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)

Кваліфікаційна робота магістра

рівень вищої освіти__другий (магістерський) рівень_____
(другий (магістерський) рівень)

на тему *Вдосконалення процесу відбору алюмінатних розчинів зі згущувачів на виробництві глинозему*

Виконав: студент ___*2*_курсу, групи *8.1363-мкм*
___*Юров М.Ю.*_____
(ПІБ) (підпис)
спеціальності
____*136 Металургія*_____
(шифр і назва)
спеціалізація
_____
(шифр і назва)
освітньо-професійна програма
*Металургія кольорових металів*_____
(шифр і назва)

Керівник _Нестеренко Т.М._____
(прізвище та ініціали) (підпис)
Рецензент _Карпенко Г.В._____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2024 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 *136 металургія*
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *Металургія кольорових металів)*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *МТЕТБ*
Ю.О. Бєлоконь

"__" _____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Юров Михайло Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкта) *Вдосконалення процесу відбирання алюмінатних розчинів зі згущувачів у виробництві глинозему*

керівник роботи (проєкту) *Нестеренко Тетяна Миколаївна, к.т.н, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "28" лютого 2024 року № 359-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *02.12.2024*

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Згущувач алюмінатних розчинів з плоским днищем та переферійним розвантаженням; науково-технічна література, періодичні видання за фахом, патентний пошук.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*: Реферат. Зміст. Вступ. 1. Аналітична частина. 2. Методика дослідження. 3. Дослідницька частин. 4. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Перелік джерел посилання. Додатки.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Креслення, презентаційний матеріал 15 слайдах (на 15 сторінках)*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Аналітична частина	*Нестеренко Т.М., доцент*	
Методика дослідження	*Нестеренко Т.М., доцент*	
Дослідницька частина	*Нестеренко Т.М., доцент*	
Охорона праці та техногенна безпека	*Нестеренко Т.М., доцент*	
Нормоконтроль	*Бєлоконь Ю.О. зав. кафедри*	

7. Дата видачі завдання *01.03.2024*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ*	*до 30.11.2023*	*Виконано*
2	*Реферат*	*до 30.11.2023*	*Виконано*
3	*Аналітична частина*	*до 30.06.2024*	*Виконано*
4	*Методика дослідження*	*до 18.11.2024*	*Виконано*
5	*Дослідницька частина*	*до 18.11.2024*	*Виконано*
6	*Охорона праці та техногенна безпека*	*до 25.11.2024*	*Виконано*
7	*Висновки*	*до 25.11.2024*	*Виконано*
8	*Графічна частина*	*до 30.11.2024*	*Виконано*

Студент *М.Ю. Юров*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *Т.М. Нестеренко*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної робота магістра: 65 с., 16 табл., 12 рис., 1 дод., 24 джерела.

ГЛИНОЗЕМ, МЕТОД БАЙЄРА, БОКСИТ, ЧЕРВОНИЙ ШЛАМ, ШЛАМОСХОВИЩЕ, АЛЮМІНАТНИЙ РОЗЧИН, ВТРАТИ ГЛИНОЗЕМУ, ВТРАТИ КАУСТИКУ

Об’єкт дослідження – технологія відбору розчинів зі згущувачів на виробництві глинозему.

Предмет дослідження – алюмінатний розчин зі згущувачів при виробництві глинозему.

Мета роботи – дослідити можливість зменшення втрат глинозему та лугу з червоним шламом зі згущувачів.

Методики дослідження – розроблені та стандартні методики відбору проб з алюмінатних розчинів, гравіметричний метод визначення відношення маси рідкої фази до маси твердої фази, метод визначення масової концентрації загальної лугу в перерахунку на оксид натрію в алюмінатних, оборотних розчинах, пульпах, виробничих водах глиноземного виробництва, фотоколориметричний метод визначення масової концентрації оксиду заліза (III) загального та розчинного у технологічних розчинах виробництва глинозему.

В ході виконання магістерської роботи розроблено та реалізовано нову технологію відбору алюмінатних розчинів зі згущувачів, яка дозволяє відбирати розчини зі згущувача у відповідності до його щільності.

