 100-250 °С, тобто «погасити».

Гасіння можна здійснити мокрим або сухим способом.

Коксогасильна установка (рис. 1.2) складається з гасильної вежі та відстійників для освітлення вод гасіння.



1 – вежа; 2 – зрошувальний пристрій; 3 – залізнична колія; 4 – підвідний водогін; 5 – зрошувальні труби; 6 – патрубки з відбійниками; 7 – насосна станція; 8 – центральний колектор; 9 – бічні колектори

Рисунок 1.2 – Установка мокрого гасіння коксу

Всередині гасильної вежі знаходиться зрошувальний пристрій, а над ним знаходиться витяжна труба для відведення утвореної за гасіння водяної пари. Вода на гасіння коксу надходить до зрошувальної системи за допомогою насосів великої потужності (типу фекальних). Витрата води, що надходить на гасіння,



залежить від температури та властивостей коксу (готовності, крупності, питомої поверхні) і в середньому складає 4-5 м<sup>3</sup>/т коксу.

Частина води, що йде на гасіння (10-15 %), випаровується, а частина лишається в коксі, при цьому його вологість зростає в середньому до 3-5 %, а все тепло коксу, поглинуте водою, втрачається повністю та безповоротно.

Більша частина води повертається до оборотного циклу та надходить для освітлення у відстійники. Через нагрівання води за гасіння коксу температура води у відстійниках встановлюється на рівні 70-80 °С. Для поповнення втрат до оборотного циклу додають біохімічно очищену, а за необхідності (нестачі біохімічно очищеної води) – і технічну воду. Коксовий шлам з відстійників періодично видаляють грейфером.

Управління гасінням та відстоєм має бути автоматичним.

Тривалість гасіння та відстою має складати 1,5-3 хв. Для камер більшої ємності тривалість гасіння має бути більшою. За всіх умов відстій вагону з коксом має тривати не менш ніж 50 с.

Можливе застосування імпульсного гасіння, коли вода протягом циклу гасіння подається не безперервно, а кількома імпульсами тривалістю 10-30 с кожний. В інтервалах між імпульсами кокс охолоджується утвореною під час імпульсів водяною парою. Це дозволяє забезпечити більш рівномірне охолодження коксу за всім об'ємом, зменшити витрату води, кількість викидів пари з гасильної вежі, зекономити електроенергію на живлення насосів.

Перевагами мокрого гасіння є:

- малі капітальні витрати;
- відсутність пиління коксу за сортування та відвантаження.

Недоліки:

- повністю втрачається тепло розпеченого коксу (40 % від загальної витрати тепла на коксування);
- викиди забруднюючих речовин в атмосферу з гасильної вежі;
- різке охолодження коксу призводить до інтенсивного тріщиноутворення, зниження виходу крупного коксу та погіршенню його якості;

- збільшення витрати тепла та коксу в доменних печах, зменшення їх продуктивності;

- інтенсивна корозія металоконструкцій в районі гасильної вежі.

Метод та установка сухого гасіння коксу (УСГК) ґрунтуються на охолодженні розпеченого коксу циркулюючими газами з наступним використанням тепла газів в котельній установці.

Сухе гасіння має низку важливих переваг:

- відсутність викидів забруднювальних речовин в атмосферу з гасильної вежі;

- можливість покриття потреби коксохімічного виробництва в парі та електроенергії внаслідок утилізації тепла розпеченого коксу;

- мінімальна вологість коксу;

- отримання більш однорідного коксу за крупністю;

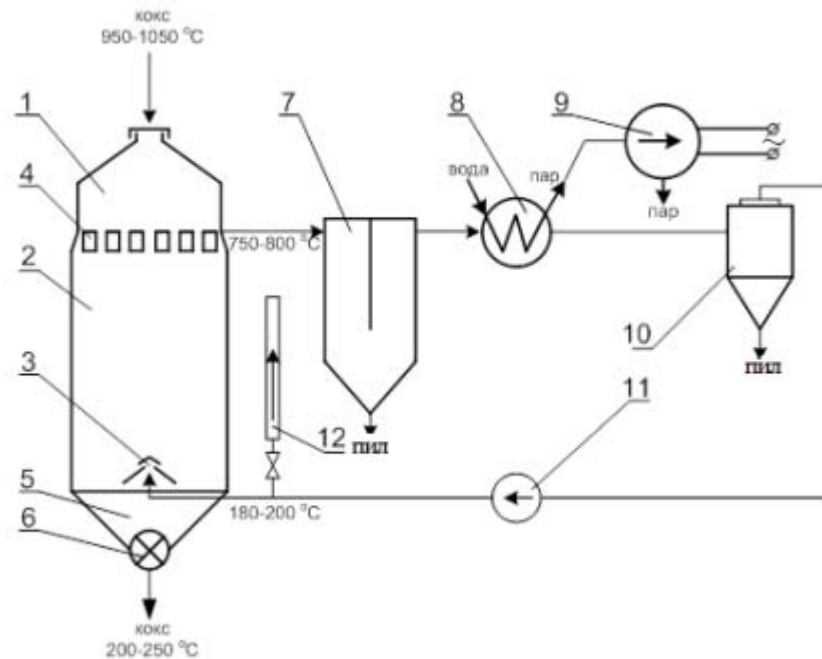
- поліпшення якості коксу за рахунок відсутності різкого охолодження та додаткової витримки коксу в верхній частині УСГК;

- запобігання корозії металоконструкцій в районі гасильної вежі.

Принципова технологічна схема УСГК наведена на рис. 1.3.

Розпечений кокс піднімається до завантажувального пристрою камери в зйомному кузові коксовозного вагону спеціальним підйомником та потрапляє до форкамери установки, розташованої безпосередньо над камерою гасіння.

Форкамера призначена для приймання розпеченого коксу та поступового надходження його до камери гасіння. Між камерою та форкамерою є вікна для виведення з камери гасіння гарячих газів. Верхня частина камери гасіння має циліндричну форму (висота 9 м та діаметр 6 м), нижня частина – у вигляді звуженого донизу зрізаного конусу. Між верхньою та нижньою частинами вмонтовані пристрої для введення охолоджувальних газів. Вони подаються до камери за всім периметром конічної частини та в центрі крізь розподілювач.



1 - форкамера; 2 – камера гасіння; 3 – дуттєвий пристрій; 4 – косі ходи; 5 – зона розвантаження; 6 – розвантажувальний пристрій; 7 – пилоосаджувальна камера; 8 - котел-утилізатор; 9 – турбіна; 10 – циклон; 11 – димосмок; 12 – свіча для скиду надлишкового теплоносія

Рисунок 1.3 – Принципова технологічна схема установки сухого гасіння коксу (УСГК):

Цим досягається рівномірний розподіл газів за всім перерізом камери. Кокс в циліндричній частині охолоджується газами, що рухаються знизу догори. В нижній частині конусу знаходиться герметичний розвантажувальний пристрій для видачі коксу на конвеєри. Вивантаження коксу з камери забезпечує його просування згори донизу.

Нагріті гази відводяться з верхньої частини камери за усім периметром горизонтального перерізу крізь вікна до кільцевого газоходу, потім до камери знепилювання, проходять вздовж теплообмінних поверхонь котла-утилізатору, а потім надходять до циклонів для додаткового відділення пилу.

Це запобігає ерозії робочих поверхонь димосмоку, який подає охолоджені інертні гази до камери гасіння.



Продуктивність сучасних конструкцій УСГК становить за коксом 70-140 т/год.

Головні технологічні параметри блоку УСГК за роботи з проектною потужністю мають бути наступними:

- температура завантаженого коксу – 850-1050 °С;
- температура поверхні погашеного коксу на стрічці – не більше 250 °С;
- температура циркулюючого газу перед котлом – не більше 800 °С;
- те ж на вході до камери гасіння – 150-180 °С;
- питома витрата дуття – до 1500 м<sup>3</sup>/т коксу;
- питомий виробіток пари (тиск 3,9 МПа, температура 440 °С) – 0,5 т/т коксу.

Сухому гасінню коксу притаманні й певні ризики:

- великі капітальні витрати;
- втрата частини коксу внаслідок газифікації в камерах УСГК (т.зв. «угар»);
- підвищене пиління коксу;
- додаткові викиди забруднювальних речовин до атмосфери з надлишками циркулюючого газу.

### **1.2.3 Теплообмінна апаратура**

Теплообмінники - це пристрої, в яких здійснюється теплообмін між середовищами, які гріють, і середовищами, які нагріваються. Для того щоб розібратися в різноманітті теплообмінників, їх класифікують за певними ознаками.

У теплообмінних апаратах здійснюються майже всі види теплових процесів, тому залежно від виконуваних функцій їх поділяють на такі основні групи: нагрівані, випарники і кип'ятильники, холодильники і конденсатори, випарні апарати, пастеризатори, регенератори, деаератори тощо.

Залежно від виду робочих середовищ розрізняються теплообмінники:

- рідинно-рідинні - при теплообміні між двома рідкими середовищами;

- парорідинні - при теплообміні між парою і рідиною;
- газорідинні — при теплообміні між газом і рідиною.

За способом передачі теплоти розрізняються теплообмінники поверхневі і змішувальні.

У поверхневих теплообмінниках відбувається передача теплоти через поверхню нагрівання. У змішувальних теплообмінниках здійснюється обмін теплотою при безпосередньому змішуванні теплоносіїв. Поверхневі теплообмінники бувають рекуперативні та регенеративні.

У рекуператорах теплоносіїв і продукт, між якими відбувається теплообмін, знаходяться по різні боки стінки, що їх розділяє. В регенераторах одна й та же поверхня апарату омивається по чергово то теплоносієм, то продуктом. Ці теплообмінники в харчовій промисловості значного поширення не отримали. Тому далі під назвою «по-верхневі теплообмінники» або просто «теплообмінники» будемо розуміти рекуперативні теплообмінники.

За тепловим режимом розрізняються теплообмінники періодичної дії, в яких спостерігається нестационарний тепловий процес, і безперервної дії з процесом, що встановився в часі.

За конфігурацією поверхні теплообміну розрізняються теплообмінники: трубчасті, пластинчасті, спіральні, оболонкові і з оребреною поверхнею. Трубчасті теплообмінники, в свою чергу поділяються на кожухотрубні, змієвикові, типу «труба в трубі», елементні секційні, зрошувальні і комбіновані.

Окрім наведених основних класифікаційних ознак теплообмінних апаратів, їх можна класифікувати за додатковими ознаками. Так за напрямом руху робочих середовищ розрізняють теплообмінники прямоточні, протитечійні, з перехресною течією і зі змішаною течією; за числом ходів теплоносія розрізняють теплообмінники одноходові і багатходові; за жорсткістю конструкції — теплообмінники жорсткого, напівжорсткого і нежорсткого типу.

Кожухотрубні теплообмінники можуть бути виготовлені одно-, дво-, чотири-, шестиходовими по трубному простору, з перегородками або без них у міжтрубному просторі.

### 1.2.4 Очистка коксового газу

Коксовий газ – горючий газ, що утворюється в процесі коксування кам'яного вугілля, тобто при нагріванні його без доступу повітря до 900–1100°C.

Газ, що утворюється при коксуванні, містить багато цінних речовин. Крім водню, метану, оксидів вуглецю, до його складу входять пари кам'яновугільної смоли, бензен (бензол), аміак, сірководень та ін. Парогазову суміш, що відходить з коксових камер, уловлюють і відводять у цех конденсації на переробку.

Коксовий газ охолоджується до температури 25-30°C, при цьому він конденсується і з нього виділяється смола, підсмольна (аміачна) вода.

Використовують як паливо у промислових печах, газових двигунах, як сировина в хімічній промисловості.

Основним споживачем коксового газу є металургія, переважна більшість коксохімічних заводів розташовано на металургійних підприємствах або поблизу них.

Застосовується це паливо також у машинобудівництві, керамічній і скляній галузі. Використовується у вигляді палива для парових і водогрійних котлів.

Склад і властивості коксового газу можуть незначно відрізнитися в залежності від умов коксування і якості вихідного матеріалу.

Приблизний склад:

- водень  $H_2$  - 50-60%;
- метан  $CH_4$  - 20-30%;
- оксид вуглецю  $CO$  - 5-7%;
- діоксид вуглецю  $CO_2$  - 2-3%;
- азот  $N_2$  - 2 - 3,5%.

Основні властивості:

- густина при температурі 0 ° С і атмосферному тиску 760 мм.рт ст.: 0,45 - 0,50 кг/м<sup>3</sup>;
- середня теплота згоряння: 17,5 мДж / м<sup>3</sup>;

– температура самозаймання: 600-650 °С.

Коксовий газ – токсична і вибухонебезпечна речовина. Вибухонебезпечна концентрація у повітрі від 6 до 30%.

Коксувальний газ, виведений з печей (прямий газ), непридатний до використання. Після виробництва, газ підлягає очищенню і уловлюванню продуктів сухої перегонки вугілля і вологи.

Прямий коксовий газ до уловлювання містить приблизно 300-500 г/м<sup>3</sup> водяної пари, 100-125 г/м<sup>3</sup> смоли, 30-40 г/м<sup>3</sup> бензольних вуглеводнів, 7-1 г/м<sup>3</sup> аміаку, 5-20 г/м<sup>3</sup> сірководню і часткові вкраплення сірковуглецю, оксиди азоту, ціану.

Від зайвої вологи і деякої частки смоли коксовий газ очищується шляхом конденсації або виморожування. Залишки смоли осаджуються на електрофільтрах.

Бензол поглинається кам'яновугільним або солярним маслом. Аміак і сірка уловлюються з газу для подальшої переробки в лікарські препарати.

Уловлювання інших домішок в першу чергу обумовлено збереженням обладнання та газопроводів, так як зайвий вміст даних речовин може стати причиною виходу обладнання з ладу, забивання труб і пальників, гідравлічних ударів.

Технологічні агрегати коксохімічного виробництва умовно за призначенням можна об'єднати в такі групи. Перша група – цехи підготовки шихти, тобто кладування, усереднення, збагачення та сушка вугілля, що складають шихту коксової батареї.

Друга група – власне коксові батареї, включаючи завантажувально-розвантажувальні механізми, установки гасіння коксу та інше обладнання. Камери батареї завантажують через спеціальні вікна завантажувальною машиною. Після вирівнювання рівня шихти в камері коксовиштовхувачем і її герметизації починають процес коксування. Для виштовхування спеченого «пирога» з камери в коксо-гасильний вагон служить коксовиштовхувач.

Третя група – апарати очистки коксового газу, тобто установки і споруди для уловлювання смол, фусов (згустків смоли і шматочків шихти), аміаку, сірководню, нафталіну та інших домішок.

Четверта група – апарати і установки з переробки вловлюються хімічних продуктів.

На початковій стадії очищення уловлювання окремих домішок в коксовому газі не забезпечується вибірково, так як в період проходження газу через різні вловлюючі апарати в більшій чи меншій мірі уловлюються всі домішки, що містяться в ньому. Вибірчий метод забезпечує в більшості випадків домінуюче уловлювання певних речовин, подальше виділення яких в чистому вигляді при необхідності відбувається на додаткових установках.

Коксовий газ, насичений парами летючих речовин і містить деяку кількість захоплених дрібних частинок шихти і крапельок смоли, при 700-800°C відсмоктується в колектори-газозбірники, розташовані уздовж коксової батареї. У газозбірниках в період транспортування газ охолоджується до 80-90°C, оскільки рясно зрошується надсмольної аміачною водою, розбризкується форсунками по всій довжині збірника газу.

Температура газу в газозбірнику знижується, так як тепло газу витрачається на випаровування значної частини зрошуючої води. Для посилення цього ефекту воду, що зрошує, подають з температурою близько 80°C (холодна вода гірше випаровується) і добре розпилюють форсунками під напором 1,5 ат, щоб забезпечити розвинену поверхню крапель води і кращий контакт з газом. У цих умовах відбувається насичення газу парами води. Конденсація летючих речовин - незначна, так як точка роси не досягається. У газозбірниках випадають механічні домішки: фуси і смоли, які постійно змиваються надсмольної водою в спеціальні пастки з подальшим відведенням на освітлювачі. Таким чином, газозбірники коксової батареї призначені для:

- а) рівномірного відводу газу з камер коксування і усереднення його складу;
- б) первинного охолодження газу, що значно зменшує його обсяг і, природно, металоємність наступних апаратів і витрати енергії на його очищення.



Крім того, первинне охолодження газу готує його до подальшого уловлювання з нього водяної пари і летких компонентів;

в) первинного очищення газу від фусов і смоли.

Від газосборників коксовий газ і стікає надсмольна вода відводяться в сепаратор, в якому вони поділяються: газ надходить на остаточне охолодження в холодильники, а надсмольна вода з фусами і смолою відводиться в освітлювачі. Температура газу в сепараторі практично не змінюється (близько 80°C). Сепаратор є пустотілою вертикальною посудиною діаметром близько 2м і висотою 4,5 м.

Процеси подальшого уловлювання з газу нафталіну, бензолу, сірководню та інших компонентів протікають при  $\sim 25-35$  °C. Строго регламентується температура і хімічних поглиначів, що буде зазначено нижче. Для охолодження газу перед улавливанням з нього зазначених домішок застосовують спеціальні холодильники. У первинних холодильниках в період охолодження газу до 25- 35 °C конденсуються майже вся смола і водяні пари, які відводяться в проміжну ємність-збірник, а потім перекачуються насосами в відстійники - освітлювачі. Конденсовані пари води частково розчиняють аміак, що міститься в газі. надсмольну воду, що утворюється при цьому і яка за питомою вагою легше смоли і розташовується над нею, називають ще аміачної.

Холодильники по методу охолодження газу діляться на трубчасті поверхневі теплообмінники і скрубєрні безпосереднього охолодження. Як правило встановлюють кілька газових холодильників, що працюють паралельно, з необхідним резервом. Трубчасті теплообмінники являють собою споруди, в яких газ, проходячи в міжтрубному просторі холодильника, охолоджується з 80-90°C до 30-35°C, так як віддає частину, тепла охолоджуючої води, температура якої підвищується з 25 до 35 °C. У трубчасті газові холодильники подають чисту (технічну) воду, яку повторно використовують після охолодження в градирнях.

Скрубєрні холодильники безпосередньої дії являють собою вертикальну вежу з кількома ярусами дерев'яної хордової насадки або металевими дірчастими полками, зрошуваними аміачною водою, що знаходиться у власному оборотному

циклі. Охолодження зрошуючої води, яка насичується аміаком, неможливо на повітряних градирнях, так як це викликає неприпустиме забруднення атмосфери. Воду після скрубєрних газових холодильників перед повторним використанням охолоджують в закритих трубчастих теплообмінниках, зрошуваних технічною водою додаткового циклу водопостачання. Розглянуті типи холодильників знайшли широке застосування на коксохімічних заводах, але останнім часом віддають перевагу трубчастим холодильникам.

Коксовий газ після охолодження і відділення смоли і вологи в газозбірниках, сепараторі і холодильниках подається газодувками (ексгаустерами) в наступні очисні установки. Весь газовий тракт від коксової батареї до ексгаустерів знаходиться під розрідженням, що досягає 600 мм вод. ст.

Надсмольна вода, що відводиться з газосборників, сепараторів, холодильників і інших апаратів, після освітлення від фусов і смол в спеціальних відстійниках повертається, як вже зазначалося вище, на повторне зрошення цих апаратів. Кількість надсмольної води в замкнутому оборотному циклі водопостачання цих апаратів безперервно поповнюється в результаті конденсації вологи, парів смоли та інших речовин, що містяться в коксовому газі.