Встановлено, що втрати основних речовин з червоним шламом зі згущувачів зменшуються. При відборі розчинів за новою методикою також спостерігалося зменшення витрат електроенергії. Розраховано економічний ефект від впровадження нової технології.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА…….…… 9
1.1 Гідрометалургія процесу Байєра …… 9
1.1.1 Вплив різних бокситів на процес Байєра…….. 10
1.1.2 Схема процесу Байєра…… 12
1.2 Устаткування для згущення й промивання шламу……. 17
1.3 Утворення шламу його склад та характеристика…….. 28
1.4 Мета та постановка задачі…….. 31
2 ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ …….. 32
2.1 Характеристика сировини та матеріалів…… 32
2.2 Характеристика обладнання…… 33
2.3 Методики відбору проб та проведення аналізів…… 37
2.3.1 Методика відбору проб алюмінатних розчинів зі згущувачів…… 37
2.3.2 Гравіметричний метод визначення відношення маси рідкої фази до маси твердої фази…… 38
2.3.3 Об'ємний метод визначення масової концентрації загальної лугу в перерахунку на оксид натрію в алюмінатних, оборотних розчинах, пульпах, виробничих водах глиноземного виробництва …….. 39
2.3.4 Фотоколориметричний метод визначення масової концентрації оксиду заліза (III) загального та розчинного у технологічних розчинах виробництва глинозему …… 41
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА…..…… 44
3.1 Технологія відбору розчинів зі згущувачів..... 44
3.2 Методика відбору проб розчинів зі згущувачів для аналізів 47
3.3 Результати аналізів проб розчинів зі згущувачів..... 49
3.4 Розрахунок економічного ефекту..... 54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА…… 55

4.1 Правила техніки безпеки під час роботи в лабораторії…… 55
4.2 Перша долікарська допомога …… 58
ВИСНОВКИ…… 60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ…… 61
Додаток А. Тези на Всеукраїнську науково-технічну конференцію студентів і молодих учених «Молода академія 2023»…… 63

ВСТУП

Найпоширенішим способом виробництва глинозему Al_2O_3 (сировини для виготовлення металічного алюмінію) є спосіб Байєра. За цим способом подріблену алюмінійвмісну руду (боксит) піддають впливу лугу, переводячи оксид алюмінію в алюмінатний розчин [1]. Далі проходить відділення алюмінатного розчину від шламу, який до 60% складається з оксидів заліза [2]. Надалі алюмінатний розчин розкладається на гідрат $Al(OH)_3$ та маточний розчин з великим вмістом Na_2O. Більша частина гідрату повертається в технологічний процес для затравки (утворення центрів кристалізації нових згустків гідрату) [1,2]. Решта гідрату прокалюється у печах киплячого слою для отриманням продукційного глинозему. Для підвищення концентрації лугу маточний розчин випарюється та повертається у виробництво.

Наразі є актуальною проблема втрат Al_2O_3 та Na_2O зі шламом на шламосховище на етапі розділення алюмінатного розчину і шламу. Крім того, забрудненість алюмінатних розчинів суттєво впливає на їхнє розкладання [3]. Розділення проходить у однокамерних згущувачах з плоским днищем за допомогою периферійного відбору шламової пульпи відцентрованими насосами. Для прискорення осаду шламу використовується синтетичний флокулянт. За допомогою мішалки з трьома граблинами осаджений шлам доставляється на всмоктування насосів на рівні днища згущувача. Алюмінатний розчин відбирається з верхньої зони згущувача. В процесі перемішування безпосередньо перед граблиною мішалки утворюються зона з підвищеною густиною шламової пульпи. Робота насосів не залежить від густини шламової пульпи, яка відкачується, тобто вони працюють з постійною продуктивністю.

За представленим способом відцентровані насоси відкачують шламову пульпу з більшою продуктивністю із зони, де густина шламової пульпи більша, і навпаки продуктивність насосів зменшуються в зоні, де густина шламової пульпи менша. Представлений спосіб відбору і розділення алюмінатних

розчинів і шламів забезпечує зменшення втрат Al_2O_3 та Na_2O з відвальним шламом. Також спостерігалася економія енерговитрат за рахунок зміни режиму роботи відцентрових насосів.