Охолодження газу і виділення зазначених речовин з коксового газу відбуваються безперервно в період проходження газу через ці апарати. Надмірна кількість аміачної води відводиться і корисно використовується. Відокремлені в відстійниках смоли також йдуть на подальшу переробку.

Коксовий газ, що надходить в ексгаустерної відділення, містить деяку кількість дрібних крапель і газових бульбашок смоли та інших речовин, вловити які не вдається описаними вище способами, так як вони знаходяться в туманоподібному стані. Зазвичай вміст смол перед ексгаустерами 2-5 г/м<sup>3</sup>.

### 1.3 Джерела утворення стічних вод коксохімічного виробництва

Стічні води КХЗ складаються із вологи шихти, пірогенетичної вологи, а також вологи, яка утворюється в процесах одержання і переробки сирого бензолу та кам'яновугільної смоли. Таким чином, джерелами стічних вод є:

- стічні води аміачних колон після переробки надсмольної води;
- сепараторні і відстійні води бензольного відділення і цехів по переробці сирого бензолу і смоли.

Вміст у стічних водах окремих компонентів представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вміст окремих компонентів в стічних водах коксохімічного виробництва

Найменування	Вміст домішок, мг/дм <sup>3</sup>				
	феноли	аміак	ціаніди	сірководень	роданіди
Стічна вода аміачних колон	800-2000	200-500	40-80	50-150	300-700
Сепараторна вода бензольних колон	200-300	до 50	до 20	-	50-100
Сепараторна вода бензольних колон	до 50	-	-	-	-
Сепараторна вода смолопереробного цеху	4000-10000	100	-	до 50	-

Найбільш шкідливими домішками є фенол та його гомологи, сірководень, ціаністі сполуки. Ці сполуки, в першу чергу фенол, легко окислюються киснем, розчиненим у воді. Унаслідок цього вода стає біологічно мертвою, тобто згубною для риб та інших живих організмів. ГДК (гранично допустима концентрація) для фенолу у питній воді становить 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Завод середньої потужності, на якому за добу коксується 6000 т шихти, виділяє зі стічними водами більше 1500 кг фенолів, що достатньо для отруєння всього живого у прилеглих водоймах.

Тому очистка стічних вод від фенолів повинна сполучатися з їх виділенням у товарному вигляді.

Феноли стічних вод складаються із 60% фенолу та 30-40% крезолів, які мають значну цінність для народного господарства.

### **1.3.1 Цех очистки коксового газу**

Разом з коксовим газом в газозбірник поступають пари води, що утворилися за рахунок пірогенетичної води і вологи вугільної шихти. Виділений в сепараторові водяний конденсат коксового газу повертається зрештою в газозбірник, а частина його у кількості 8 м<sup>3</sup>/год прямує на переробку на БХУ.

Основна частина пари води конденсується в первинних газових холодильниках, звідки через ряд промзбірників прямує на аміачно-знефенолювальну установку (50...55 м<sup>3</sup>/год) і частково на поповнення оборотної води циклу газозбірника.

Ще одним джерелом утворення стічних вод цеху є сепараторні води бензолowego відділення і стік від кінцевих газових холодильників.

### **1.3.2 Сульфатне відділення**

Для збору і передачі в загальний стік заводу в с сульфатному відділенні є насосна з трьома збірниками для:

1. Збору і повернення оборотної води, що охолоджує.
2. Збору технологічних стічних вод:
  - робочого поглинювального розчину;
  - промивних вод від установки колоїдної сірки;
  - конденсатів випарних апаратів і розплаву солей установки роданистого натрію;
  - конденсатів паропідігрівачів;
  - води з конденсатовідводчиків.

3. Збору господарчо-побутових стічних вод цеху і прилеглої території.

Таким чином, в загальний стік заводу, призначений для біохімустановки (5м<sup>3</sup>/год), поступає стічна вода з високим вмістом солей, в тому числі роданіду.

### 1.3.3 Цех ректифікації

Основні джерела скидів з цеху ректифікації це сепараторні води (15...16 м<sup>3</sup>/год), відпарений луг від миття фракцій і конденсати пари від підігрівачів.

## 1.4 Характеристика стічних вод

У складі стічних вод коксохімічних заводів присутні леткі і нелеткі з'єднання аміаку, неорганічні домішки, розчинені та дисперговані органічні сполуки.

Найбільш забрудненими за вмістом аміаку і фенолів є надсмольні води цеху уловлювання і сепараторні води. У них концентрація аміаку може досягати 5...7 г/л і фенолів 1,5...3 г/л; у сепараторній воді смолопереробного цеху концентрація фенолів може бути до 8 г/л.

Орієнтовна характеристика стічних вод коксохімічного заводу [2] приведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Характеристика стічних вод цехів коксохімічного заводу

Показники	Аміачно-сульфатне відділення	Бензолове відділення	Цех ректифікації	Смоло переробний цех	Гасіння коксу
Температура, °С	100	40-60	60	70	-
Окислюваність, г/л	0,08-1,6	1,4-5,0	0,05-0,3	1,2-7,0	0,07-0,45
pH	8,9	6,5-7,5	> 7	> 7	7,8
БСК, г/л	0,7-1,0	1-3	0,1	-	-
Завись, г/л	0,3-2,0	-	0,05	0,2-1,0	0,07-6,5
Смоли і масла,	0,03-0,5	-	до 0,01	-	-



г/л					
Сухий залишок, г/л	-	-	0,1-0,5	-	-
Феноли, г/л	0,15-0,25	0,3-0,4	0,2-0,3	0,3-3,5	до 0,1
Аміак, г/л	0,05-0,1	0,1-0,6	0,3-1,0	0,3-1,0	0,01-0,05
Роданід, г/л	-	0,02-0,1	до 0,04	0,02-0,1	-
Ціаніди, г/л	-	0,02	-	0,03	-

Після попереднього очищення надсмольних і сепараторних вод і змішення їх із стоками інших цехів після механічного очищення забруднення в загальному стоці фенольних вод містяться в наступних концентраціях, г/л : фенолів - 0,2...0,4; аміаку загального - 0,3...1; сірководня - до 0,1; роданіду - до 0,04; ціанідів - 0,02...0,04; смоли і масел - 0,1...1. У загальному стоці знаходяться також хлориди і сульфати у вигляді аміачної і кальцієвої солей, домішки нафталіну, піридину і вуглеводнів; рН = 8...9; окислюваність біля 1г/л O<sub>2</sub>; БСК5 близько 0,8 г/л.

Швидкість випадання з води зважених речовин (смоли і мінеральних речовин) можна визначити по рис. 1.5, з якого видно, що 70% осідання випадає з води при швидкості 0,1 мм/сек. Частина масла і інших легких фракцій не осідає, а спливає у відстійнику.

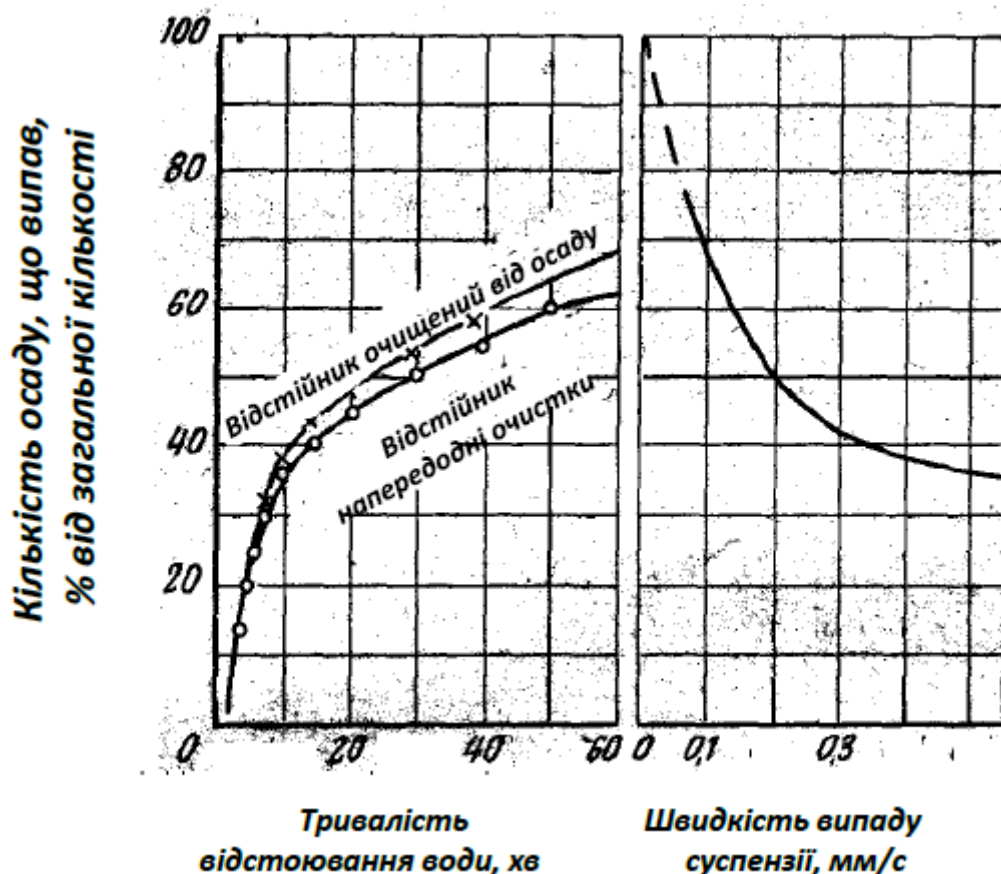


Рисунок 1.3 - Кінетика процесу випадання зависі з фенольних стічних, вод

При уловлюванні бензолу соляровим маслом спливання його доходить до 20% загальної кількості.

На споруди біохімічного очищення поступає стік з початковим вмістом, мг/л :

- смол і масел 400 - 600;
- фенолів 400 - 600;
- роданіду 300 - 400;
- аміаку 200 - 300;
- ХСК 250 - 3000;
- рН 7 - 9.

Витрата стічних вод складає близько 180 м<sup>3</sup>/год, температура води біля 30°C.

Згідно з технологічними нормами вміст домішок в очищеній воді повинен складати, мг/л:

- смол і масел 20 - 30;
- фенолів 1 - 2;
- роданіду 5 - 10;
- ціанідів 1 - 2;
- аміаку 200 - 300;
- ХСК 300 - 500;
- рН 7 - 8.

### **1.5 Огляд способів очистки фенолвмісних стічних вод**

Стічні води, що поступають на біохімічну установку, піддаються спочатку механічному очищенню, а потім біохімічному.

Механічне очищення полягає в звільненні стічних вод від смоли, масел і інших домішок. Основними спорудами для механічного очищення є смоловідстійник і масловіддільник.

Біохімічне очищення здійснюється в аераційному басейні (аеротенку). Суспензія, що утворилася, з відмираючих мікроорганізмів і інших домішок проходить вторинний відстійник; осад з вторинного відстійника або підсушується на дренажному майданчику і віддаляється, або зброджується в метантенках.

#### **1.5.1 Очистка надсмольних стічних вод (відстоювання, флотація, відгонка)**

Смоли і масла зазвичай пригнічують активність мікроорганізмів при біологічному очищенні стічних вод. Результати досліджень [3] показують, що помітне зниження дегідрогеназної активності активного мулу відбувається при концентраціях поглинювального і антраценового масел відповідно 30 і 50 мг/л. Таким чином, видалення смол і масел із стічних вод коксохімічних заводів потрібне як для нормальної експлуатації технологічного устаткування так і для забезпечення їх глибокого очищення на біохімічних установках.

Серед численних описаних в літературі методів видалення смол і масел - фільтрування, відстоювання, адсорбція, коагуляція, флотація і тому подібне – в коксохімічній промисловості найбільше поширення отримали відстоювання, фільтрування і флотація.

Для поліпшення процесу відстоювання смол і масел від надсмольної води на деяких коксохімічних підприємствах були встановлені додаткові відстійники на лінії подачі надсмольної води в аміачну колону, проте практика показала їх недостатню ефективність.

Ширше застосування знайшов метод відстоювання для видалення смол і масел з фенольних стічних вод загальнозаводської каналізації. Кожен первинний відстійник розрахований на перебування в ній стічної води протягом 6 - 8 годин і забезпечує видалення основної кількості смол і масел до залишкового їх вмісту у воді 200-300 мг/л. Слабку аміачну воду подають насосом з відділення конденсації через фільтр, де вона очищається від смол, проходячи зверху вниз крізь завантаження з кварцового піску. Для регенерації фільтру його періодично відключають і промивають потоком гарячіше за надсмольну воду від низу до верху з напірного бака, куди вона подається із збірки потім обезфенольнувального скрубера. Продукти промивання фільтру поступають у відстійник, звідки смолу, що відстоялася, передають в механізований освітлювач.

Для очищення надсмольної води методом фільтрування на коксохімічних заводах встановлюють звичайні механічні фільтри типу ТКЗ, вживані на станціях водопідготовки. Процес очищення води в кварцовому фільтрі здійснюється при температурі 35-40° С. Гідравлічний опір фільтру при очищенні води складає 0,8-1,4 атм. Досягши верхньої межі опору фільтр відключають і піддають регенерації шляхом промивки гарячою водою з температурою 90-95° С. Витрата води на регенерацію складає близько 45 м<sup>3</sup>, або близько 3% від об'єму очищеної води. Дослідження показали, що при середньому вмісту смоли в вихідній воді 200 мг/л можна забезпечити очистку її на 95% при тривалості фільтроциклу 96 год. Тривалість роботи фільтру між двома регенераціями можна визначити по

експериментально встановленій його смолоємності, що становить близько 50 - 60 кг смоли на 1 м<sup>3</sup> загрузки піску, що фільтрує.

Тривала експлуатація кварцових фільтрів показала, що при дотриманні регулярності їх промивання через 96 год вони забезпечують стабільне очищення від смол і масел на 95% впродовж півроку, після чого доцільно замінити частину шару піску, що фільтрує. Масловіддільники, що працюють за принципом безнапірної флотації, встановлені після первинних відстійників на усіх заводах. Масловіддільник флотації забезпечує стабільне очищення стічних вод від смол і масел до їх залишкового змісту 58-74 мг/л, причому коливання в початковій концентрації цих речовин мало впливають на результати очищення. Залишкова концентрація смол і масел потім флотаційного масловіддільника може бути знижена при додаванні в початкову воду коагулянту - сірчаноокислого закисного заліза. Цей метод, забезпечує вміст смол і масел в очищеній воді на рівні 30-35 мг/л. Доза сірчаноокислого заліза не перевищує 30 - 70 мг/л.

Останніми роками на нових біохімічних установках запроектовані установки для видалення смол і масел за допомогою напірної флотації. Недоліки кварцових фільтрів, пов'язані з їх періодичним режимом роботи, необхідністю чіткого фракціонування піску, нерівномірністю ступеня очищення води в часі, а також з вимушеною заміною піску через 0,5 - 1 рік, привели до розробки екстракційного методу знесмолювання надсмольних вод. Екстракційний спосіб витягання смол і масел з надсмольних вод заснований на використанні як екстрагенту продукту коксохімічного виробництва - сирого бензолу. Можливість застосування цього методу пояснюється тим, що, незважаючи на значну розчинність бензолу у воді, технологія її наступної переробки дозволяє досить повно видалити екстрагент і приєднати його до бензолу, що знаходиться в прямому коксовому газі, внаслідок чого втрати бензолу зводяться до мінімуму.

Початкова надсмольна вода зазвичай з температурою 50-55°C безпосередньо в насосі змішується з невеликою кількістю сирого бензолу. Для підвищення ефективності екстракції і видалення твердих часток з води суміш прокачується через кварцові фільтри і поступає у відстійник безперервної дії.



Регенерація кварцових фільтрів здійснюється періодично гарячою водою з напірного бака, причому тривалість одного фільтроциклу в даному випадку набагато вище, оскільки основна кількість смол і масел не затримується на кварцовому піску, а екстрагується сирым бензолом. За відсутності кварцових фільтрів суміш води з бензолом можна направляти безпосередньо у відстійник.

Бензоловий екстракт, що відокремився від води, переробляється на існуючому устаткуванні цеху уловлювання хімічних продуктів коксування. Слід підкреслити, що його кількість складає близько 20% від бензолу, що виробляється, в цеху. У випарнику відбувається розподіл пари бензолу і води від залишку, що не випарувався. Пари подаються у верхню частину колони для відгону сирого бензолу з поглинювального масла, а залишок скидається в регенератор поглинювального масла і приєднується до отримуваних в ній полімерів, збільшуючи кількість останніх не більш чим на 10%.

Знесмолена вода, що відстоялася від бензолового екстракту, містить 1,5-2,0 г/л сирого бензолу, який може бути достатній повно видалений з неї в процесі витягання леткого аміаку і аміачній колоні, При цьому бензолові вуглеводні поступають разом і парами аміачної колони в газопровід прямого коксового газу перед газодувкою. Оскільки кількість цього бензолу складає усього 1,5-2,5% від загальної кількості бензолових вуглеводнів, що знаходяться в газі, то воно не ускладнює завдання їх вловлювання з коксового газу. Проте на багатьох коксохімічних підприємствах частина пари з аміачної колони (іноді до 50%) використовується в технологічному процесі для виділення сирих легенів піридинових підстав з маткового розчину сатураторів. Балансові розрахунки показують, що кількість бензолових вуглеводнів, які в цьому випадку потраплять на піридинову установку, складає від 60 до 140% від кількості піридинових луг, що виробляються. Іншими словами, замість звичайного, продукту, якість якого регламентується технічними вимогами, виходитиме суміш піридинових луг з сирым бензолом, переробка яких буде ускладнена. Тому в тих випадках, коли пари аміачної колони використовуються на піридинових установках, рекомендується встановлювати спеціальний десорбер бензолу перед аміачною

колоною. Достатня повнота десорбції може бути забезпечена продуванням знесмоленої води невеликою кількістю зворотного коксового газу (25-30 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> води, або 1,5-2,0% від загального потоку коксового газу) з приєднанням його до основного потоку прямого газу перед газодувками. По іншому варіанту можна використовувати десорбцію бензолу водяною парою з наступною конденсацією і розподілом шарів в конденсаторі і сепараторові. Витрата водяної пари (32 кг на 1 м<sup>3</sup> води) відповідає відношенню вода: бензол в азеотропній суміші. Перевагою такої десорбції є отримання бензолу в рідкому виді, який можна відразу приєднати до початкового екстрагента.

Основні показники бензолово-екстракційного способу знесмолювання надсмольних вод: температура 50-55 °С; відношення води і бензолу 50:1; час відстоювання 1 год.

### **1.5.2. Очистка від фенолів**

Виробничі стічні води, що містять, органічні речовини у вигляді фенолів, роданіду, ціанідів та ін., можуть бути очищені за допомогою хімічних процесів, що протікають за участю живих організмів, що окислюють і мінеральні і органічні речовини. Цей спосіб дістав назву біохімічного окислення. Сприятливе середовище створюється в очисних спорудах, які заповнюються проточною водою і заселяються живими мікроорганізмами. Ці мікроорганізми можуть бути спеціально вирощені (так звані, чисті культури) або переведені у вигляді активного мулу. Активний мул є пластівчастими частками з продуктів мінералізації, заселеними великою кількістю аеробних бактерій і інших нижчих організмів; активний мул якнайкраще виходить при спільному очищенні виробничих і побутових стічних вод. Для того, щоб жити, розвиватися і розмножуватися, мікроорганізми повинні житися - переробляти речовини зовнішнього середовища, тобто засвоювати різні хімічні сполуки. При зростанні і розвитку клітини мікроорганізму здійснюється велика робота. Енергія, необхідна для цієї роботи, утворюється, при розкладанні хімічних з'єднань. Зазвичай енергія

виділяється при окисленні (сполученні з киснем) різних речовин. Окрім живлення (асиміляція), в живій клітині йдуть процеси зворотного порядку - частки живого тіла розпадаються і замінюються новими. У ще більшій кількості розпадаються в клітині мікроорганізму ті хімічні з'єднання, які звільняють необхідну для роботи енергію або служать для побудови інших речовин клітинного тіла. Ці два взаємозв'язані процеси - процес побудови речовини свого тіла (асиміляція) і процес розпаду (дисиміляція) - і складають основу обміну речовин, основу життєдіяльності усього живого. Отже, сприятливими для життєдіяльності мікроорганізму є такі умови, які надають мікробу можливість живитися і отримувати енергію.