Мета роботи – дослідити можливість зменшення втрат глинозему та лугу з червоним шламом зі згущувачів.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати проблему втрат корисних речовин в глиноземному виробництві, а саме на дільниці згущення і промивки червоного шламу.

2. Провести аналіз усереднених проб, які відібрано за звичайною методикою та за експериментальною методикою.

3. Зробити висновки щодо доцільності експериментальної методики відбору розчинів зі згущувачів.

Об`єкт дослідження – технологія відбору розчинів зі згущувачів на виробництві глинозему.

Предмет дослідження – алюмінатний розчин зі згущувачів при виробництві глинозему.

*Наукова новизна: е*кспериментальними дослідженнями підтверджена доцільність нового способу відбору алюмінатних розчинів зі згущувачів.

Практичне значення:

1. Встановлено зменшення втрат глинозему та лугу з червоним шламом зі згущувачів.

2. Встановлено зменшення витрат електричної енергії.

3. Розраховано економічний ефект при масштабуванні нового способу відбору алюмінатних розчинів на інші згущувачі який склав ***44,5 млн. грн.***

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Гідрометалургія процесу Байєра

Оксид алюмінію Al_2O_3 має амфотерні властивості. Його можна переводити в розчин, обробляючи як лугами, так і кислотами. Крім того, оксиди алюмінію при спіканні досить легко взаємодіють з оксидами лужних і лужноземельних металів з утворенням подвійних з'єднань лугів, що розчиняються у водяних розчинах. Тож це визначає різноманіття способів виробництва глинозему.

Високоякісні боксити переробляють способом Байєра. Це найбільш економічний спосіб одержання глинозему, але вимагає використання бокситів із низьким вмістом SiO_2, S, CO_2 та ряду інших домішок. На МГЗ використовують саме спосіб Байєра.

Виробництво алюмінію здійснюється за допомогою двох процесів: процесу Байєра для очищення бокситової руди для отримання оксиду алюмінію, або глинозему, і електролітичного процесу Холла-Еру для плавлення глинозему, розчиненого в кріоліті, для отримання чистого металевого алюмінію [4].

Процес Байєра знаменує собою початок сучасної галузі гідрометалургії. Це основний промисловий спосіб рафінування бокситів для отримання глинозему (Al_2O_3), який достатньо чистий для електролізу алюмінію. Карл Баєр винайшов цей процес у 1887 році, коли працював на хімічному заводі Tentelev поблизу Санкт-Петербурга в Росії. Він удосконалив процес виробництва глинозему для текстильної промисловості, де його використовували або як речовину, що фіксує барвники, або як протраву при фарбуванні бавовни. Байєр виявив, що глинозем, що міститься в бокситах, можна вибірково розчинити шляхом нагрівання його з розчином гідроксиду натрію під тиском в автоклаві з утворенням розчину алюмінату натрію. Тоді гідроксид алюмінію можна осадити з лужного розчину при затраві гідратом оксиду алюмінію, щоб діяти як

ядро. Осаджений гідрат легко фільтрується, промивається та кальцинується для отримання високочистого кристалічного оксиду алюмінію, а їдкий лужний розчин переробляється. Сьогодні промисловий процес Байєра практично не змінився, і майже весь світовий запас глинозему, понад 80 мільйонів тон у 2011 році, для виробництва алюмінію походить від нього.

1.1.1 Вплив різних бокситів на процес Байєра

Процес Байєра в основному використовується для вилучення гідрату алюмінію з бокситових руд із масовим відношенням глинозему до кремнезему вище 9. Процес агломерації широко використовується для переробки діаспорових бокситових руд низького вмісту з нижче 7, у Китаї та Росії, шляхом спікання бокситової руди з карбонатом натрію та вапняком з утворенням алюмінату натрію та кальцію силікатна. У процесі агломерат потім вилуговують водою, розчином каустичної соди та переробленим розчином для розчинення розчинного алюмінату натрію. Отриману суспензію потім фільтрують, а осадження гідрату сприяють барботуванням вуглекислого газу в перенасичений розчин алюмінату натрію, тобто відбувається процес карбонізації. Тим часом каустик у розчині переробляється для вилучення глинозему з бокситу в процесі спікання. У поєднанні з процесом Байєра для відновлення глинозему та соди з червоного шламу він називається комбінованим процесом. У Росії розроблені процеси високотемпературного спікання для обробки висококремнеземистих нефелінових концентратів спіканням з вапняком для виробництва цементу, соди, поташу і глинозему.