Багато мікроорганізмів задовольняють свою потребу в кисні і водні, необхідних для побудови їх тіла, за рахунок води. У воді, крім того, завжди знаходяться необхідні мікробам мінеральні солі, що містять фосфор, сірку, залізо, і деякі інші елементи. Потреба ж в інших, особливо важливих - для побудови тіла елементах - вуглеці і азоті - багато мікроорганізмів задовольняють за рахунок не лише білків, жирів і вуглеводів, але і за рахунок майже усіх хімічних сполук, що містять ці два елементи. Деякі види мікроорганізмів задовольняються найпростішими з'єднаннями, що містять вуглець і азот, або засвоюють ці речовини, як похідні кам'яного вугілля або нафти. Цю виняткову здатність мікроорганізмів живитися самими різними з'єднаннями і використовують для очищення стічних вод від домішок, отриманих водою в процесі виробництва.

Оскільки не усі мікроорганізми однаковою мірою здатні до утилізації будь-яких з'єднань, що містять азот і вуглець, то для очищення фенольних стічних вод можуть бути заздалегідь відібрані шляхом тривалого накопичення і вирощування багатократним пересіванням в лабораторних умовах найбільш активні види мікроорганізмів, що руйнують фенол, роданід, ціаніди і інші органічні речовини. В процесі експлуатації біохімічних знефенолювальних установок виявлено, що для збереження активності специфічних культур фенолруйнівних бактерій не слід допускати попадання побутових стоків у фенольні води, що очищаються. Фенольні стічні води, що поступають на очищення, повинні мати постійні склад,

температуру 25-30°C, рН = 7-8,5. Перед аеротенком вода має бути добре, очищена від механічних домішок, смол і масел. У активному мулі при очищенні концентрованих фенольних вод переважають мікроорганізми з родів *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Mikrococcus*. Простіші представлені в основному родами *Colpoda*, *Vorticella* і *Opercularia*.

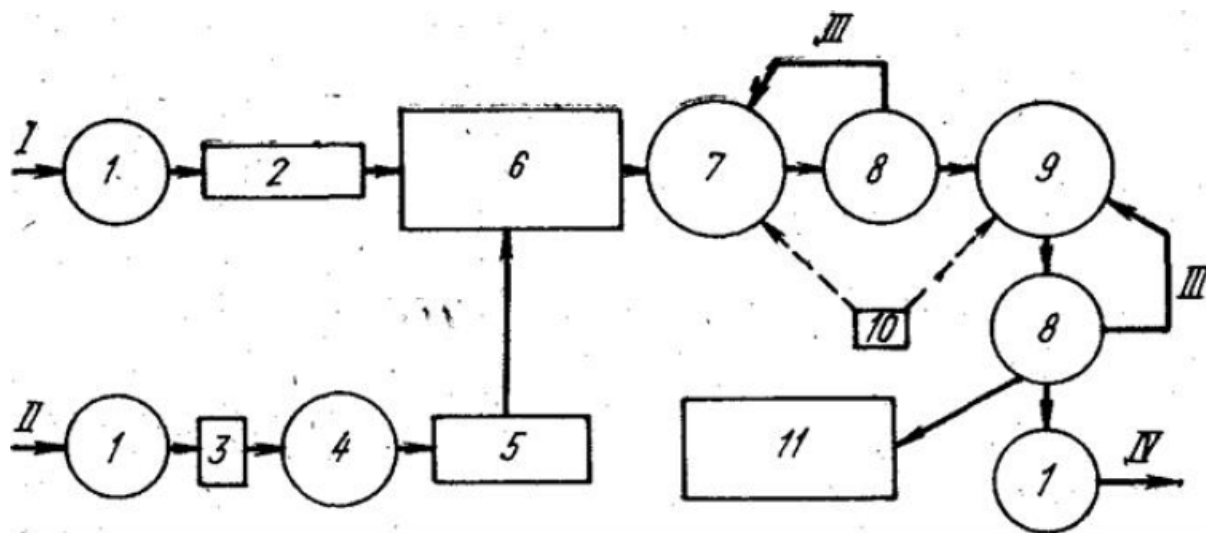
Дуже важливо, щоб в процесі очищення забезпечувалася достатня інтенсивність аерації води з метою збагачення її киснем. Розчинність кисню у воді істотно залежить від температури. Так, при 0°C в 1 л води розчиняється 14,6 міліграм кисню, при 20°C - 9,2 міліграмів і 30°C - 7,5 міліграмів. У стічних водах розчинність кисню взагалі нижче, ніж в чистій воді. Крім того, при підвищенні температури швидкість усіх хімічних і біологічних процесів збільшується. З досвіду роботи установок біологічного очищення стічних вод коксохімічного виробництва оптимальна температура біологічного окислення фенолів складає 30°C. Перші роботи, що відносяться до очищення концентрованих фенольних стічних вод коксохімічних і газових заводів, були проведені в 30-х роках минулого сторіччя. Оскільки в цих стічних водах знаходилася достатня кількість органічних речовин і азоту у вигляді амонійних з'єднань, основне завдання полягало в добавці фосфорного живлення, що необхідно для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів.

У активному мулі знаходяться мікроорганізми, які сприяють окисленню різних органічних забруднювачів стічної води. Частина з них може бути виділена в чистому вигляді і використана для окислення певних видів забруднень. Оскільки основна кількість органічних забруднень в стічних водах коксохімічних заводів представлено саме фенолами і роданідом, використання чистих культур лягло в основу так званого мікробного методу очищення коксохімічних стічних вод. По цьому методу побудовані і експлуатуються ряд біохімічних установок на коксохімічних підприємствах, де здійснюється двоступенева схема очищення води спочатку від фенолів, а потім від роданіду.

На коксохімічних підприємствах СНД нині працюють близько 20 біохімічних установок, що очищають стічні води або «мікробним методом», або

за допомогою активного мулу. Крім того, невелика частина стічних вод коксохімічних заводів піддається спільному біологічному очищенню з господарчо-побутовими стічними водами на міських очисних спорудах.

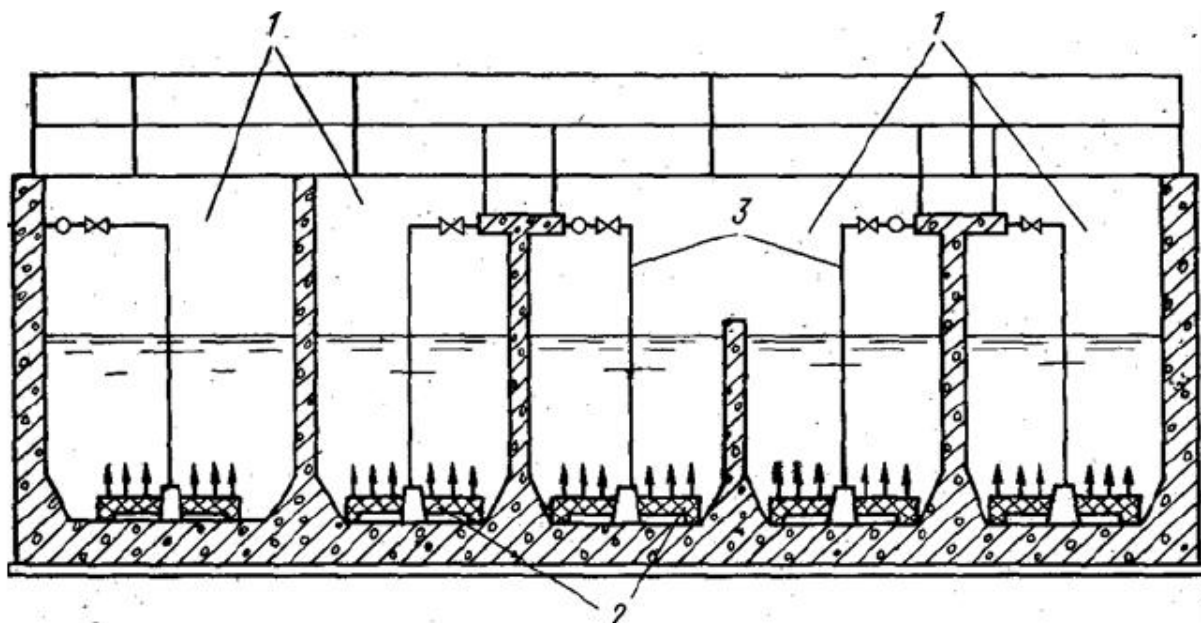
Надлишкова надсмольна вода знефеновлюючого скрубера через свій збірник подається в холодильники і після охолодження до температури 35-40° поступає в осереднювач. Фенольні стічні води загальнозаводської каналізації через свій збірник 1 подаються в преаератор, де заздалегідь насичуються невеликою кількістю повітря і поступають на очищення від смол і масел спочатку в первинний відстійник, а потім в масловіддільник флотації, після чого поступають в осереднювач. Усереднені стічні води самопливно розподіляються по біологічних басейнах - аеротенках першого ступеня. Очищені стічні води після I ступеня поступають в проміжні відстійники, де відокремлюються від активного мулу і прямують на II ступінь очищення в аеротенки, а активний мул повертається насосом або ерліфтом в аеротенк I ступеня. Після очищення на II ступеня вода поступає у відстійники, звідки також є повернення активного мулу і направляється на гасіння коксу або на міських очисні споруди. Надлишковий активний мул відводиться на дренажні майданчики.



I - надлишкова надсмольна вода; II - фенольні стічні води; III - повернення; IV - вода на гасіння коксу або міські очисні споруди Основним спорудженням біохімічної установки є біологічні басейни - аеротенки. На очисних спорудженнях коксохімічних заводів застосовуються аеротенки з пневматичною

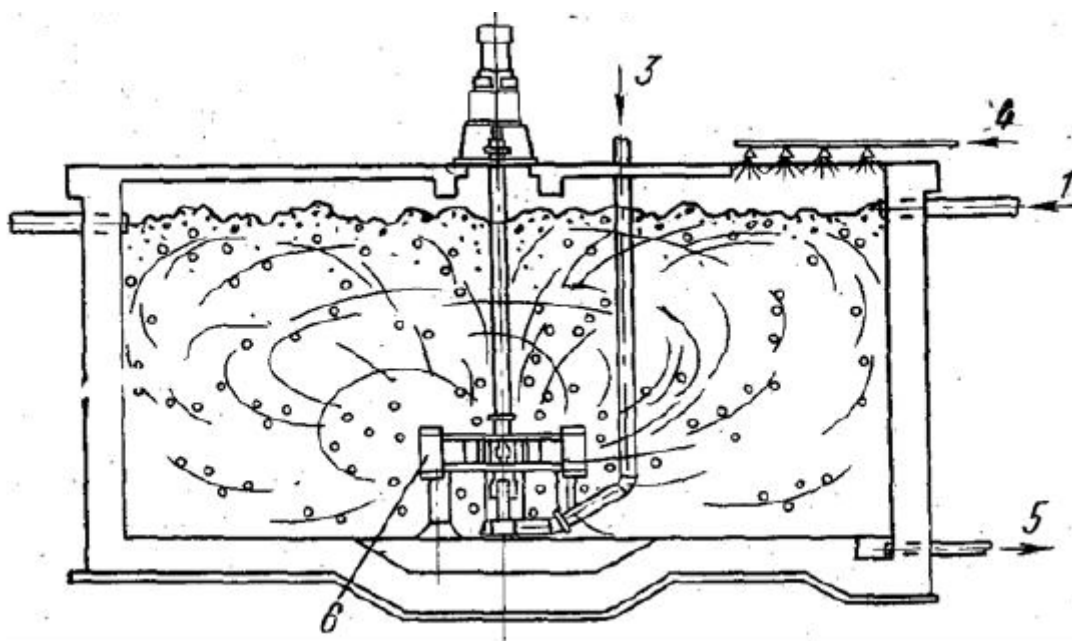
(рис. 2.4) і пневмомеханічною (рис. 2.5) аерацією. Інтенсивніша аерація досягається в аеротенках з пневмомеханічними диспергаторами

Рисунок 1.5 - Технологічна схема типової біохімічної установки



1 - секція басейну; 2 - розподільники повітря; 3 – повітроводи

Рисунок 1.6 - Аеротенк з пневматичною аерацією для очищення стічних вод



1 - підведення стічних вод; 2 - відведення очищених вод; 3 - подача повітря;  
4 - повернення очищених вод; 5 - трубопровід для спорожнення; 6 - механічний повітряний диспергатор



### Рисунок 1.7 - Аеротенк з пневмомеханічною системою аерації

Для нормальної експлуатації біологічних басейнів потрібна підтримка в них температури в межах 27-33° С, величини рН в межах 6,5-8,0, доза фосфорної кислоти або суперфосфату з розрахунку 25-40 міліграм Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> на 1 л початкової води, подача достатньої кількості повітря при пневматичній аерації 120-160 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> води, що очищається, при пневмомеханічній аерації 50-70 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

При обезфенолюванні стічних вод «мікробним» методом задовільні результати очищення, які характеризуються залишковим вмістом фенолів не більш 5 мг/л, можуть бути досягнуті при навантаженнях по фенолах до 1,2-1,6 кг/м<sup>3</sup>·добу для пневмомеханічної системи аерації або до 0,5 кг/ м<sup>3</sup>·добу при пневматичній системі аерації. Значно важче піддається біохімічному руйнуванню роданід на II ступені біохімустановки, що працює по мікробному методу. При біохімічному очищенні стічних вод з допомогою активного мулу досягається одночасне очищення фенольних стічних вод від фенолів, роданіду і інших органічних речовин. При цьому може бути значно скорочений необхідний об'єм біологічних басейнів в порівнянні з двоступінчатим «мікробним» очищенням.

Приблизно однакова ступінь очищення досягається в обох випадках при однакових навантаженнях по роданіду. Проте, при використанні активного мулу і одноступінчатому проведенні процесу відпадає необхідність в попередньому обезфенолюванні стічної води, що дозволяє скоротити загальний об'єм біологічних басейнів. Мікробіологічні дослідження активного мулу, що очищає стічні води коксохімічних заводів, показали, що з 13 ідентифікованих мікроорганізмів не вдалося виділити жодного чисто роданідруйнівного - шість видів, являються тільки фенолруйнівними, а інші проявляють здатність до окислення і фенолів, і роданіду. Ця обставина підтверджує можливість одночасного окислення вказаних забруднень.

### 1.5.3 Доочистка стічних вод

Велика різноманітність складу та властивостей що утворюються при

очищенні осадів стічних вод практично виключає створення та використання будь-яких універсальних способів зневоднення.

Осади, що утворюються при очищенні стічних вод умовно класифікують на такі основні категорії: мінеральні, органічні осади і надлишковий активний мул. Найбільш легко зневоднюються мінеральні осади та набагато важче органічні осади та надлишковий активний мул. Технологічні схеми обробки та подальшого зневоднення органічного осаду та надлишкового активного мулу включають, як правило, наступні стадії: попереднє ущільнення, зневоднення, термічне сушіння (спалювання). Перед зневодненням органічні осади можна зброджувати чи стабілізувати, і навіть кондиціонувати термореагентною обробкою.

## **1.6 Способи утилізації осадів від очистки стічних вод коксохімічного виробництва**

Для зниження вологості, осади, у тому числі надлишковий активний мул, ущільнюють.

На стадії попереднього ущільнення активного мулу найбільшого поширення набули відстоювання та флотація. Переваги флотаційного згущення суспензії активного мулу:

- простота апаратурного оформлення методу;
- незначна тривалість процесу;
- задовільні показники згущення суспензії активного мулу (ступінь згущення 3,0-5,0);
- не потрібна попередня реагентна обробка.

Досить широкого поширення набула напірна флотація для ущільнення надлишкового активного мулу. Сутність її полягає в насиченні води повітрям із значним пересиченням ним, що забезпечується створенням надлишкового тиску протягом деякого часу. При зниженні тиску до атмосферного починають виділятися дрібні бульбашки повітря, які і флотують частинки домішок, що містяться у воді.

При використанні такого методу для зневоднення надлишкового активного

мулу мікробну біомасу можна згустити у 305 разів. Такий ступінь згущення слід вважати хорошим за досить простого апаратурного оформлення процесу напірної флотації. Однак втрати мікробної біомаси з освітленою муловою водою при згущенні активного мулу напірною флотацією в деяких випадках порівняно великі.

Для зменшення втрат мікробної біомаси та підвищення ступеня згущення у вихідну суспензію активного мулу перед флотацією іноді додають реагенти, наприклад, розчини електролітів або поліелектролітів.

Інтенсифікація процесу флотації досягається також введенням ПАР в суспензію активного мулу, що згущується.

Дослідження показали, що одним із ефективних методів попереднього ущільнення активного мулу є також електрофлотація. Ступінь згущення активного мулу електрофлотацією становить 3-5 при вихідній концентрації 0,6-1,0% абсолютно сухих речовин, а енерговитрати становлять близько 1-2 кВт·год на 1 м<sup>3</sup> вихідної суспензії. Найбільший вплив на процес електрофлотації має щільність струму.

Для підвищення ступеня отримання біомаси активного мулу слід вводити у вихідну суспензію мінеральні коагулянти або синтетичні флокулянти.

Високоєфективним методом згущення опадів стічних вод та надлишкового активного мулу є центрифугування. Переваги способу - простота, економічність та низька вологість згущеного продукту; недолік - велике винесення твердої фази з освітленою рідиною (фугатом), що призводить до необхідності додаткової стадії очищення фугату, наприклад, сепаруванням.

Для зневоднення осадів стічних вод та надлишкового активного мулу найбільш ефективні безперервнодіючі, осаджувальні горизонтальні центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду. Перевага цих центрифуг - висока продуктивність при низькій питомій витраті енергії та масі. Недоліки - невисокий ступінь згущення осаду, а також швидке зношування шнека і ротора.

Всебічні дослідження безреагентного центрифугування осадів стічних вод і надлишкового мулу показали можливість практичного використання цього

способу. Досліджено новий спосіб обробки надлишкового активного мулу, що включає центрифугування суспензії активного мулу, що відбирається з вторинних відстійників.

Для підвищення ефективності центрифугування застосовують різні хімічні реагенти, зокрема, синтетичні флокулянти. Обробка флокулянтами катіонного типу дозволяє підвищити ефективність затримання сухої речовини до 95-99%.

Високий ступінь згущення твердої фази можна досягти на тарілчастих сепараторах.

Відомо, що ефективність згущення суспензії активного мулу з використанням сепараторів залежить від попередньої термореагентної обробки. Ефективність режиму термореагентної підготовки суспензії активного мулу до згущення перевірена у промислових умовах.

Технологічна схема зневоднення активного мулу з попередньою термореагентною обробкою, ущільненням напірної флотацією та з подальшим згущенням у центрифугах та сепараторах є перспективною та практичною.

Для кондиціонування активного мулу та опадів первинних відстійників та інтенсифікацій процесу згущення можна використовувати поряд з тепловою та реагентною обробкою та інші способи, наприклад з додаванням золи, зокрема отриманої від спалювання осадів стічних вод. Практичний та науковий інтерес представляє флокуляційно-відцентровий спосіб згущення суспензій.

Досить міцні пластівці утворюються в біосуспензіях, у тому числі і в суспензії активного мулу, при проведенні комплексної обробки. Один із найбільш ефективних способів такої обробки - аеробна стабілізація суспензії активного мулу з термореагентною обробкою. Слід зазначити, що термореагентна обробка не тільки посилює утворення агрегатів частинок квазітвердої фази біосуспензії, але і призводить до знешкодження готового продукту, що одержується в подальшому, що дуже важливо при використанні біомаси мікроорганізмів в якості кормової добавки. Іноді високий ефект флокуляції досягається лише при аеробній стабілізації та термообробці суспензії.

Після ущільнення (згущення) подальше зневоднення суспензії активного

мулу досягається випарюванням і сушінням або одним сушінням. Для сушіння надлишкового активного мулу та осадів стічних вод можна рекомендувати розпилювальні сушарки, безперервні сушарки струминного типу та сушарки з інертним псевдозрідженим носієм.

Оскільки концентрована суспензія мулу має високу в'язкість, перед сушінням її доцільно попередньо підігріти. Якщо ж біомаса надалі використовуватиметься як кормова добавка, то необхідна теплова обробка.

Утилізація осадів стічних вод та надлишкового активного мулу часто пов'язана з використанням їх у сільському господарстві як добрива, що зумовлено досить великим вмістом у них біогенних елементів. Активний мул особливо багатий на азот і фосфорний ангідрид, такі як мідь, молібден, цинк.

Найбільш ефективним способом зневоднення відходів, що утворюються під час очищення стічних вод, є термічна сушка. Перспективні технологічні способи зневоднення опадів і надлишкового активного мулу, що включають використання барабанних вакуум-фільтрів, центрифуг, з подальшою термічною сушкою і одночасною грануляцією дозволяють отримувати продукт у вигляді гранул, що забезпечує отримання зручного для транспортування, зберігання та внесення в ґрунт органо-мінерального добрива, що містить азот, фосфор, мікроелементи.

Поряд з перевагами одержуваного на основі осадів стічних вод та активного мулу добрива слід враховувати і можливі негативні наслідки його застосування, пов'язані з наявністю в них шкідливих для рослин речовин, зокрема отрути, хімікатів, солей важких металів тощо. У цих випадках необхідні суворий контроль вмісту шкідливих речовин у готовому продукті та визначення придатності використання його як добрива для сільськогосподарських культур.

Вилучення іонів важких металів та інших шкідливих домішок зі стічних вод гарантує, наприклад, отримання нешкідливої біомаси надлишкового активного мулу, яку можна використовувати як кормову добавку або добрива. В даний час відомо досить багато ефективних і простих в апаратурному оформленні способів вилучення цих домішок зі стічних вод. У зв'язку з широким використанням осаду стічних вод та надлишкового активного мулу як добрива виникає необхідність в

інтенсивних дослідженнях можливого впливу присутніх у них токсичних речовин (зокрема важких металів) на зростання та накопичення їх у рослинах та ґрунті.

### **1.7 Обґрунтування та вибір схеми очистки**

Вибір оптимальних технологічних схем очищення води - досить складне завдання, що обумовлено переважним різноманіттям домішок, що перебувають у воді, і високими вимогами, пред'явленими до якості очищення води. При виборі способу очищення домішок враховують не тільки їх склад у стічних водах, а й вимоги, яким повинні задовольняти очищені води: при скиданні у водоймище - ГДС (гранично допустимі скидання) та ГДК (гранично допустимі концентрації речовин), а при використанні очищених стічних вод у виробництві – ті вимоги, які необхідні для здійснення конкретних технологічних процесів.

Для приготування зі стічних вод технічної води або забезпечення умов скидання очищених стічних вод водойм велике значення має техніко-економічна оцінка способів підготовки води. Економічну перевагу мають, як правило, замкнуті системи водокористування. Проте процес заміни сучасних виробництв безвідходними, у тому числі й із повністю замкнутою системою водовикористання, є досить тривалим. Тому частину очищених стічних вод скидають у водоймища. У цих випадках необхідно дотримуватись встановлених нормативів для відносної концентрації шкідливих речовин в очищених стічних водах.

Схеми очищення, що застосовуються, повинні забезпечувати максимальне використання очищених вод в основних технологічних процесах і мінімальне їх скидання у відкриті водойми. При широкому впровадженні оборотних систем є додаткові резерви щодо скорочення витрати свіжої води та зменшення скидання у відкриті водойми. При широкому впровадженні оборотних систем є додаткові резерви щодо скорочення витрати свіжої води та зменшення скидання стічних вод у водоймища (удосконалення технологічних процесів, підвищення ефективності очищення стічних вод). Стічні води є чистими, якщо їхнє відведення у водні

об'єкти не призводить до порушення норм якості води в контрольованому створі або пункті водовикористання.

Ступінь очищення стічних вод при скиданні їх у водоймища визначається нормативами якості води водоймища в розрахунковому створі і великою мірою залежить від фонових забруднень. Для зниження концентрацій шкідливих домішок, присутніх у стічних водах, до необхідних величин необхідне досить глибоке очищення. Тому важливе значення має надійний контроль ступеня очищення стічних вод, оскільки з посиленням вимог до якості очищених вод значення ГДК більшості шкідливих речовин знижується і, отже, зростають труднощі визначення. Крім того, контроль ускладнюється щодо концентрацій шкідливих речовин у сильно розведених стічних водах.

## **2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА**

### **2.1 Розрахунок преаератору**



Преаератори застосовуються для попередньої аерації стічних вод у таких випадках:

- при вмісті завислих речовин більше 300 мг/л та необхідності знизити їх концентрацію більшою мірою, ніж можуть знизити первинні відстійники.
- за наявності домішок виробничих стічних вод, що надають несприятливий вплив на процеси біологічного очищення та експлуатацію наступних споруд.

Преаерація здійснюється у спеціальних резервуарах-преаераторах або в каналах, що підводять перед первинними відстійниками. При влаштуванні преаераторів рекомендується проводити регенерацію активного мулу.

Місткості відділень для регенерації приймаються рівними 0,25-0,3 загального обсягу. Кількість мулу, що подається, приймається не більше 50% надлишкового. Кількість повітря, що подається приймається 0,5 м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup> рідини за розрахунковою витратою.

Преаератори можуть передбачатися перед первинними відстійниками всіх типів як окремих, прибудованих чи вбудованих споруд.

При встановленні преаераторів ефективність затримання забруднень у відстійниках зростає на 10-15% [1].

Об'єм преаератору, м<sup>3</sup> :

$$V = Q \cdot t / 60 = 200 \cdot 20 / 60 = 67, \quad (2.1)$$

де Q - витрата стічної води, м<sup>3</sup>/год;

t - час аерації, 20 хв [3].

Площа преаератора, м<sup>2</sup>:

$$F = Q / q_0 = 200 / 5 = 40 \quad (2.2)$$

де q<sub>0</sub> - питоме гідравлічне навантаження, 5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год)[12].

Глибина преаератора, м:

$$H = V / F = 67 / 40 = 1,7 \quad (2.3)$$

Приймаємо дві секції преаератора розмірами 3x7x1,7м.

Витрата повітря, що подається в преаератор, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_v = Q \cdot q_v = 200 \cdot 5 = 1000 \quad (2.4)$$

де  $q_v$  - питома витрата повітря, 5м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> стічної води [12].

## 2.2 Розрахунок смоловідстійника

Смолівідстійники призначені для очищення стічних вод від нафтопродуктів, що містяться в них.

Смолівідстійники працюють за принципом відстоювання стоків: через різну щільність води та нафтопродуктів, вони поділяються, після чого «масляну плівку» легко абсорбувати і видалити. В результаті вода очищається до встановлених технологічних норм і може бути спрямована на біохімічне очищення.

Об'єм відстійника, м<sup>3</sup>:

$$V = Q \cdot t_{отс} = 200 \cdot 2 = 400, \quad (2.5)$$

де,  $t_{отс}$  – час відстоювання, 2-4 год [7]

Площа відстійника, м<sup>2</sup>:

$$F = V / (n \cdot H_p) = 400 / (2 \cdot 3) = 67 \quad (2.6)$$

де  $n$  – кількість відстійників,  $\geq 2$  [4]

$H_p$  – робоча глибина відстійника, 1,5-4 м [4]

Діаметр відстійника, м:

$$D = \sqrt{4F / \pi} = \sqrt{4 \cdot 67 / 3,14} = 9,24. \quad (2.7)$$

Приймаємо типовий смоловідстійник  $D=9,5$  м [10]

Маса уловленого осаду, т/доб.:

$$G_{\text{сух}} = \frac{C_o \cdot \mathcal{E} \cdot Q}{1000 \cdot 100} = \frac{600 \cdot 0,9 \cdot 200}{1000 \cdot 100} = 1,08, \quad (2.8)$$

де  $C_o$  - початкова концентрація смол та масл, мг/л;

$\mathcal{E}$  - ефект освітлення;

$Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/доб.

Висота відстійника у стінки, м:

$$H_0 = H_p + H_1 + H_2 = 3 + 0,3 + 0,5 = 3,8, \quad (2.9)$$

де  $H_1$  - висота зони накопичення осаду, рівна 0,3 м [4] ;

$H_2$  - узвиштя борта відстійника над крайкою збірною кільцевого жолоба, дорівнює 0,5 м [15].

Глибина відстійника в центрі, м:

$$H_{\text{ц}} = H_p + H_1 + i \cdot D/2 = 3 + 0,3 + 0,15 \cdot 9,5/2 = 4 \quad (2.10)$$

де  $i$  - ухил днища, 0,15 [4].

Об'єм осадової частини відстійника, м<sup>3</sup>:

$$V'_{\text{ос}} = \frac{\pi D^2}{4} \left( H_1 + \frac{iD}{6} \right) = \frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} \left( 0,3 + \frac{0,15 \cdot 9,5}{6} \right) = 21 \quad (2.11)$$

### 2.3 Розрахунок флотатора

Флотатор для очищення стічних вод – це технологічне обладнання ємнісного типу, призначене для відділення та видалення з рідкого середовища різних типів забруднень: органічних речовин, олій, жирів, ПАР, нафтопродуктів, інших видів домішок.

Флотатори забезпечують видалення нерозчинних дрібнодисперсних частинок, які залишаються у воді після проходження відстійників.

Метод флотації має на увазі очищення забрудненого рідкого середовища від домішок, забезпечуючи спливання нерозчинних фракцій на поверхню. Ефект спливання досягається рахунок подачі в рідину диспергованого повітря. Під впливом бульбашок забруднення виявляють гідрофобні чи гідрофільні властивості.

Часто у флотатор додають луги, коагулянти, флокулянти. Вони збільшують швидкість утворення шламу, а також підвищують якість очищення. Активні речовини мають гарні адгезійні якості. Вони допомагають механічним частинкам краще прилипати до бульбашок газу.

Об'єм флотатора, м<sup>3</sup>:

$$V_{\Phi} = Q t_{\Phi} / [60(1 - k_{\text{АЭР}})] , \quad (2.12)$$

де,  $Q$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

$t_{\Phi}$  - час флотації, 20-30 хв[4];

$k_{\text{АЭР}}$  - коефіцієнт аерації, 0,4-0,6[8].

$$V_{\Phi} = 200 \cdot 25 / 60(1 - 0,6) = 208 \text{ м}^3$$

Кількість флотаторів не менше 2. Тоді площа одного флотатора  $F_{\Phi} = 104 \text{ м}^2$ .

Діаметр радіального флотатора :

$$D = \sqrt{4F_{\phi} / \pi}, \quad (2.13)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 104 / 3,14} = 11,51 \text{ м}$$

Приймаємо флотатор діаметром 12 м.

Число повітророзподільних труб :

$$n_{\text{ТР}} = \pi D / (2 \cdot l) \quad (2.14)$$

где  $l$  – відстань між трубами, 0,25...0,3 м [4].

$$n_{\text{ТР}} = 3,14 \cdot 12 / (2 \cdot 0,3) = 62 \text{ шт}$$

Витрата повітря, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{\text{В}} = Q \cdot I, \quad (2.15)$$

де  $I$  - інтенсивність аерації, 0,1-0,5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> [8].

$$Q_{\text{В}} = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальне число сопел :

$$n_{\text{С}} = Q_{\text{В}} / (3600 \cdot f_{\text{С}} \cdot v_{\text{С}}), \quad (2.16)$$

де  $f_{\text{С}}$  - площа отвору сопла, при його діаметрі 1-1,2 мм;

$v_{\text{С}}$  - швидкість виходу повітря 100-200 м/с [9].

$$n_{\text{С}} = 10 / (3600 \cdot 7,5 \cdot 10^{-7} \cdot 200) = 188 \text{ шт}$$

Число сопел на трубі:

$$n_{\text{С}}' = n_{\text{С}} / (2 n_{\text{ТР}}), \quad (2.17)$$

$$n_{\text{С}}' = 188 / (2 \cdot 8) = 12 \text{ шт}$$

Відстань між ними для радіальних флотаторів:

$$l_c = D / 2 \cdot n_c', \quad (2.18)$$

$$l_c = 12 / 2 \cdot 12 = 0,5 \text{ м'}$$

Робочий тиск повітря близько 0,5 МПа

## 2.4 Розрахунок усереднювача

Графік надходження стічних вод може мати довільний характер. Для стоків підприємств характерні нестабільність їх витрат та складу, що пов'язано з особливостями технологічних процесів. Витрата й забрудненість стоків в обмежений період часу можуть змінюватися від мінімуму до максимуму.

Для вирівнювання кількісного та якісного складу стічних вод промислових підприємств застосовують усереднювачі. Надходження на очисні споруди виробничих стічних вод с постійною витратою та усередненою концентрацією забруднень підвищує ефект механічної очистки, а також наступних етапів очистки. Завдяки усередненню досягається економія матеріальних та енергетичних ресурсів на очищення стічних вод внаслідок зменшення розрахункових витрат і концентрацій забруднень та підвищення надійності роботи очисних споруд. шВ резервуарах – усереднювачах накопичуються й перемішуються стічні води, завдяки чому вирівнюються концентрації забруднень; взаємно нейтралізуються кислі і лужні стоки й виключаються різкі коливання навантаження на весь ланцюжок очисних споруд [7].

Об'єм усереднювача, м<sup>3</sup>:

$$V = Q \cdot t = 200 \cdot 24 = 4800 \quad (2.19)$$

де Q - витрата стічної води, м<sup>3</sup>/год;

t - час усереднювання, 24 год [1].

Приймаємо 3-х секційний усреднювач об'ємом 5000 м<sup>3</sup>, типовий проект 902-2-337.

Витрата повітря на перемішування, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{\text{в}} = Q \cdot q_{\text{в}} = 200 \cdot 30 = 6000 \quad (2.20)$$

де  $q_{\text{в}}$  - питома витрата повітря, 30 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> стічної води [3].

Для подачі повітря приймаємо турбоповітродувку ТВ-100-1,12 продуктивністю 6000 м<sup>3</sup>/ч, тиск нагнітання 0,112 МПа, потужність електродвигуна 40 кВт [15].

## 2.5 Розрахунок реагентного господарства

У технологічному процесі біологічного очищення передбачено біогенне підживлення азото- і фосфоромісними реагентами на стадії аеробного очищення для протікання біоокислювальних процесів та забезпечення аеробних мікроорганізмів біогенними елементами.

Найбільш сприятливою умовою для процесу очищення в аеротенці є співвідношення в стічній воді, що надходить, складових: БПК<sub>пов</sub> : N : P = 100 : 5 : 1 [4]. При нестачі цих елементів у стічних водах їх додають азот та фосфор у вигляді амонійних та фосфорних реагентів.

Як фосфорне живлення мікроорганізмів застосовується ортофосфорна кислота, яка подається в усреднювач.

Об'єм місткостей для зберігання кислоти, м<sup>3</sup>:

$$V_c = \frac{Q \cdot D \cdot T}{10000 \cdot P_c \cdot \gamma} = \frac{200 \cdot 24 \cdot 13.5 \cdot 30}{10000 \cdot 73 \cdot 1.12} = 2.34 \quad (2.21)$$

де  $Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/доб.;

$D$  - розрахункова доза реагенту, 13,5 г/м<sup>3</sup> [5];

$T$  - тривалість зберігання реагенту, 15-30 діб.[4];

$\gamma$  - об'ємна маса реагенту, т/м<sup>3</sup>;

$P_c$  - вміст основної речовини в товарному продукті, 73% [4].

Приготування розчину реагенту виробляють в баках, місткість яких, м<sup>3</sup>, визначають по формулі :

$$W = \frac{Q \cdot n \cdot D}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 13.5}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 0.65 \quad (2.22)$$

де Q - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

n - час, на який заготовлюють розчин кислоти, 10..12 год;

b<sub>p</sub> - концентрація розчину реагенту в баку розчину, 5-10% [4];

γ - об'ємна маса розчину реагенту, 1 т/м<sup>3</sup>.

Приймаємо два баки розмірами 0,7х0,7х0,7м.

Продуктивність насоса-дозатора, л/год :

$$Q_p = \frac{Q \cdot D}{10 \cdot b_p} = \frac{180 \cdot 13,5}{10 \cdot 5} = 48,6 \quad (2.23)$$

Приймаємо насос-дозатор НД 120/6 продуктивністю 36 – 120 л/год, потужність електродвигуна 0,6 КВт [15].

## 2.6 Розрахунок аеротенку

Біохімічний розпад тієї чи іншої речовини залежить від ряду хімічних та фізичних факторів, як, наприклад, наявності функціональних груп у молекулі, величини молекули та структури, розчинності речовини, утворення проміжних продуктів та їх взаємодії та інших. Утворення проміжних продуктів обумовлюється також біологічними чинниками - складністю обмінних процесів у клітинах мікроорганізмів, варіабельністю штамів бактерій, впливом середовища проживання і тривалістю адаптації мікроорганізмів.

Двохатомні феноли успішно окислюються адаптованим комплексом бактерій, причому пірокатехін вдвічі швидше, ніж резорцин. Найбільш важко окислюється



гідрохінон. При окисленні багатоатомних фенолів утворюються пофарбовані хіноїдні сполуки.

Для очищення від фенолу стічних вод коксохімічного виробництва використовується бактеріальний комплекс фенолруйнівних мікроорганізмів, який використовується для збагачення активного мулу, що наростає при очищенні стічної води фенолу в аеротенках.

У стічних водах коксохімічного виробництва містяться роданіди. Біохімічне окислення останніх роданідруйнівних мікроорганізмів йде з утворенням іонів амонію та сульфату.

Ефективність біохімічного очищення залежить від низки факторів, основними з яких є: температура, реакція середовища (рН), кисневий режим, наявність біогенних елементів та токсичних речовин, рівень живлення мікроорганізмів.

Оптимальна температура, при якій добре розвиваються фенол-і роданідні руйнівні мікроорганізми - 30 - 35 °С. Активна життєдіяльність цих мікроорганізмів зберігається за 20 - 40 °С. Якщо температурний режим відповідає оптимальному, то зростання культури, і навіть швидкість обмінних процесів у клітині помітно нижче розрахункових значень. Найбільш несприятливий впливом геть розвиток культури надає різке зміна температури. При аеробному очищенні негативний вплив підвищеної температури посилюється зменшенням розчинності кисню.