До 1970-х років глинозем вироблявся двох різних сортів, тобто борошнистого та піщаного. Протягом останніх десятиліть піщаний глинозем з низьким вмістом дрібнодисперсного (на 90% більше −45 мкм) був більш бажаним через підвищену стурбованість впливом на навколишнє середовище та витратами на енергію. Піщаний глинозем можна отримати за допомогою процесу Байєра з регулюванням етапу осадження. Однак важко виробляти

піщаний глинозем з низьким вмістом дрібних частинок і вузьким розподілом за розміром за допомогою процесу спікання.

Руди, які містять високі концентрації мінералів гідроксиду алюмінію, >35%, називаються бокситами. Він є сировиною майже для всього виробництва глинозему. Боксит зустрічається в трьох основних формах залежно від кількості молекул гідратної води та кристалічної структури. Три структури: гіббзит, беміт і діаспора. Основна відмінність між ними полягає в тому, що беміт і діаспора мають різну кристалічну структуру, яка потребує ще вищих температур і тиску для повного зневоднення, ніж гіббсит. Гібситових руд багато в ряді країн, таких як Австралія, Бразилія, Гвінея, Гайана, Індія, Ямайка, Суринам і Венесуела. Недавні родовища бокситів були знайдені в Камбоджі, Саудівській Аравії та В'єтнамі. Понад 99% бокситових руд у Росії та Китаї є бемітовими та діаспоровими рудами, які характеризуються складними вимогами до обробки, високим вмістом глинозему та кремнезему та низьким співвідношенням мас. Споживання енергії для низькотемпературного збродження гіббситового бокситу становить 7,5–12 ГДж/т, а високотемпературного збродження беміту та/або діаспорового бокситу становить 11–18 ГДж/т. Хімічний склад бокситових руд різних родовищ можна побачити у таблиці 1.1 [2].

Велика кількість глинозему повинна бути вироблена для виробництва алюмінію в процесі Холла-Еру; для виробництва 2 т глинозему потрібно приблизно 5 т бокситу, а для виробництва 1 т металевого алюмінію потрібно майже 2 т глинозему. Двома найбільшими експлуатаційними витратами на тонну глинозему на заводах працюючих за схемою Байєра є боксит і паливо.

Таблиця 1.1 – Склад бокситових руд різних родовищ

Країна	Вміст основних компонентів, %							Мінералогічний тип бокситу
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O3	TiO_2	Ca	п.п.в.	μ_{Si}	
Ямайка	44,3	1,5	18,2	-	-	25,0	29,5	гідраргілітовий
Гвінея	56,7	2,7	7,4	3,6	0,2	26,4	21,0	гідраргілітовий
Румунія	63,7	3,6	9,7	-	-	-	17,7	діаспоровий
Індія	49,2	2,8	16,1	6,4	0,1	25,1	17,6	гідраргілітовий
Греція	56,6	3,8	21,6	2,5	0,8	12,6	14,9	діаспоровий
Росія	53,5	3,7	22,5	2,0	3,8	12,5	14,5	діаспоровий
Сурінам	54,5	3,8	8,7	2,6	-	26,0	14,2	гідраргілітовий
Австралія	43,7	3,6	16,4	1,9	-	21,3	12,1	гідраргілітовий + беміт
Угорщина	53,1	4,8	18,8	2,8	-	19,5	И,1	беміт + гіббсит
Бразилія	49,4	4,5	14,6	1,4	0,3	24,0	11,0	гідраргілітовий
Югославія (до 1990 р.)	50,9	4,9	22,0	2,9	0,6	18,5	10,4	бемітовий
Китай	66,1	7,9	5,5	3,3	0,4	13,8	8,4	діаспоровий
Туреччина	57,4	7,0	18,1	-	-	12,0	8,2	діаспоровий
Росія (Урал)	45,5	8,8	19,4	2,2	7,0	-	5,2	
Казахстан	42,6	11,6	18,4	2,3	0,8	20,5	3,7	гіббсит + каолініт
Росія (Тихвін)	45,4	15,9	13,4	0,32	1,3	15,0	2,9	беміт + каолініт