Концентрація водневих іонів (рН) істотно впливає розвиток мікроорганізмів. Фенол- і роданідруйнівні мікроорганізми найкраще розвиваються в середовищі з рН 6,5 – 8,0. Відхилення рН за межі 6 - 9 спричиняє зменшення швидкості окислення внаслідок уповільнення обмінних процесів у клітині, порушення проникності її цитоплазматичної мембрани та інше, що призводить до погіршення біохімічного очищення. При рН нижче 5 та вище 10 мікроорганізми гинуть.

Оскільки концентрація забруднюючих речовин, які підлягають біохімічне (феноли і роданід), в стічній воді, що поступає, більше 150 мг/л, то до проектування приймається аеротенк-змішувач.

Об'єм аеротенка, м<sup>3</sup>:

$$, W = 24Q \left( \frac{(C_F^H - C_F^K)}{OM_F \cdot 1000} + \frac{(C_P^H - C_P^K)}{OM_P \cdot 1000} \right) = 24 \cdot 180 \left( \frac{(400-1)}{0,6 \cdot 1000} + \frac{(400-10)}{0,4 \cdot 1000} \right) = 7084 \quad (2.26)$$

де Q - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

C<sub>F</sub><sup>H</sup>, C<sub>F</sub><sup>K</sup>, C<sub>P</sub><sup>H</sup>, C<sub>P</sub><sup>K</sup> - відповідно початкові і кінцеві концентрації фенолів і роданіду, мг/л;

OM<sub>F</sub>, OM<sub>P</sub> - окислювальна потужність аеротенка, кг/(м<sup>3</sup>·доб),

для фенолів 0,6...1,2; для роданіду 0,4...0,6 [5].

Тривалість аерації в аеротенках-змішувачах, год:

$$t = W / Q = 7084 / 200 = 35,4 \quad (2.27)$$

Регенерація активного мулу передбачається при концентрації забруднень, що підлягають біохімічності, в стічній воді, що поступає в аеротенк, більше 150 мг/л.

Доля циркулюючого мулу від розрахункового припливу стічної води :

$$R = \frac{a}{\frac{1000}{J} - a} = \frac{3}{\frac{1000}{110} - 3} = 0,49 \quad (2.28)$$

де J - індекс мулу, 110 см/г [6];

a - доза мулу, 3 г/л [9].

Об'єм регенератора, м<sup>3</sup>:

$$W_p = t \cdot R \cdot Q = 35,4 \cdot 0,49 \cdot 200 = 3469 \quad (2.29)$$

Приймаємо чотирьохкоридорний аеротенк тип А-4-6,0-4,4 загальним об'ємом 7600 м<sup>3</sup>. Ширина коридору 6 м, глибина 4,4 м, довжина 72 м

Доза мулу в регенераторі, г/л :

$$a_p = [1/(2R) + 1] a = [1/(2 \cdot 0,5) + 1] \cdot 3 = 6 \quad (2.30)$$

Середня доза мулу в системі, г/л :

$$a_{cp} = \frac{a \cdot W_a + a_p \cdot W_p}{W} = \frac{3 \cdot 3800 + 6 \cdot 3800}{7600} = 4,5. \quad (2.31)$$

Приріст мулу в аеротенках усіх типів, мг/л:

$$\Pi = 0,8 \cdot C_B + K_{И} \cdot (C_{ИH} = 0,8 \cdot 20 + 0,7(400 + 400)) = 566 \quad (2.32)$$

де  $C_B$  — кількість зважених речовин в стічній воді, що поступає в аеротенк, мг/л;

$K_{И}$  — доля забруднень, що йде на приріст мулу, 0,4...0,7 [12].

За наявності в стічних водах смол, жирів, в'язких нафтопродуктів доцільне застосування ерліфтних аераторів [10]

Необхідна витрата повітря в аеротенку, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_B = \frac{Q \cdot (\sum C_I^H - \sum C_I^K) \cdot 100 \cdot K_1}{1000 \cdot K_O \cdot \rho_0 \cdot K_2 \cdot K_3} = \frac{200(800 - 11) \cdot 100 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,21 \cdot 1,429 \cdot 0,8 \cdot 3,4} = 23198 \quad (2.33)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт запасу, 1,2...1,25;

$K_O$  - об'ємна доля кисню в повітрі, що подається, 0,21 (для атмосферного);

$\rho_0$  - щільність кисню, 1,429 кг/м<sup>3</sup>;

$K_2$  - коефіцієнт використання розчиненого кисню для окислення забруднень, 0,8 [7];

$K_3$  - коефіцієнт використання кисню повітря, для ерліфтної аерації - 0,3.

Діаметр аератора, м:

$$d_A = 0,1 \cdot b = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \quad (2.34)$$

де  $b$  - ширина коридору аеротенка.

Оптимальний режим роботи ерліфтних аераторів спостерігається при інтенсивності аерації  $I = 10 \dots 15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  [7]

При такій інтенсивності продуктивність по кисню цього типорозміру аератора складе 60 кг/гд [10].

$$N = \frac{q_0 \cdot (\sum C_I^H - \sum C_I^K) \cdot W}{K_T \cdot K_4 Q_B \left( \frac{C_A - C_O}{C_A} \right) \cdot t \cdot 1000} = \frac{1,1 \cdot (800 - 11) \cdot 7600}{1,2 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot \left( \frac{9 - 2}{2} \right) \cdot 40 \cdot 1000} = 35, \quad (2.35)$$

де  $q_0$  - питома витрата кисню повітря, міліграм на 1 мг знятих забруднень, що приймається при очищенні до 15... 20 мг/л - 1,1,

при очищенні понад 20 мг/л - 0,9 [12];

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який слід визначати по формулі

$$K_T = 1 + 0,02(T - 20) \quad (2.36)$$

$K_4$  - коефіцієнт якості води, 0,9 [4]

$C_A$  - розчинність кисню в стічній воді при 30°C, 9 мг/л [4];

$C_O$  - мінімальний вміст кисню в аеротенку, 2 мг/л [4].

Кількість аераторів на одну секцію складе 9 шт. При довжині коридору аеротенка 72 м, відстань між аераторами складе 8 м. Витрата повітря на один аератор, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{B1} = I \cdot b \cdot l_A = 15 \cdot 6 \cdot 8 = 720. \quad (2.37)$$

Загальна витрата повітря, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_B = N \cdot Q_{B1} = 36 \cdot 720 = 25920. \quad (2.38)$$

Для подачі повітря приймаємо сім турбоповітродувок ТВ-42-1,4 продуктивністю 3700 м<sup>3</sup>/год, тиск нагнітання 0,14 МПа, потужність електродвигуна 55 КВт [15].

## 2.7 Розрахунок вторинних відстійників

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу, що надходить разом з очищеною водою з аеротенків, або затримання біологічної плівки, що надходить з водою з біофільтрів.

Вторинні відстійники бувають вертикальними, горизонтальними та радіальними. Для очисних станцій невеликий пропускну здатність зазвичай застосовують вертикальні, а великих і середніх станцій — горизонтальні і радіальні вторинні відстійники.

Оскільки витрата стічної води менше 15000 м<sup>3</sup>/доб, то до проектування приймаємо вертикальні відстійники [4].

Гідравлічне навантаження на відстійник, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год) :

$$q_{OT} = \frac{4,5 \cdot K_{OT} \cdot H_P^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot C_B^H)^{0,5-0,01C_B^K}} = \frac{4,5 \cdot 0,35 \cdot 3,8^{0,8}}{(0,1 \cdot 110 \cdot 0,57)^{0,5-0,01 \cdot 10}} = 1,59 , \quad (2.39)$$

де  $K_{OT}$  - коефіцієнт використання об'єму відстійника, 0,35 [4];

$H_P$  - робоча глибина відстійника, 2,7...3,8м [4];

$C_B^H, C_B^K$  - вміст суспензії відповідно в тій, що поступає, г/л, і очищеній воді, мг/л.

Площа одного відстійника, м<sup>2</sup> :

$$F = Q/(n \cdot q_{OT}) = 200/(2 \cdot 1,59) = 63 \quad (2.40)$$

де  $n$  - кількість відстійників, не менше два [4].

Діаметр відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 63}{3,14}} = 8,96 \quad (2.41)$$

Приймаємо стандартний відстійник діаметром 9м.

Діаметр центральної труби, м:

$$d_{\text{цт}} = \sqrt{\frac{4Q}{n\kappa\pi v_{\text{цт}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 200}{3600 \cdot 2 \cdot 0,35 \cdot 3,14 \cdot 0,03}} = 3,4 \quad (2.42)$$

де  $v_{\text{цт}}$  - швидкість руху робочого потоку в центральній трубі, не більше 0,03 м/с[4].

Приймаємо стандартну трубу діаметром 3,4 м.

Діаметр розтруба труби, м:

$$d_p = 1,35d_{\text{цт}} = 1,35 \cdot 3,4 = 4,6 \quad (2.43)$$

Діаметр відбивного щита, м:

$$d_{\text{щ}} = 1,3 d_p = 1,3 \cdot 4,6 = 6 \quad (2.44)$$

Висота конуса відбивного щита, м:

$$h_{\text{щ}} = d_{\text{щ}} (\cos 73^\circ) = 6 \cdot 0,29 = 1,82 \quad (2.45)$$

Висота щілини між нижньою кромкою центральної труби і поверхнею відбивного щита, м:

$$H_{\text{щ}} = Q / (n \pi d_p v_{\text{щ}}) = 200 / (3600 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 4,32 \cdot 0,015) = 0,14 \quad (2.46)$$

де  $v_{\text{щ}}$  - швидкість робочого потоку між розтрубом і відбивним щитом, не

більше 0,015 м/с[4].

Загальна висота циліндричної частини відстійника, м:

$$H_{\text{ц}} = H_{\text{р}} + H_{\text{щ}} + H_1 + H_2 = 3,8 + 0,14 + 0,3 + 0,5 = 4,74 \quad (247)$$

де  $H_{\text{р}}$  - робоча глибина відстійника, м;

$H_1$  - висота нейтрального шару між низом відбивного щита і зоною осідання, рівна 0,3 м [4];

$H_2$  - висота борту відстійника над кромкою збірної водозливної стінки, рівна 0,5 м [4].

Висота конусної частини, м:

$$H_{\text{к}} = 0,5 D / \sin (\alpha/2) = 0,5 \cdot 9 / 0,5 = 9 \quad (2.48)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу конічного днища, 50..60°. [4].

Об'єм конічної осадової частини, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{к}} = \pi D^2 H_{\text{к}} / 12 = 3,14 \cdot 9^2 \cdot 9 / 12 = 190 \quad (2.49)$$

Маса уловленого мулу, т/доб:

$$G_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{в}}^{\text{н}} \cdot \text{Э} \cdot Q}{1000 \cdot 1000} = \frac{566 \cdot 0,98 \cdot 24 \cdot 180}{1000 \cdot 1000} = 2,4, \quad (2.50)$$

де Э - ефект освітлення;

Об'єм уловленого мулу, м<sup>3</sup>/доб:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot G_{\text{сух}} \cdot 1,2}{(100 - W_{\text{ос}}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 2,4 \cdot 1,2}{(100 - 97) \cdot 1} = 95,8, \quad (2.51)$$

де  $W_{oc}$  - вологість осаду, 97% [4];

$\rho$  - щільність осаду, т/м<sup>3</sup>.

Час між вивантаженнями осаду, год:

$$t = 24 V_{oc} / (n \cdot V_k) = 24 \cdot 95,8 / (2 \cdot 190) = 6 \quad (2.52)$$

## 2.8 Розрахунок мулоущільнювачів

Мулоущільнювачі - споруди, що застосовуються для ущільнення активного мулу, що утворюється у вторинних відстійниках. Активний мул має високу вологість. Основна частина цього мулу подається на регенератор і знову надходить у відстійник. Цей мул називають рециркуляційним. В результаті діяльності мікроорганізмів, маса активного мулу збільшується, і утворюється так званий надлишковий активний мул, який відокремлюється від рециркуляційного і спрямовується на подальшу переробку в метантенки або установки, що зневоднюють. Надлишковий активний мул попередньо ущільнюють в мулоущільнювачах, тому що спрямовувати в метантенки величезну масу мулу з високою вологістю нерентабельно.

Для ефективної роботи метантенків надлишковий активний мул спрямовується на ущільнення. Мулоущільнювачі призначені зменшення вологості, отже, і обсягу надлишкового активного мулу методом тривалого відстоювання.

До проектування приймаємо гравітаційні мулоущільнювачі радіального типу.

Площа радіального мулоущільнювача, м<sup>2</sup>:

$$F_1 = V_{oc} / (24 \cdot n_1 \cdot q_{от}) = 95,8 / (24 \cdot 2 \cdot 0,4) = 5 \quad (2.53)$$

де  $n_1$  - кількість ущільнювачів, не менше двох [4];

$q_{от}$  - навантаження на площу дзеркала ущільнювача, 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год)[5].



Приймаємо стандартний мулоущільнювач діаметром 4м проєкту 902-2-19 в кількості 2 шт.

## 2.9 Розрахунок метантенків

Метантенк - спорудження біологічної анаеробної стабілізації (зброджування) опадів, що відокремлюються в процесі очищення стічних вод. Метантенк є залізобетонний або сталевий герметичний циліндричний, конічний, шаро- або яйцеподібний резервуар. Надлишковий активний мул із вторинних відстійників після ущільнення надходить у метантенк трубопроводами. Процес зброджування забезпечує розкладання органічних речовин опадів (під впливом складного комплексу бактерій та мікроорганізмів) до кінцевих продуктів, переважно біогазу. Газ відводиться в газгольдери, далі використовується як паливо в котельні очисних споруд. Для перемішування бродячої маси застосовуються мішалки та відбивні пластини. Метантенки працюють у двох технологічних режимах (мезофільному та термофільному) при температурі відповідно 30–35°C та 50–55°C. Підігрів бродячого осаду здійснюється паром низького тиску з температурою 110-112°C.

Витрата беззольної речовини, т/доб:

$$G_B = \frac{G_{\text{сух}}(100 - W_1)(100 - Z)}{100 \cdot 100} = \frac{2,4(100 - 5)(100 - 30)}{100 \cdot 100} = 1,6, \quad (2.54)$$

де  $W_1$  - гігроскопічна вологість мулу, 5% [9];

$Z$  - зольність мулу, 30% [3].

Об'єм осаду з мулоущільнювачів, м<sup>3</sup>/доб:

$$V_{\text{OC}}^1 = \frac{100 \cdot G_{\text{сух}} \cdot 1,2}{(100 - W_{\text{OC}}^1) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 2,4 \cdot 1,2}{(100 - 93) \cdot 1} = 41,1, \quad (2.55)$$

Необхідний об'єм метантеков, м<sup>3</sup>:

$$V_M = V_{OC}^I \cdot 100 / D = 41,1 \cdot 100 / 7 = 587 \quad (2.56)$$

де D - доза завантаження, 7% [4].

Приймаємо два типові метантенки D=9м, місткістю по 405м<sup>3</sup> кожен.

Фактична доза завантаження, %:

$$D = V_{OC}^I \cdot 100 / V_M = 41,1 \cdot 100 / 910 = 4,5 \quad (2.57)$$

Питомий вихід газу, м<sup>3</sup>/кг:

$$y = (A - n_M \cdot D) / 100 = (44 - 1,05 \cdot 4,5) / 100 = 0,4 \quad (2.58)$$

де A - межа зброджування активного мулу, 44% [4];

$n_M$  - коефіцієнт зброджування, 1,05 [4].

Сумарний вихід газу, м<sup>3</sup>/доб:

$$Q_G = 1000 \cdot y \cdot G_{сух} = 1000 \cdot 0,4 \cdot 2,4 = 960 . \quad (2.59)$$

### **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Законодавство України про охорону праці базується на основах нормативно-правових актів, які відповідають Конституції України. Статті 43, 45, 46, 49, 50, 53, 56 і 64 Конституції України гарантують право громадян України на роботу, відпочинок, охорону здоров'я, медичну допомогу і страхування. Державна політика у області охорони праці, закріплена статтею 4 Закону України – Про охорону праці, базується на пріоритеті життя і здоров'ї працівників в умовах виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов роботи. Проектування виробничих об'єктів, розробка нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного і індивідуального захисту працюючих, повинні здійснюватися з урахуванням вимог по охороні праці згідно статті 154 закону України – Про охорону праці. Стаття 155 закону України – Про охорону праці свідчить: жодне підприємство, цех, ділянка виробництва не повинні бути прийняті і введені в експлуатацію, якщо на них не створені безпечні і нешкідливі умови праці.

З упровадженням нових досягнень науки і техніки виробничий травматизм постійно знижується. В результаті широкої автоматизації і механізації ліквідована більшість небезпечних і важких професій, значно зменшилася професійна захворюваність. Проте підвищення технічної оснащеності підприємств, застосування нових матеріалів, конструкцій і процесів, збільшення потужностей і швидкостей машин впливають на характер і частоту нещасних випадків і захворювань на виробництві.

#### **3.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих чинників**

Цех уловлювання хімічних продуктів коксування призначений для відсмоктування і охолодження прямого коксового газу з коксових печей, його транспортування крізь хімічну апаратуру для очищення й уловлювання хімічних продуктів коксування: смоли, аміаку, сирого бензолу тощо. Цех забезпечує

охолодження коксового газу і виділення з нього смоли, водяних парів, витяг аміаку, бензольних вуглеводнів, нафталіну, а також його подачу цеху моноетаноламінового очищення і кінцевим споживачам. До складу цеху входять: відділення конденсації і охолодження коксового газу, машинний зал, сульфатне відділення, бензольне відділення, відділення ректифікації сирого бензолу, а також установка утилізації відходів основних технологічних виробництв. Умови праці в цеху уловлювання характеризуються наявністю шкідливих факторів, таких як підвищена концентрація різноманітних шкідливих речовин, тепловипромінювання, шум, вібрація.

Робота, яка виконується персоналом по ступеню важкості належить до категорії II-а – пов'язана з ходьбою й переносом вантажів згідно з ДСН 3.36.042-99. Аналіз метеоумов у цеху в теплий та холодний період року в порівнянні з допустимими нормами для виробничих приміщень відповідно ДСН 3.36.042-99 представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз метеоумов у цеху

Період року	Температура, оС		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	На не постійних робочих місцях	Факт	На робочих місцях постійних і непостійних	Факт	На робочих місцях постійних і непостійних	Факт
Холодний	15-24	14-18	75	55-75	0,2	0,2-0,3
Теплий	17-29	19-32	65 при 26°С	55-75	0,4-0,2	0,3-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від обладнання, що використовується, не повинна перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup>, при цьому опромінення не повинно піддаватися більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей. Фактичні показники іноді перевищують вказані норми відповідно ДСН 3.3.6.042-99. Наявність різних газів в атмосфері цеху уловлювання обумовлена порушеннями технологічного режиму, несправністю й недосконалістю встаткування. До основних джерел виділення шкідливих газів

відноситься технологічне встаткування.

У таблиці 3.2 наведені фактичні значення вмісту шкідливих речовин в повітрі робітничої зони в порівнянні з ГДК р.з. згідно з ГОСТ 12.1.005-88.

Таблиця 3.2 - Фактичні значення вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Найменування токсичної речовини	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	ГДК р.з., мг/м <sup>3</sup>
СО <sub>2</sub>	17,5	20,0
Бензол	2,0-5,0	5,0
Сірководень	10,6-12,5	10,0
Нафталін	3,0	20,0
Аміак	45,0	20,0
Ціаністий водень	3,0	0,3
Фенол	0,63	0,5
Ксилол	20,0	50,0
Толуол	10,0	50,0

Багато технологічних операцій супроводжуються шумами низької й високої частоти. Підвищений рівень шуму при тривалому впливі на працюючих призводить до захворювання органів слуху (глухота). Крім того, дуже часто підвищений рівень шуму є причиною нещасних випадків, тому що працівник може не почути поданих звукових сигналів небезпеки. Фактичний еквівалентний рівень звуку по даним санітарного паспорта цеху коливається в межах від 82 до 87 дБА. В таблиці 3.3 приведені припустимі рівні звукового тиску й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях за ДСН 3.3.6.037-99.

Таблиця 3.3 - Припустимі рівні звукового тиску й еквівалентні рівні звуку

на робочих місцях

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Еквівалентний рівень звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постійні робочі місця, всі види труд. діяльності	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В цеху уловлювання на працівників впливає загальна вібрація, джерелом якої є різні приводні й передавальні механізми, компресори та ін. Вібраційні характеристики встаткування повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.039-99 для постійних робочих місць виробничих приміщень (категорія вібрації 3, тип «а»). Важливим показником санітарно-гігієнічних умов праці, що впливають на ефективність і безпеку трудового процесу, є освітленість. Нормативна освітленість робочих місць устанавлюється залежно від характеру й точності робіт. У цеху уловлювання система освітлення – загальна штучна, сумісна. Природне освітлення відділення – бокове. За умовами освітленості робота у відділенні відноситься до 8а розряду зорової роботи – загальне спостереження за ходом виробничого процесу згідно з ДБН В.2.5-28:2018, а норма загальної освітленості становить 100 лк відповідно 8в розряду зорової роботи, КПО 1,0%. Фактичний КПО – 0,7 %, а освітленість – 85 лк.

Недостатнє освітлення робочих місць є шкідливим виробничим фактором і може привести до підвищеної стомлюваності, падінню зору, а також збільшує можливість дії травмонебезпечних факторів при роботі обслуговуючого персоналу. До небезпечних факторів у цеху уловлювання відносяться:

- небезпека травмування транспортними засобами, вантажопідійомними машинами;
- захоплення одягу або частин тіла обертовими й рухливими елементами технологічного встаткування;
- небезпека термічних травм;

- небезпека поразки електричним струмом.

Виробниче приміщення цеху згідно ПБУ за небезпекою поразки електричним струмом ставиться до особливо небезпечних, тому що в приміщенні – струмопровідна підлога, підвищена температура повітря, можливість одночасного дотику людини до корпусів, що мають з'єднання із землею, технологічного встаткування з однієї сторони й до металевих корпусів електроустаткування або струмоведучим частинам – з іншої. По застосовуваній напрузі цех ставиться до приміщень із електроустановками напругою вище 1000 В. По доступності електроустаткування – до виробничих приміщень. По наявності вологи приміщення цеху уловлювання класифікується як вологе. Експлуатацію електроустановок повинні здійснювати спеціально підготовлені працівники відповідно до вимог НПАОП 40.1-21- 98.

### 3.2 Технічні рішення по виробничій санітарії

Згідно НПАОП 24.0-3.01-04 розрахунок річної комплектації представлений в таблиці в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахунок річної комплектації ЗІЗ

№ з/п	Код професії (ДК 003:05)	Професійна назва роботи	Найменування спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту	Позначення захисних властивостей ЗІЗ (тип, марка)	Строк носіння, міс.
288	8152.1	Апаратник конденсації	Костюм бавовняний	3 Ми	12
	8154.2	Апаратник очищення газу	Черевики шкіряні	Ми	12
			Рукавиці комбіновані	Ми	1
			На зовнішніх роботах узимку додатково: Куртка	Тн	36

			бавовняна на утеплювальній прокладці		
--	--	--	--	--	--

### 3.2.1 Об'ємно-планувальні вирішення будівель і споруд

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення будівель і споруд систем коксового виробництва слід виконувати згідно з рекомендаціями і вказівкам цього розділу, а також з урахуванням даних ДБН В.2.5-74, ДБН В.2.2-28. На спорудах біохімічного очищення передбачені побутові приміщення, склад яких визначався залежно від санітарної характеристики виробничих процесів згідно з ДБН В.2.2-28.

Таблиця 3.5 - Санітарна характеристика виробничих процесів

Об'єкти установки біохімічистки	Група санітарної характеристики виробничих процесів
Очисні споруди, насосні станції для перекачування стічних вод, мережі промислової каналізації, лабораторії	3б
Повітродувні станції та ремонтні майстерні	1в
Адміністративні приміщення чи будівлі	1а

Санітарну характеристику робіт на спорудах механічного, хімічного та інших методів очищення виробничих стічних вод прийнята залежно від забруднення стічних вод і методу очищення відповідно до вимог охорони праці.

Внутрішнє оздоблення лабораторних, господарських та інших приміщень у будівлях систем каналізації рекомендується призначати відповідно до ДБН В.2.5-74, виробничих приміщень - згідно з таблицею 3.6.

Розрахунок конструкцій каналізаційних ємкісних споруд слід виконувати згідно з ДБН В.2.5-74.

Антикорозійний захист будівельних конструкцій будівель і споруд передбачено згідно з ДСТУ Б В.2.6-145, СНиП 2.03.11 і ДБН В.2.5-74. Виконані



спеціальні роботи щодо ізоляції підземних споруд, що містять неочищені стічні води і осади (з метою виключити їх фільтрацію в ґрунт).

Таблиця 3.6 - Внутрішнє оздоблення виробничих приміщень

Будівлі та приміщення	Опоряджувальні роботи		
	Стіни	Стелі	Підлоги
Камера управління метантенків, розподільна камера, насосні станції	Штукатурення стін із цегли. Фарбування вологостійкими фарбами. Затирання залізобетонних стін.	Фарбування клейовими фарбами Фарбування вологостійкими фарбами. Клейове фарбування	Те саме
Цех зневоднення осаду	Штукатурення стін із цегли. Фарбування вологостійкими фарбами. Розшиття швів панельних стін (при реконструкції)	Фарбування вологостійкими фарбами	Те саме
Повітродувна станція:			
машинний зал	Штукатурення стін із цегли. Фарбування панелі масляною фарбою на висоту 1,5 м. Фарбування клейовими фарбами вище панелі.	Побілка клейова	Керамічна плитка, а на монтажній площадці бетонна підлога
підсобні приміщення	Кладка з цегли з підрізанням швів. Затирання або розшивка швів панелей. Вапняна побілка. Розшиття швів	Побілка вапняна	Цементна підлога

	панельних стін (при реконструкції)		
Насосні станції: машинний зал	Штукатурення надземної частини цегляних стін, у підземній частині - затирання бетонної поверхні цементним розчином. Фарбування панелей масляною фарбою на висоту 1,5 м. Фарбування клеєвими фарбами вище панелі	Побілка клеєва	Керамічна плитка

### 3.2.2 Вентиляція

Опалення та вентиляцію очисних споруд спроектовано згідно з ДБН В.2.5-67, опалення, вентиляцію та кондиціювання повітря адміністративних будинків на 58 майданчиках очисних споруд - згідно з ДБН В.2.2-28. Необхідний повітрообмін у виробничих приміщеннях розраховано за кількістю шкідливих виділень (з урахуванням їх пожежовибухонебезпеки) від устаткування, арматури і комунікацій за даними технологічної частини проекту та за кратністю повітрообміну згідно з таблицею 3.7.

Таблиця 3.7 - Розрахункова температура та кратність повітрообміну у будівлях очисних споруд

Будівлі і приміщення	Температура повітря для проектування систем	Кратність повітрообміну за 1 год	
		Приплив	Витяжка

	опалення, °С		
Насосні станції (машинні зали) для перекачування:			
- господарсько-побутових і близьких до них за забрудненнями виробничих стічних вод і осаду	5	За розрахунком на відведення надлишку тепла, але не менше ніж 3	
- виробничих агресивних або вибухонебезпечних стічних вод	5	Див. примітку 2	
Приймальні резервуари насосних станцій для перекачування:			
- господарсько-побутових і близьких до них за забрудненнями виробничих стічних вод і осаду	5	5	5
- виробничих агресивних або вибухонебезпечних стічних вод	5	Див. примітку 2	
Повітродувні станції	5	За розрахунком на відведення надлишку тепла	
Метантенки:			
- насосна станція	5	12	12 плюс аварійна 8- кратна
- інжекторна, газовий кіоск	5	12	12
Цех механічного зневоднення	16	За розрахунком на відведення вологи	
Реагентне господарство	16	3	3
Склади	5	3	3

*Примітка 1.* За наявності у виробничих приміщеннях постійного обслуговуючого персоналу температура повітря в них приймається згідно з ГОСТ 12.1.005.

*Примітка 2.* Повітрообмін приймається за розрахунком. За відсутності даних стосовно кількості шкідливих речовин, що виділяються у повітря приміщень, можна визначити кількість

вентиляційного повітря за кратністю повітрообміну на основі галузевих нормативів основного виробництва, від якого надходять стічні води.

*Примітка 3.* Температура повітря в будівлях біофільтрів (аерофільтрів), аеротенків і фільтрів доочищення стічних вод приймається не менше ніж на 2 °С вище температури стічної води.

### 3.2.3 Освітлення

Для поліпшення освітленості робочих поверхонь проведений розрахунки загального штучного висвітлення виробничого приміщення.

Вихідні дані:

а) Габарити прольоту будівлі споруд:

- довжина прольоту  $A = 36$  м

- ширина  $B = 12$  м

б) Кратність кроку погон у прольоті 9 м.

в) Висота приміщення до «0» відмітки  $h_0 = 7$  м.

г) Висота розрахункової поверхні над рівнем підлоги  $h_p = 0,8$  м.

Визначаємо тип ламп, необхідна кількість світильників і встановлювану потужність освітлювальної установки системи загального й штучного висвітлення прольоту.

Робимо вибір джерела світла (лампа). При цьому оцінюємо, що приміщення високе, робота не вимагає високої якості передачі кольору. Відповідно до вимог ДБН В 2.5.28-2018 передбачаємо в якості джерела світла ГЛВД, зокрема, ДРЛ. Тип світильника Е – пилозахисний, закритий, ступінь захисту IP2X.

Робимо вибір типу світильника. Оцінюючи умови середовища експлуатації світильників як нормальні, рекомендується використовувати світильники І конструктивно-світлотехнічної схеми, зокрема, з лампами ДРЛ.

Визначаємо розрахункову висоту підвісних світильників.

$$h = h_0 - h_p = 7 - 0,8 = 6,2 \text{ м.} \quad (3.1)$$

Визначаємо рекомендоване значення  $L : h$ , воно рівно 1,6, розрахункова

рекомендована відстань між світильниками

$$\lambda = L \cdot h = 1,6 \cdot 6,2 = 9,92 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Виходячи, із кратності кроку погон у прольоті передбачає розміщення світильників на відстані  $L = 10$  м.

Визначаємо кількість світильників. Кількість рядів світильників:

- по довжині прольоту

$$n_1 = A / L = 36 / 10 = 4 \text{ шт.}; \quad (3.3)$$

- по ширині прольоту

$$n_2 = B / L = 12 / 10 = 1 \text{ шт.} \quad (3.4)$$

Кількість світильників у прольоті

$$N = n_1 \cdot n_2 = 4 \cdot 1 = 4 \text{ шт.} \quad (3.5)$$

Визначаємо величину мінімальної освітленості  $E = 100$  лк.

Визначаємо коефіцієнт запасу при штучнім освітленні  $K_3$ , що враховується в світлотехнічних розрахунках і який пов'язаний з використанням Міжнародною комісією з освітлення (СІЕ) коефіцієнтом експлуатації MF (Maintenance Factor), наступним чином:

$$K_3 = 1 / MF. \quad (3.6)$$

де MF - Коефіцієнт експлуатації визначається як відношення середньої освітленості на робочій поверхні протягом певного періоду експлуатації освітлювальної установки до початкової середньої освітленості, отриманої при тих же самих умовах для тієї ж установки:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (3.7)$$

де LLMF- коефіцієнт зниження світлового потоку лампи;

LSF - коефіцієнт живучості ламп (частина від повної кількості встановлених ламп, які продовжують працювати в даний момент за певних умов);

LMF - коефіцієнт експлуатації світильника;

RSMF - коефіцієнт експлуатації поверхонь приміщення.

Величина кожного з зазначених вище факторів залежить від типу лампи, світильника, властивостей навколишнього середовища, приміщення і часу експлуатації.

Згідно ДБН В 2.5.28-2018 оцінюємо клас чистоти приміщення як Dirty (D) – забруднені періодичність очищення світильників і оточуючих їх поверхонь приміщень для обраного типу світильників E становить 1 раз на 2 роки.

Враховуючі ці данні визначаємо за таблицею В.4 в ДБН В 2.5.28-2018 LLMF = 0,77 і LSF = 0,69. Визначаємо з таблиці В.5 LMF = 0,81. Визначаємо з таблиць В.6 RSMF = 0,92. Обчислюємо:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,77 \cdot 0,69 \cdot 0,81 \cdot 0,92 = 0,3959. \quad (3.8)$$

$$K3 = 1 / MF = 1 / 0,3959 = 2,526. \quad (3.9)$$

Ухвалюємо для наших умов коефіцієнт нерівномірності освітлень з таблиці Г.1 ( для ламп ДРЛ)  $U0 = 0,4$ .

Розраховуємо індекс приміщення

$$i = A \cdot B / H (A+B) = 36 \cdot 12 / 6,2 (36 + 12) = 1,45. \quad (3.10)$$

Ухвалюємо  $i = 1,5$ . Оцінюємо коефіцієнт відбиття поверхонь стеля-стіна-підлога – 0,5/0,5/0,2, визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку для світильників СД2ДРЛ 48% або в частках 0,48.

Розраховуємо світловий потік кожної лампи

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \mu} = \frac{100 \cdot 2,526 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 0,4}{4 \cdot 0,48} = 22734 \text{ лм}$$

Даному світловому потоку відповідає стандартні лампи ДРЛ–400 потужністю 400 Вт зі світловим потоком 24000лм. Відхилення світлового потоку лампи від потрібного становить:

$$\frac{22734 - 24000}{22734} = -5,6\%$$

що перебуває в межах припустимого. Установлена потужність освітлювальної установки Р складе

$$P = 4 \cdot 1 \cdot 400 = 1600 = 1,6 \text{ кВт}. \quad (3.12)$$

### 3.2.4 Санітарно-побутові приміщення

Виробничий процес у приміщенні з санітарно-гігієнічної характеристики,

згідно ДБН В.2.2-28:2010 відноситься до групи 2б, яка визначається в залежності від групи виробничого процесу та його санітарної характеристики.

Для групи 2б передбачений такий склад побутових приміщень: гардеробні, душові з температурою води 33 °С, умивальні, пункти харчування, туалети, пункти питного водопостачання, медпункт.

Гардеробні для збереження домашнього і робочого одягу при виробничих процесах групи II б повинні мати обладнані лавками для роздягання шириною 0,3 м. Кількість місць для роздягання повинно бути не менше 25% кількості працівників у найбільшій зміні. Кількість кранів умивальників і душових слід приймати, виходячи з найбільшої за кількістю працівників зміни (1 кран умивальника на 20 працівників, 1 духова сітка на трьох працівників). Душові і умивальні розташовані суміжно з гардеробними.

Для харчування працівників існує їдальня або буфет, кількість посадочних місць в яких розраховано за нормою 1 місце на чотирьох працівників.

Для поповнення втрати вологи і мінеральних солей в ливарному цеху повинні бути розміщені питні фонтанчики, автомати підсоленій газованої води. У теплий період року працівники забезпечуються білково-вітамінним напоєм. Джерела питного водопостачання не слід віддаляти від робочих місць більш ніж на 75 м.

Туалети не повинні бути віддалені від робочих місць більш ніж на 75м. Кількість санітарних пристроїв в них визначається по нормі 1 санітарний пристрій для обслуговування 15 працівників. Для працівників цеху цілодобово працює медпункт 2 категорії.

### **3.3 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища**

Засоби захисту від вібрацій у джерелах вібрацій ґрунтуються на урівноважуванні діючих сил і моментів у машинах і механізмах, балансуванні обертових деталей, застосуванні матеріалів з підвищеним внутрішнім тертям,

поліпшенні технології виготовлення і т. ін. Зниження рівня вібрації на шляху її поширення досягається застосуванням віброізолюючих конструкцій і вібродемпфуючих матеріалів і покриттів, а також віброгасників. Для забезпечення віброізоляції влаштовують розриви між елементами конструкцій або усувають тверді зв'язки між ними, а також уникають подібності частот власних коливань системи і частот сил,

що її збурюють. Підвіска двигунів літаків на пружних амортизаторах забезпечує зниження вібрації і шуму в кабінах у всіх смугах звукового спектру від 5 до 8 дБ.

Для вібропоглинання на віброуючі елементи машини наносять в'язкі або пружні матеріали, яким притаманні значні внутрішні втрати. До таких матеріалів відносяться антивібрит, агат, сендвічні конструкції, СКЛ-25 та ін. Зниження вібрації таким чином досягає 2-10 дБ в смузі частот 31,5-8000 Гц.

Всі відкриті обертові частини машин і механізмів повинні бути огорожені.

В особливо небезпечних місцях знімні огороження повинні бути заблоковані з пусковими і приводними пристроями. Ці блокування повинні виключати можливість роботи устаткування, машин і механізмів при знятому огороженні.

Чи не дозволяється працювати на устаткуванні зі знятим або несправним огороженням, а також здійснювати ремонт, очищення рухомих частин і закріплення огорожень під час роботи машин і механізмів.

Рухливі та обертові частини машин і механізмів, розташованих у важкодоступних місцях, допускається огорожувати загальним огороженням із замикаючим пристроєм за умови, що огороження не перешкоджатиме обслуговування машин і механізмів.

### **3.4 Заходи щодо електробезпеки**

Для працюючого обладнання розрахуємо заземлювання з напругою  $U = 380\text{В}$  с потужністю 15,5 кВт. Ґрунт - суглинок з питомим електричним опором  $\rho$



= 100 Ом·м. Допускається опір, що потрібно по нормах  $[r_3] < 4$  Ом. Тип заземлення - стрижневий із труб  $d = 0,05$  м, що розташовуються вертикально й з'єднаних на зварюванні сталеву смугою 40x8 мм. Довжина стрижнів заземлення -  $l = 1,2$  м.

Визначення питомого опору ґрунту:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho \cdot \psi = 100 \cdot 1,7 = 170 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (3.13)$$

де  $\psi$  - коефіцієнт сезонності. Для 1 кліматичної зони ухвалюємо  $\psi = 1,7$ .

Визначення опору одиночного вертикального заземлення  $R_B$  Ом по формулі:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi n} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) \text{ Ом.} \quad (3.14)$$

$$R_B = \frac{170}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left( \ln \frac{2 \cdot 1,2}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 1,2}{4 \cdot 1,7 - 1,2} \right) = 43 \text{ Ом.}$$

де  $t$  - відстань від середини заземлення до поверхні ґрунту, м;  $l$  і  $d$  - довжина й діаметр заземлення.

$\rho'_{\text{разр}}$  - розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho'_{\text{разр}}$  при використанні сполучної смуги у вигляді горизонтального електрода, довжиною 10 м. При довжині смуги 10 м,  $\psi = 4,1$ :

$$\rho'_{\text{разр}} = \rho \cdot \psi' \quad (3.15)$$

$$\rho'_{\text{разр}} = 100 \cdot 4,1 = 410 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір сталевій смугі, що з'єднує стрижневі заземлення.

$$R_n = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t} = \frac{410}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \cdot \ln \frac{40^2}{0,04 \cdot 0,6} = 15,7 \text{ Ом,} \quad (3.16)$$

де  $l$  - довжина смуги, м;

$t$  - відстань від смуги до поверхні землі, м;

$d$  -  $0,5 \cdot b$  ( $b$  - ширина смуги, рівна 0,08 м).