1.1.2 Схема процесу Байєра

Очищення бокситу для отримання глинозему в процесі Байєра показано на схемі на рисунку 1.1.

Бокситову руду спочатку механічно подрібнюють і подрібнюють, щоб зменшити розмір частинок, а потім просівають. Подрібнену руду змішують із технологічним розчином, що містить каустичну соду, і обробляють у млині для отримання суспензії, що містить 35–40% твердих речовин. Гідроксид натрію є

основною хімічною речовиною, яка використовується в процесі вилучення гідрату алюмінію з бокситів.

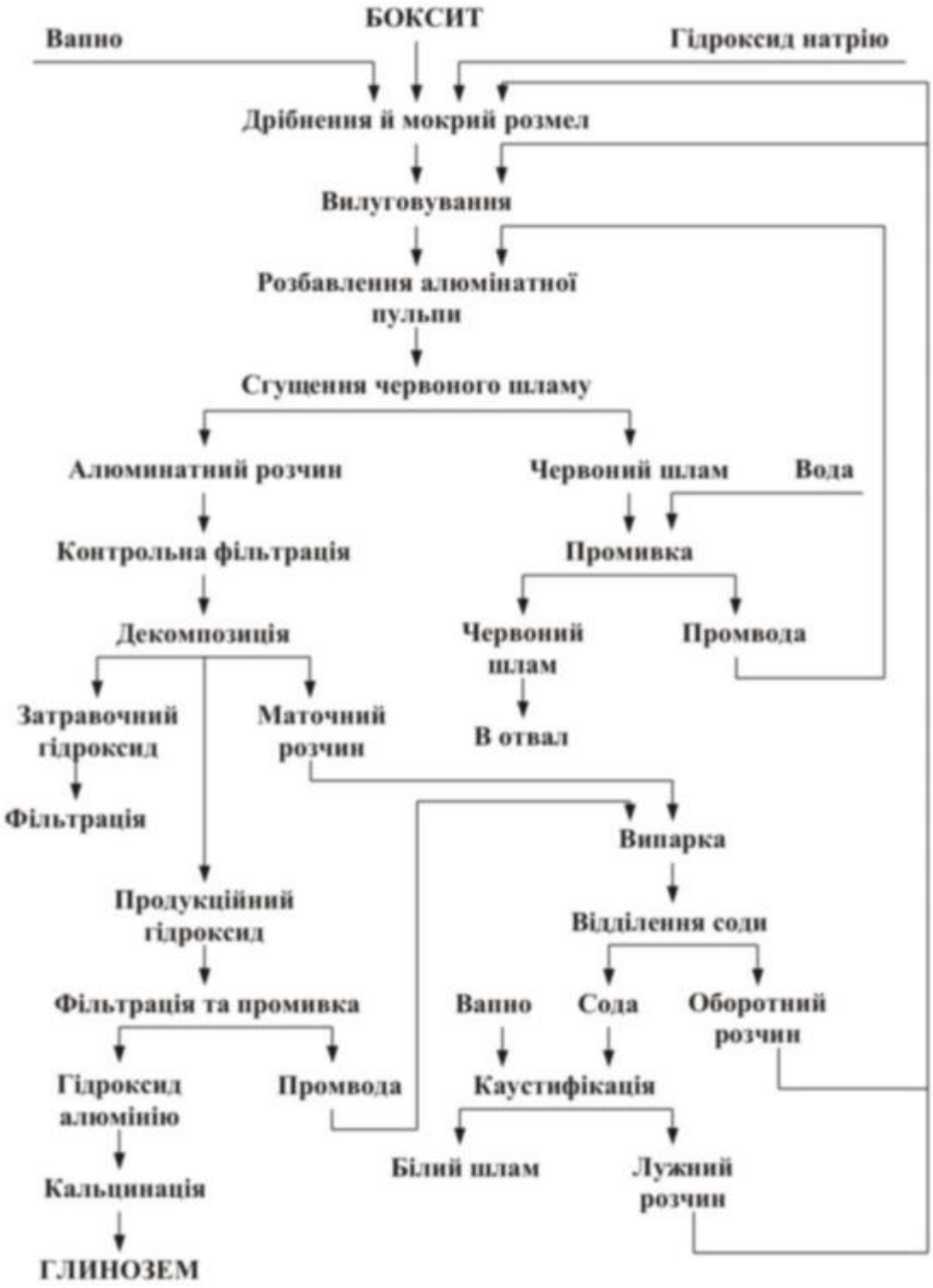


Рисунок 1.1 - Процес Байєра для виробництва глинозему з бокситів.

Перед вилуговуванням розчинний діоксид кремнію видаляють із технологічного розчину або суспензії за допомогою початкової стадії знекремлювання, під час якої суспензію витримують при температурі кипіння при атмосфері протягом кількох годин, щоб стимулювати осадження розчиненого діоксиду кремнію до продукту знесилювання за нижчих температур 90–100 °C [5], щоб зменшити надмірне утворення накипу в теплообмінниках. $3Na_2O{\cdot}3Al_2O_3{\cdot}5SiO_2{\cdot}X$ (де X являє собою різні неорганічні аніони, сульфат, карбонат, хлорид, алюмінат, гідроксид, а також органіку), що утворюється, є основним джерелом втрати соди у 80–90% реактивних кремнезему, а залишок переноситься на стадію зброджування. Втрата соди є основним економічним штрафом, і він лінійно залежить від вмісту реактивного кремнезему в бокситах. З цієї причини боксити, що містять > 8% реакційноздатного кремнезему за вагою, зазвичай вважаються неекономічними для переробки.