Визначаємо орієнтовне число  $n$  одиночних стрижневих заземлень по

формулі:

$$n = R_B / [r_3] \cdot \eta_B = 43 / 4 \cdot 1 = 12 \text{ шт} \quad (3.17)$$

де  $[r_3]$  - припустимий по нормах опір заземлюючого прибудую;

$\eta_B$  - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунків ухвалюємо рівним  $\eta_B = 1$ ).

Ухвалюємо розташування вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між суміжними заземлювачів рівним 2 Ом. Дійсні значення коефіцієнта використання виходячи із прийнятої схеми розміщення вертикальних заземлювачів будуть рівні  $\eta_B = 0,66$  і  $\eta_r = 0,39$ .

Визначаємо необхідне число вертикальних заземлювачів:

$$n = R_B / [r_3] \eta_B = 43/4 \cdot 0,66 = 16 \text{ шт.} \quad (3.18)$$

Обчислюємо загальний розрахунковий опір заземлюючого обладнання  $R$  з урахуванням сполучної смуги:

$$R = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{43 \cdot 15,7}{43 \cdot 0,39 + 15,7 \cdot 0,66 \cdot 16} = 3,69 \text{ Ом}$$

Правильно нелічений, що заземлювали обладнання повинен відповідати умові  $R = < [r_3]$ .

Розрахунки виконаний вірно, оскільки  $3,69 < 4$  Ом.

### 3.5 Заходи пожежної і техногенної безпеки

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 з вибухопожежної та пожежної безпеки будинку поділяються на категорії А, Б, В, Г, Д. Будівля споруд відноситься до категорії А.

У відповідності з ДБН В.1.1-7-2002 будівля має ступінь вогнестійкості – 1.

Найбільшу небезпеку на дільниці БХУ становить робота з газом, це становить основне джерело небезпеки для метантенків є В усіх відділеннях експлуатуються електромашини різного виду - переважно двигуни насосів. Найбільш небезпечним в цьому відношенні являється машинний зал компресорної метантенків через безпосередній контакт з газом. Аналіз причин пожеж і займань, зв'язаних з експлуатацією електромашин, дозволяє зробити

висновок про те, що основна частина їх виникає внаслідок порушення правил технічної експлуатації і обслуговування електроустановок. Небезпека виникнення пожеж при експлуатації несправних електроустановок пояснюється наявністю горючої ізоляції електричних мереж, машин і апаратів, і джерела запалювання, а також постійно наявним киснем у повітрі. Джерелами запалювання можуть бути короткі замикання електропроводів у машинах і апаратах, перевантаження провідників, іскри й електричні дуги, великі перехідні опори, вихрові струми й ін. Короткі замикання виникають у результаті порушення ізоляції в електричних проводах, кабелях, машинах і апаратах. Небезпека полягає в тому, що струм при коротких замиканнях досягає десятків і сотень ампер. При цьому виділяється велика кількість тепла і загоряється ізоляція, плавиться метал з викидом у навколишнє середовище іскор, здатних викликати пожежу. При перевантаженнях відбувається швидке теплове старіння ізоляції, що також спричинює пожежу. Перехідні опори виникають при поганих контактах в місцях з'єднання. Пожежі в цеху можуть виникнути в результаті:

- спалаху електроустаткування при перевантаженнях (клас пожежі Е); - загоряння газоповітряної суміші (клас пожежі С). Приміщення БХУ обладнано, відповідно до вимог ДБН В. 2.5-56:2014, а саме: системою пожежної сигналізації та системою оповіщення людей про пожежу та управління евакууванням.

Для гасіння можливих пожеж в цеху передбачені первинні засоби пожежогасіння визначаються за «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників» та згідно НАПБ А.01.001-2014 наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Норми належності вогнегасників для приміщення категорій А з наявністю горючих газів і рідин

№ з/п	Гранична захищена площа, м <sup>2</sup>	Клас можливої пожежі	Мінімальна кількість порошкових вогнегасників								
			переносний вогнегасник із зарядом вогнегасної речовини, кг					пересувний вогнегасник із зарядом вогнегасної речовини, кг			
			5	6	8	9	12	20	50	100	150
І. Приміщення категорій А, Б, а також В з наявністю горючих газів і рідин											
1.6	більше 500 до 1000 включно	А, В, С, Е	16	16	12	12	8	4	3	2	1
			Мінімальна кількість газових вогнегасників								

			переносний вогнегасник із зарядом вогнегасної речовини, кг		пересувний вогнегасник із зарядом вогнегасної речовини, кг				
			3,5	5	7	14	18	28	56
І. Приміщення категорій А, Б, а також В з наявністю горючих рідин									
1.6	більше 500 до 1000 включно	В, Е	-	-	-	-	4	3	2

## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Структура і організація управління ділянкою біохімічного очищення стічних вод

Для обслуговування споруджень біохімічного очищення у складі коксохімічного заводу створюється спеціальна служба - ділянка біохімічного очищення - яка підкоряється головному енергетикові.

Основними завданнями служби біохімічної установки є:

- недопущення в очищених стічних водах концентрації забруднень більш встановлених проектом;
- облік кількості і якості стічних вод, що поступають на біохімічну установку;
- контроль за кількістю і якістю цехових стоків, що містять специфічні забруднення, що гальмують процес очищення;
- облік кількості і якості очищених стічних вод;
- контроль за роботою окремих споруд установки;
- облік енерговитрат і витрати реагентів;
- благоустрій території біохімічної установки;
- дотримання заходів технічної, санітарної і протипожежної безпеки;
- підготовка і підвищення кваліфікації кадрів для обслуговування біохімічної установки.

Схема структурного управління ділянкою біохімічного очищення коксохімзаводу представлена на рис. 4.1.

Начальник біохімічної установки зобов'язаний:

- розробити інструкції - експлуатаційні і по аварійних заходах;
- складати щомісячні і річні технічні звіти по експлуатації споруд;

- забезпечити усі споруди паспортами, технічною і технологічною інформацією;
- організувати технічне навчання персоналу з метою підвищення кваліфікації і поліпшення умов експлуатації.

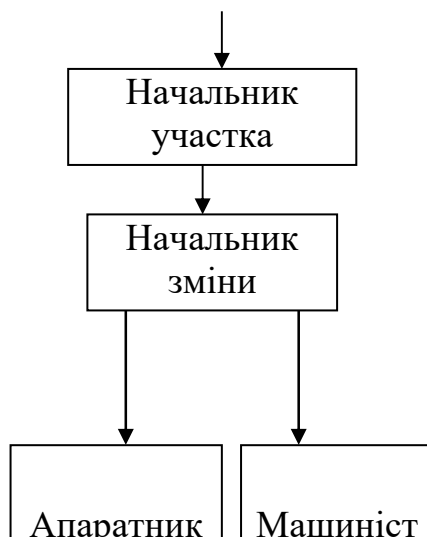


Рисунок 4.1 - Схема структурного управління ділянкою біохімічного очищення .

Начальник зміни зобов'язаний:

- мати достатні знання технологічного процесу і шляхів ліквідації порушень в роботі;
- забезпечувати підтримку нормального режиму експлуатації споруд;
- стежити за правильним веденням робочих журналів черговим персоналом;

Інженер-хімік - керівник лабораторії - зобов'язаний:

- намічати точки відбору і стежити за правильним відбором проб;

- знати усі методи аналізу стічних вод, необхідні для вивчення якісних і кількісних показників роботи установки біохімічного очищення;
- навчати лаборантів методам виробництва аналізів і контролювати їх виконання;
- контролювати правильне ведення журналів лаборантами.

Майстер - начальник ремонтної служби - зобов'язаний:

- знати конструкції і характеристики усіх споруджень біохімічної установки;
- забезпечувати роботу планово-запобіжних і капітальних ремонтів споруд і устаткування;
- забезпечувати складання дефектних відомостей і графіків по капітальному ремонту будівель і споруд, заявок на матеріали, устаткування і ін.

Робота по обслуговуванню установки біохімічного очищення здійснюється по безперервному 3-х змінному 4-х бригадному графіку.

#### **4.2 Планування організації виробничого процесу ділянки біохімічного очищення**

Базовим варіантом біохімічного очищення фенольних стічних вод є одноступінчата схема, що складається з преаератора, який служить для інтенсивного перемішування і розподілу початкової води по шести відстійникам-смоловловлювачам; двох масловіддільників флотацією, де відбувається очищення від масла; усереднювача; шести аеротенків, де відбувається біохімічне очищення від фенолів і роданіду; двох вторинних відстійників, для очищення води від активного мулу і майданчиків мулу, для стабілізації і сушки осаду надлишкового активного мулу.

Проектний варіант передбачає проведення процесу біохімічного очищення, після існуючого механічного очищення в смоловловлювачах і масловіддільниках,

в чотирьохкоридорному аеротенку-змішувачі з подачею надлишкового активного мулу для зброджування в метантенки.

Виходячи з норм обслуговування і експлуатації очисних споруд [48], складений графік проведення оглядів і ремонтів устаткування установки біохімічного очищення, з якого розраховується кількість днів і годин простою устаткування на огляди і для заміни деталей, що вийшли з ладу. Потім розраховується робота устаткування з урахуванням простоїв. Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.1.

Ефективний фонд часу газоочисної установки, год :

$$T_{\text{ЭФ}} = T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{РЕМ}}, \quad (4.1)$$

де  $T_{\text{КАЛ}}$  - календарний час роботи, ч;

$T_{\text{РЕМ}}$  - простій на плановий ремонт, ч.

Коефіцієнт використання установки в часі:

$$K_{\text{ИСП}} = \frac{T_{\text{ЭФ}}}{T_{\text{КАЛ}}}, \quad (4.2).$$

Таблиця 4.1 - Баланс робочого часу установки біохімічного очищення .

Показники	Одиниці виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Режим роботи газоочисної установки	—	Безперервний	безперервний
Календарний час роботи, $T_{\text{КАЛ}}$	Дні Години	365 $365 \cdot 24 = 8760$	365 $365 \cdot 24 = 8760$
Простій на плановий ремонт, $T_{\text{РЕМ}}$	Дні Години	20 $24 \cdot 20 = 480$	15 $10 \cdot 24 = 360$
Ефективний фонд часу, $T_{\text{ЭФ}}$	Дні Години	$365 - 20 = 345$ $8760 - 480 = 8280$	$365 - 15 = 350$ $8760 - 360 = 8400$
Коефіцієнт використання, $K_{\text{ИСП}}$	—	$\frac{345}{365} = 0.945$	$\frac{350}{365} = 0.959$

Висновок: таким чином, незважаючи на наявність в проектованій схемі додаткових споруд - метантенків, застосування одного аеротенка великої місткості замість шести, і скорочення кількості карт майданчиків мулу дозволяє зменшити простої на планові ремонти.



### 5.3 Планування виробничої програми

1) Річна виробнича потужність біохімічної установки, м<sup>3</sup>:

$$\Pi = N \cdot T_{\text{эф}}, \quad (4.3)$$

де N - технічна норма продуктивності установки в одиницю часу, м<sup>3</sup>/год ;

T<sub>эф</sub> - річний фонд ефективного часу роботи газоочисної установки, год.

По базовому варіанту:

$$\Pi_B = 200 \cdot 8280 = 1,66 \cdot 10^6 \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

По проектному варіанту:

$$\Pi_{\text{п}} = 200 \cdot 8400 = 1,68 \cdot 10^6 \text{ м}^3. \quad (4.5)$$

2) Витрата реагентів на очищення.

$$Q_p = Q \cdot m \cdot T_{\text{эф}} \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (4.6)$$

де Q - витрата стічної води, м<sup>3</sup>/год;

m - доза ортофосфорної кислоти, г/м<sup>3</sup>.

Для базового варіанту:

$$Q_p = 200 \cdot 13,5 \cdot 8280 \cdot 10^{-6} = 22,3 \text{ т/рік}.$$

Для проектного варіанту:

$$Q_p = 200 \cdot 13,5 \cdot 8400 \cdot 10^{-6} = 22,7 \text{ т/рік}.$$

3) Утилізація газу, що утворюється при зброджуванні надлишкового активного мулу в метантенках складе, м<sup>3</sup>/год:

$$V_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot T_{\text{эф}}, \quad (4.7)$$

де Q<sub>Г</sub> - вихід газу, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_{\Gamma} = 40 \cdot 8280 = 331200 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2

Таблиця 4.2 - Виробнича програма.

Показник	Одиниці виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Річна продуктивність, П	Тис. м <sup>3</sup>	1,66·10 <sup>3</sup>	1,68·10 <sup>3</sup>
Технічна норма продуктивності, N	м <sup>3</sup> /год	200	200
Початковий вміст фенолів	г/м <sup>3</sup>	0,4	0,4
Кінцевий вміст фенолів	г/м <sup>3</sup>	0,001	0,001
Початковий вміст роданіду	г/м <sup>3</sup>	0,4	0,4
Кінцевий вміст роданіду	г/м <sup>3</sup>	0,01	0,01
Витрата ортофосфорної кислоти на біогенне підживлення води, Q <sub>P</sub>	т/рік	22,3	22,7
Кількість газу, що утилізується, Q <sub>Г</sub>	Тис.м <sup>3</sup> /рік	-	331,2

Висновок: В проектному варіанті при зброджуванні надлишкового активного мулу виходить 331,2 тис.м<sup>3</sup>/рік горючого газу, який утилізувався як паливо на власні потреби заводу, тобто економляться засоби на енергоресурси.

#### 5.4 Розрахунок балансу робочого часу основних робітників

Графік роботи аналогічний в базовому і проектному варіанті - 3-х змінний 4-х бригадний; тривалість робочого дня 8 годин.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 - Баланс робочого часу одного робітника.

Елемент балансу	Одиниці виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Календарний час, T <sub>КАЛ</sub>	Дні	365	365
Вихідні дні, T <sub>ВИХ</sub>	Дні	91,25	91,25
Номінальний час, T <sub>НОМ</sub>	Дні	273,75	273,75
Невиходи на роботу, T <sub>НЕВИХ</sub>			
Тарифна відпустка	Дні	24	
Держобов'язки	Дні	0,5	
Хвороби	Дні	5	
Інші	Дні	0,5	
		30	
Ефективний час, T <sub>ЭФ</sub>	Дні	243,75	243,75

Коефіцієнт списочности, K <sub>сп</sub>		1,123	1,123
--	--	-------	-------

### 5.5 Розрахунок чисельності основних робітників

Проектний варіант.

Розраховуємо кількість робітників для обслуговування чотирьохсекційного аеротенка, преаератора, шести смоловідстійників, двох масловіддільників, усереднювача, двох вторинних відстійників, двох мулоущільнювачів, двох метантенків з газовим господарством, майданчика мулу, насосно-повітродувної станції, що полягає із 14-ти повітродувок і восьми насосів.

1) Час обслуговування 1 секції аеротенка [2] :  $t_0 = 5.2$  чол·год.

2) Оскільки апарат (аеротенк) складається з декількох умовних одиниць (4 секцій), то в першу чергу визначаємо час обслуговування однієї секції :

$$t = t_0 \cdot K_2, \text{ чол·год} \quad (4.8)$$

де  $t_0$  - час обслуговування однієї умовної одиниці, чол·год;

$K_2$  - коефіцієнт, який рівний, :

$$K_2 = 1.1^m \quad (4.9),$$

де  $m$  - число секцій в аеротенку.

$$K_2 = 1.1^4 = 1.46, \text{ тоді}$$

$$t = 5,2 \cdot 1.46 = 7,6 \text{ чол·год.}$$

3) Сумарний середньозмінний час обслуговування.

- Для насосно-повітродувної станції:

$$T = t \cdot K_1, \text{ чол·год/зм} \quad (4.10)$$

де  $t$  - час обслуговування одного газоочисного апарату, чол·год;

$K_1$  - коефіцієнт, який рівний, :

$$K_1 = 1.2^n,$$

де  $n$  - кількість апаратів.

$$T_p = 0,2 \cdot 1,2^{20} = 8,4 \text{ чол·год/зм}$$

- для споруджень механічного очищення :

$$T_{\text{ДЫМ}} = t \cdot 1,2^n, \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм} \quad (4.11)$$

де  $n$  - кількість апаратів.

$$T_{\text{ДЫМ}} = 1,16 \cdot 1,2^{11} = 8,6 \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм}$$

- для споруд по обробці осаду :

$$T_{\text{O}} = t \cdot 1,2^n, \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм} \quad (4.12)$$

де  $q$  - кількість агрегатів.

$$T = 2,4 \cdot 1,2^6 = 7,2 \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм}$$

4) Сумарний середньозменний час обслуговування установки :

$$T_{\text{УСТ}} = T_{\text{A.}} + T_{\text{H}} + T_{\text{M}} + T_{\text{O}}, \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм} \quad (5.13).$$

$$T_{\text{УСТ}} = 7,6 + 8,4 + 8,6 + 7,2 = 31,8 \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм}$$

5) Змінна загальна явочна чисельність обслуговуючого персоналу :

$$Ч_{\text{ЯВ}} = \frac{T_{\text{УСТ}}}{l} \cdot \frac{S}{L}, \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{см} \quad (4.14)$$

де  $l$  - задана тривалість зміни, год;

$S$  - тривалість тижневого циклу роботи устаткування, год;

$L$  - тривалість робочого тижня, год.

При безперервному 3-х змінному 4-х бригадному графіку:

$$S = 7 \text{ дн} \cdot 24 \text{ год} = 168 \text{ год},$$

$$L = 7 \text{ дн} \cdot 3 \text{ зм} \cdot 8 \text{ год} = 168 \text{ ч}, \text{ тоді}$$

$$Ч_{\text{см}} = \frac{31,8}{8} \cdot \frac{168}{168} \approx 4 \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм}$$

7) Добовий склад, чол :

$$Ч_{\text{СУТ}} = Ч_{\text{ЯВ}} \cdot n_{\text{см}} \quad (4.15)$$

де  $n_{\text{см}}$  - кількість змін.

$$Ч_{\text{СУТ}} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ чол}.$$

8) Штатний склад:

$$Ч_{\text{ШТ}} = Ч_{\text{ЯВ}} (n_{\text{БР}} + n_{\text{ВЫХ}}), \text{ чол} \quad (4.16)$$

де  $n_{БР}$  - кількість працюючих бригад;

$n_{ВЫХ}$  - кількість непрацюючих бригад.

$$Ч_{шт} = 4 \cdot (3 + 1) = 16 \text{ чол.}$$

9) Обліковий склад:

$$Ч_{СП} = Ч_{шт} \cdot K_{СПИС}, \text{ чол} \quad (4.17).$$

$$Ч_{СП} = 16 \cdot 1,123 \approx 18 \text{ чол.}$$

Таблиця 4.4 - Розміщувальний штат основних робітників.

Найменування професії	Розряд	Тариф	Чисельність по розміщувальному штату, чол.				На підміну, чол	Обліковий штат, чол.	З урахуванням підміни, чол
			1	2	3	4			
Апаратник	4	2,27	3	3	3	3	1	12	13
Машиніст	3	1,97	1	1	1	1	1	4	5

Базовий варіант.

Розраховуємо кількість робітників базового варіанту, що відрізняється від проектного відсутністю метантенків з газовим господарством.