Умови вилуговування адаптовані до розподілу глиноземистої фази в бокситах. Час розкладання часто визначається не кінетикою розчинення гіббситу, а кінетикою утворення залишкового і, що більш важливо, відновленням розчинного кремнезему в розчині. Суспензію алюмінієвих мінералів у бокситах перекачують у автоклави, де алюмінійвмісна сполука, алюмінат натрію ($NaAlO_2$), розчиняється та екстрагується шляхом промивання гарячим концентрованим розчином гідроксиду натрію при 110–270 °C під тиском (в залежності від виду бокситу). Ці умови зберігаються протягом часу від півгодини до кількох годин. Час зброджування часто не визначається кінетикою розчинення глинозему, але зводиться до мінімуму, щоб уникнути надмірного розчинення кварцу, який забезпечує додатковий реактивний кремнезем. Додавання 1-2% CaO або вапна полегшує вилучення з руд, що містять > 8% беміту та діаспори. Розкладання перетворює алюмінієві мінерали в бокситах на гідроксид алюмінію, $Al(OH)_3$, який поводиться амфотерно, нейтралізуючи основу, коли вона розчиняється в міцному їдкому розчині гідроксиду натрію при високій температурі та тиску. Гаряча суспензія, що

містить розчин алюмінату натрію, проходить через серію етапів, які знижують тиск і відновлюють тепло, яке можна використовувати в процесі рафінування. Боксит завантажують у процес розбавлення, щоб досягти певного перенасичення оксидом алюмінію, щоб забезпечити стабільність у цих рядах стадій випаровування та освітлення.