1) Враховуючи аналогічність споруд по очищенню стічних вод, сумарний середньозмінний час обслуговування відповідатиме проектному варіанту за винятком споруд по обробці осаду

$$T_{УСТ} = T_{А.} + T_{Н} + T_{М} + T_{О}, \text{ чол.год/зм} \quad (4.13).$$

$$T_{УСТ} = 7,6 + 8,4 + 8,6 = 24,6 \text{ чол.год/зм}$$

3) Змінна загальна явочна чисельність обслуговуючого персоналу :

$$Ч_{ЯВ} = \frac{24,6}{8} \cdot \frac{168}{168} \approx 3 \text{ чел.}$$

4) Добовий склад:

$$Ч_{СУТ} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ чол.}$$

5) Штатний склад:

$$Ч_{ШТ} = 3 \cdot (3 + 1) = 12 \text{ чол.}$$

6) Обліковий склад:

$$Ч_{СП}=12 \cdot 1,12313 \text{ чол.}$$

Таблиця 4.4 - Загальний склад і чисельність обслуговуючого персоналу біохімічної установки

Найменування підрозділів, категорії тих, що працюють, посада	Варіанти	
	базовий	Проектний
<b>Обслуговуючий персонал</b>		
Начальник ділянки	1	1
Начальник зміни	4	4
Інженер-хімік	1	1
Мікробіолог	1	1
Апаратник	9	13
Машиніст насосної і повітродувної станції	5	5
Лаборант	4	4
<b>Ремонтний персонал</b>		
Майстер	1	1
Черговий слюсар	8	8
Слюсар	2	2

Експлуатація контрольно-вимірювальних приладів, їх перевірка і ремонт покладена на загальнозаводську службу КВПіА. Транспортне забезпечення роботи ділянки біохімічного очищення виконує автотранспортна служба заводу.

## 5.6 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні витрати розраховують у вигляді питомих величин, віднесених до 1 м<sup>3</sup> стічних вод (грн./м<sup>3</sup>).

$$C_K = (C_{\text{осн.об}} + C_M + C_H + C_{\text{зд}} + C_{\text{мон}}) \cdot \frac{1}{3600 \cdot Q_C \cdot \tau}, \quad (4.14)$$

де  $C_{\text{осн.об}}$  - вартість основного устаткування, грн.;

$C_M$  - вартість установки і монтажу устаткування, [14];

$C_{\text{мон}}$  - вартість монтажу комунікацій, [14];

$C_H$  - вартість накладних витрат спеціалізованої організації,

$C_{\text{зд}}$  - вартість будівлі, грн. [14];

$Q_C$  - секундна витрата що очищається, м<sup>3</sup>/с,  $Q_C=0,05$  м<sup>3</sup>/с;

$\tau$  - ефективний час роботи газоочищення за рік, ч.

Вартість основного устаткування, його монтажу, а також монтажу комунікацій приведена в таблиці 4.5

Вартість монтажу комунікацій (20%), допоміжних будівель і споруд (25%) і благоустрій території (10%) від вартості основного устаткування :

Для проектного варіанту

$$C_{\text{МОН}}=0,55 \cdot C_{\text{осн.об.}}=0,55 \cdot 23461000=12903550 \text{ грн.};$$

Для базового варіанту

$$C_{\text{МОН}}=0,55 \cdot C_{\text{осн.об.}}=0,55 \cdot 19295900=10612745 \text{ грн.};$$

Вартість накладних витрат

Проектний варіант

$$C_{\text{Н}}=0,2 \cdot C_{\text{осн.об.}}=0,2 \cdot 23461000=4692000 \text{ грн.}$$

Базовий варіант

$$C_{\text{Н}}=0,2 \cdot C_{\text{осн.об.}}=0,2 \cdot 19295900=3859180 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту:

$$C_{\text{К}} = (23461000 + 12903550 + 4692000) \cdot \frac{1}{3600 \cdot 0,05 \cdot 8400} = 27,15 \text{ грн./ м}^3$$

Таблиця 4.5 Вартість будівництва і монтажу будівель, споруд і устаткування установки біохімічного очищення

Найменування	Ціна, тис.грн			Базовий варіант				Проектний варіант			
	всього	в т.ч.		К-ть	Вартість, тис.грн			К-ть	Вартість, тис.грн		
		обладн	монтаж		всього	в т.ч.			всього	в т.ч.	
						обладн	монтаж			обладн	монтаж
Преаератор	140,40	20,20	120,20	1	140,40	20,20	120,20	1	140,40	20,20	120,20
Смоловідстійник	643,50	58,50	585,00	3	1930,50	175,50	1755,00	3	1930,50	175,50	1755,00
Масловіддільник	858,78	210,60	648,18	2	1717,56	421,20	1296,36	2	1717,56	421,20	1296,36
Усереднювач	2496,78	135,72	2361,06	1	2496,78	135,72	2361,06	1	2496,78	135,72	2361,06
Аеротенк	1177,02	30,42	1153,62	6	7062,12	182,52	6921,72				
Аеротенк-змішувач	7689,24	126,36	7562,88					1	7689,24	126,36	7562,88
Реагентне господарство	207,07	198,20	8,63	1	207,07	198,20	8,63	1	207,07	198,20	8,63
Відстійник	765,18	77,22	687,96	1	765,18	77,22	687,96	1	765,18	77,22	687,96
Мулоущільнювач	75,54	70,20	5,34					2	151,07	140,40	10,67
Метантенк	2038,14	222,30	1815,84					2	4076,28	444,60	3631,68
Майданчики мулу, тис.м2	514,80		514,80	2	772,20		772,20	1	308,88		308,88
Повітродувка Н50- 21-1	51,48	46,80	4,68	2	102,96	93,60	9,36	2	102,96	93,60	9,36
Повітродувка ТВ- 42-1,4	35,10	33,46	1,64	2	70,20	66,92	3,28	2	70,20	66,92	3,28
Повітродувка ТВ- 100	82,84	77,69	5,15	12	994,03	932,26	61,78	9	745,52	699,19	46,33
Насос ФГ 216/24	14,51	13,34	1,17	4	58,03	53,35	4,68	2	29,02	26,68	2,34
Насос АР-100М	11,70	10,06	1,64					2	23,40	20,12	3,28
Насос АР-60М	7,02	5,38	1,64					4	28,08	21,53	6,55
<b>Разом устаткування</b>					16317,03	2356,69	14002,23		20482,14	2667,44	17814,46
Будівля насосно-повітродувної станції	2978,82	1712,88	1265,94	1	2978,82	1712,88	1265,94	1	2978,82	1712,88	1265,94
<b>ВСЬОГО</b>					<b>19295,85</b>				<b>23460,96</b>		



Для базового варіанту:

$$C_K = (19295900 + 10612745 + 3859180) \cdot \frac{1}{3600 \cdot 0,05 \cdot 8280} = 22,65 \text{ грн./м}^3$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.6

Таблиця 4.6 - Капітальні витрати на очищення води

Показники	Варіант	
	Базовий, тис.грн	Проектний, тис.грн
Вартість основного устаткування	163170,3	204821,4
Вартість монтажу устаткування	14002,2	17814,5
Вартість монтажу комунікацій, допоміжних будівель, благоустрій	10612,8	12903,5
Накладні витрати спецорганізацій	3859,2	4692,0
Всього капітальних витрат	33767,8	38077,4
Всього капзатрат грн./м <sup>3</sup>	22,65	27,15

### 5.7 Розрахунок витрат на очищення води

Річні експлуатаційні витрати на очищення газу :

$$C = \sum_{i=1}^N C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7, \quad (4.15)$$

де  $C_1$  - витрати на електроенергію, грн.;

$C_2$  - витрати на основні і допоміжні матеріали, грн.;

$C_3$  - амортизаційні відрахування від основного і ремонтного фондів, грн.;

$C_4$  - основна і додаткова зарплата виробничих робітників, грн.;

$C_5$  - відрахування на соціальне страхування, грн.;

$C_6$  - витрати на поточний ремонт і зміст основних засобів, грн.;

$C_7$  - інші цехові витрати, грн.

Енергетичні витрати:

$$C_1 = r \cdot l \cdot N \cdot T, \quad (4.16)$$

де  $r$  - вартість електроенергії, для промислових підприємств  $r=2,5$  грн/кВт\*ч;

$l$  - коефіцієнт, що враховує зміст обслуговуючого персоналу, приймаємо  $l=1,1$ ;

$T$  - час роботи установки біохімічного очищення;

$N$  - сумарна потужність електродвигунів до насосів і повітродувок, кВт.

По проектному варіанту

$$C_1 = 2,5 \cdot 1,1 \cdot 8400 \cdot 798 = 18433800 \text{ грн}$$

По базовому варіанту

$$C_1 = 2,5 \cdot 1,1 \cdot 8280 \cdot 945 = 21517650 \text{ грн}$$

Для біогенного підживлення стічної води потрібна ортофосфорная кислота. Вартість кислоти, що витрачається за рік, :

$$C_1 = Q \cdot m_{уд} \cdot T_{эф} \cdot Ц \cdot 10^{-6} \quad (4.18)$$

де  $Q$  - годинний об'єм стічних вод, що очищаються, м<sup>3</sup>/год;

$m_{уд}$  - питома норма витрати ортофосфорної кислоти, 13,5 г/м<sup>3</sup>;

$Ц$  - ціна 1т ортофосфорної кислоти, грн.

Проектний варіант

$$C_1 = 200 \cdot 13,5 \cdot 8400 \cdot 5400 \cdot 10^{-6} = 110225 \text{ грн.}$$

Базовий варіант

$$C_1 = 200 \cdot 13,5 \cdot 8280 \cdot 5400 \cdot 10^{-6} = 108650 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від основних фондів визначаються множенням вартості основних фондів на відповідні норми амортизаційних відрахувань [14].

Амортизаційні відрахування на устаткування приведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Амортизаційні відрахування на устаткування і споруди

Найменування	Норма відрахувань, %	Базовий		Проектний	
		Вар-ть, тис.грн	Сума, тис.грн	Вар-ть, тис.грн	Сума, тис.грн
Преаератор	7,8	140,4	11,0	140,4	11,0
Смоловідстійник	7,1	1930,5	137,4	1930,5	137,4
Масловіддільник	7,8	1717,6	133,8	1717,6	133,8
Усереднювач	7,8	2496,8	194,7	2496,8	194,7
Аеротенк	3,6	7062,1	254,2		
Аеротенк-змішувач	3,6			7689,2	276,8
Реагентне господарство	25,0	207,1	51,7	207,1	51,7
Відстійник	7,1	765,2	54,3	765,2	54,3
Мулоуцілювач	11,7			151,1	17,6
Метантенк	3,4			4076,3	138,5
Майданчики мулу	11,9	772,2	91,9	308,9	36,7
Повітродувка Н50- 21-1	6,4	103,0	6,5	103,0	6,5
Повітродувка ТВ- 42-1,4	6,4	70,2	4,5	70,2	4,5
Повітродувка ТВ- 100-1,13	6,4	994,0	63,6	745,5	47,7
Насос ФГ 216/24	19,1	58,0	11,1	29,0	5,5
Насос АР-100М	27,9			23,4	6,5
Насос АР-60М	27,9			28,1	7,8
Будівля насосно-повітродувної станції	3,1	2978,8	92,3	2978,8	92,3
<b>РАЗОМ</b>			1107,0		1223,3

Відрахування до ремонтного фонду складає 15 % від амортизаційних відрахувань:

$$\Phi_p = 0,15 \cdot A, \quad (4.19)$$

по базовому варіанту:

$$\Phi_{pб} = 0,15 \cdot 1107000 = 166050 \text{ грн.}$$

по проектному варіанту:

$$\Phi_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 1223300 = 183490 \text{ грн.}$$

Інші цехові витрати складають 25 % від суми амортизаційних відрахувань, відрахувань до ремонтного фонду і зарплати службовців

$$0,25(A + \Phi_{\text{р}})$$

по базовому варіанту:

$$0,25(1107000 + 166050) = 318260 \text{ грн.}$$

по проектному варіанту:

$$0,25(1223300 + 183490) = 351690 \text{ грн.}$$

Економія від утилізації газу в проектному варіанті:

$$\mathcal{E}_{\text{у}} = Q_{\text{уТ}} \cdot \text{Ц} \cdot 10^{-3} = 331200 \cdot 6463 \cdot 10^{-3} = 2140545, \text{ грн.}$$

де  $Q_{\text{уТ}}$  - кількість продукту, що утилізується, т;

Ц - відпускна ціна 6463 грн./1000м<sup>3</sup>.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 - Витрати на очищення 1 м<sup>3</sup> стічних вод

Статті витрат	Раз-мірність	Базовий		Проектний	
		Витрата на 1м <sup>3</sup> стічної води	Сума витрат, грн	Витрата на 1м <sup>3</sup> стічної води	Сума витрат, грн
Електроенергія	Грн.	14,44	21517650	12,21	18433800
Витрати на реагенти	Грн.	0,07	108650	0,07	110225
Фонд заробітної платні	Грн.	2,94	4380000	3,22	4860000
Амортизаційні відрахування	Грн.	0,74	1107000	0,81	1223300
Відрахування до ремонтного фонду	грн.	0,11	166050	0,12	183490
Інші цехові витрати	грн.	0,21	318260	0,23	351690

Загальні витрати на очищення	грн.	18,52	27597610	16,66	25162505
Економія від утилізації газу	Грн.	-	-	1,42	2140545
Загальні витрати з урахуванням економії	Грн.	18,52	27597610	15,25	23021960

### 5.8 Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень

Річний економічний ефект:

$$\Theta = [(C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2)] \cdot A_2, \quad (4.20)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  - собівартість одиниці продукції за допомогою відповідно до базової і нової техніки, грн.;

$K_1$  і  $K_2$  - питомі капітальні вкладення на одиницю продукції базову і нову техніку, грн.;

$E_H$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, для природоохоронних заходів  $E_H=0,12$ ;

$A_2$  - річний обсяг виробництва за допомогою нової техніки в розрахунковому році, мЗ.

$$\Theta = [(18,52 + 0,2 \cdot 22,65) - (15,25 + 0,2 \cdot 27,15)] \cdot 1585566 = 884746 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень в нову техніку:

$$T_{\text{о.к.}} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{27,15 - 22,65}{18,52 - 15,25} = 1,4 \text{ роки}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 45.9.

Таблиця 4.9 - Основні техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Річна виробнича потужність біохімічного очищення	млн. м <sup>3</sup>	1,66	1,68
Вміст фенолів до очищення після очищення	г/м <sup>3</sup>	0,4 0,001	0,4 0,001
Вміст роданіду до очищення після очищення	г/м <sup>3</sup>	0,4 0,01	0,4 0,01
Кількість газу, що утилізується	тис.м <sup>3</sup>	-	331,2
Річні експлуатаційні витрати	млн.грн	22,30	22,70
Капітальні вкладення	млн.грн	33,77	38,08
Витрати на очищення 1 м <sup>3</sup> води	грн.	18,52	15,25
Річний економічний ефект	тис.грн	—	884,7
Економічна ефективність капітальних вкладень	$\frac{\text{грн}}{\text{грн} \cdot \text{рік}}$	—	0,71
Термін окупності капітальних вкладень	років	—	1,4

## ВИСНОВКИ

Для зменшення витрат на біохімічне очищення фенольвмісних стічних вод коксохімічного виробництва з дотриманням екологічних нормативів запропоновано:

- замінити тип основної споруди – аеротенку – з аеротенка-витискача на аеротенк-змішувач, що дозволить зменшити об'єм споруд, час на простої, пов'язані з ремонтом та обслуговуванням, витрати повітря на аерацію, а також підвищити продуктивність установки біохімічного очищення;

- замінити аеробну стабілізацію надлишкового активного мулу на мулових майданчиках на анаеробне мезофільне зброджування в метантенках що дозволить отримати біогаз в кількості понад 300 тис.м<sup>3</sup> на рік для потреб підприємства.

Запропоновано схему контролю та автоматизації експлуатації насосних агрегатів для безперебійної роботи очисних споруд.

Розроблені заходи з охорони праці та техногенної безпеки, які забезпечують нормативні умови праці обслуговуючого персоналу та безпечне ведення виробничого процесу, а також техногенну безпеку виробництва.

Розроблена організаційна структура та розрахована штатна чисельність працівників ділянки біохімічного очищення.

Визначені основні техніко-економічні показники проекту:

- річний економічний ефект складає 884,7 тис.грн;
- економічна ефективність капітальних вкладень 0,71 грн / (грн·рік);
- термін окупності капітальних вкладень 1,4 року.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Водопостачання та водовідведення: підручник / В.О. Орлов, Я.А. Тугай, А.М. Орлова. - К. : Знання, 2011. - 359 с.
2. Рекомендації щодо оцінки та вибору техніко-економічних характеристик водоохоронних комплексів підприємств чорної металургії. - Харків: РВВ ВНДІВО, 1990. - 63с.
3. Кравченко, В. С. Водопостачання та каналізація: підруч.для вищ. навч. закл. / В. С. Кравченко. - Київ : Кондор, 2007. - 286 с.
4. ДБН В.2.5-75:2013 “Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування
5. Хавікова К.Є., Іванченко А.В. Обґрунтування екологічно безпечного методу переробки фенольних стічних вод. Актуальні проблеми сучасної хімії: 2019 рік: матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф., 24 травн. 2019 р. Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2019. С.218–222.
6. Путиліна Н.Т., Квітницька Н.М., Костовецький Я.І. Мікробний метод знесфенолювання стічних вод. - К.: Здоров'я, 1984 - 88с.
7. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 73 с.
8. Кагасов В.М., Дербишева Є.К., Рубчевський В.М. та ін. Очищення стічних вод коксохімічних підприємств. /Методичний посібник/ - Харків: Діпрококс, 1996 - 189с.
9. Юровська О.М. Мікробіологічне очищення промислових стічних вод. - К.: Здоров'я, 1984 - 160с.
10. Кочановський А.М., Кульський Л.А., Сотнікова Є.В. та ін. Очищення промислових стічних вод. - Київ: Техніка, 1974 - 208 с.
11. Ковальов О.Т., Борисенко О.Л. Переробка відходів та побічних продуктів у власному технологічному циклі коксохімічного виробництва // Зб. наук. статей 15-ї Міжнародної науково-практичної конференції: Екологія та



здоров'я людини. Охорона повітряного та водного басейнів. Утилізація відходів. Т.2: - Харків: 2007. - С. 265-26713. Рекомендації за розрахунком економічної ефективності науково-технічних заходів в області очищення природних і стічних вод. - М.: ВНДІВОДГЕО, 1979 - 305с.

14. Рекомендації за розрахунком порівняльної економічної ефективності в області очищення природних і стічних вод. - М.: ВНДІВОДГЕО, 1987 - 341с.

15. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 195 с.

16. Рекомендації щодо оцінки та вибору техніко-економічних характеристик водоохоронних комплексів підприємств чорної металургії. - Харків: РІО ВНІВО, 1990. - 63с.

17. Путиліна Н.Т., Квітницька Н.М., Костовецький Я.І. Мікробний метод знесфенолювання стічних вод. - К.: Здоров'я, 1984 - 88с.

18. Кагасов В.М., Дербишева Є.К., Рубчевський В.М. та ін. Очищення стічних вод коксохімічних підприємств. /Методичний посібник/ - Харків: Гіпрококс, 1996 - 189с.

19. Юровська О.М. Мікробіологічне очищення промислових стічних вод. - К.: Здоров'я, 1984 - 160с.

20. Кочановський А.М., Кульський Л.А., Сотнікова Є.В. та ін. Очищення промислових стічних вод. Київ: Техніка, 1974. 208 с.