Суспензію закачують у резервуар, де розчин очищується, оскільки нерозчинні оксидні домішки не розчиняються в каустику, і відокремлюються від концентрованого розчину, що містить алюмінат натрію, за допомогою процесу, відомого як відстоювання. Розчин охолоджують, фільтрують, а крупні частки понад 100 мкм видаляють у відстійник або циклон і відправляють у камеру тривалого зберігання. Цей бокситовий залишок, званий «червоним шламом», який накопичується на дні резервуара, складається з дрібного піску, оксиду заліза та оксидів мікроелементів, таких як титан. Полімерні флокулентні фільтруючі допоміжні речовини додаються для прискорення осідання та згущення, а також для покращення щільності твердих частинок нижнього потоку бокситового залишку із згущувачів. Він осідає у вигляді твердої суспензії з їдкої суспензії під час освітлення з водного розчину. Дрібні частинки, що вловлюються на фільтрах, промиваються для відновлення глинозему та каустичної соди, які можна повторно використовувати.

Охолоджений (приблизно від 100 до 75 °C) відфільтрований розчин прокачується через серію шестиповерхових резервуарів для опадів. Тверді затравкові кристали гідрату оксиду алюмінію з класифікаторів додають до розчину через верхню частину кожного бака. У рідині відбувається небажане зародження частинок гідрату (частинки < 1 мкм). Бажано, щоб затравкові кристали викликали цементацію малих кристалів гідрату алюмінію (частки від 1 до 45 мкм) і виростали до більших агломерованих кристалів (частинки > 45 мкм), коли вони осідають у рідині та розчинений глинозем приєднується до них. Осаджений кристалічний тригідроксид алюмінію ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), який зазвичай називають гідратом або гіббситом, потім випадає в осад з охолодженої

перенасиченої рідини. Гідрат часто перетворюється в агломерати гексагональних таблеток із затравлених розчинів алюмінату натрію.

Деяка домішка оклюдованої соди, Na_2O, утримується в кристалах гідрату після осадження. Основна теорія контролю за опадами полягає в тому, щоб максимізувати врожай (грами осадженого глинозему/літр розчину глинозему натрію) при збереженні продукту натрію, − 45 мкм, і балансу насіння. Це досягається, по-перше, шляхом контролю температури заповнення розчину, що впливає на закупорену соду, надлишок розчину, утворення дрібних частинок і осадження оксалатів, і, по-друге, керування заповненням затравки, яка впливає на кількість дрібних частинок у продукті, баланс затравки та стирання частинок. Білий пухнастий твердий осад фільтрують, а потім концентрують шляхом випаровування, утворюючи осад на фільтрі гідроксиду алюмінію. Лужний розчин і насіння гідратів переробляються в процесі.

Гідроксид алюмінію промивають, фільтрують і кальцинують або в обертовій печі, стаціонарному кальцинаторі з газовою суспензією або в печах кальцинації з киплячим шаром приблизно до 950–1000 °C для видалення хімічно зв’язаної води з гідрату та утворення безводних кристалів глинозему в процесі. Промисловість припиняє використання обертових печей на користь використання стаціонарних кальцинаторів, які споживають приблизно на 33% менше енергії, 3,0 ГДж/т порівняно з 4,5 ГДж/т глинозему. Етап прожарювання вимагає 25% загальної енергії в процесі Байєра.

Тип кристалів оксиду алюмінію, що утворюються при цих температурах, зазвичай називають гамма (γ- Al_2O_3) кристалічним станом оксиду алюмінію. Технічно чистий глинозем класифікується як глинозем плавильної якості (SGA) і містить не більше 0,01-0,02% SiO_2, 0,01-0,03% Fe_2O_3 і 0,3-0,6% Na_2O як домішки. Оксид алюмінію необхідно прожарити при температурі вище 1250 °C для отримання повного перетворення в альфа-кристалічний стан оксиду алюмінію (α- Al_2O_3), щоб отримати хімічно інертний глинозем класу кераміки.

Найбільшим відходом, що утворюється при переробці бокситів, є хвости або бокситовий залишок. Завод, працюючий за схемою Байєра, виробляє

приблизно таку ж кількість червоного шламу, що й глинозему, у перерахунку на суху вагу. Він осідає у вигляді твердої суспензії з каустичної суспензії під час освітлення або осідає з нерозчинених твердих речовин. Суспензію залишків бокситу потім перекачують у велику площу водосховища на місці або зону зберігання залишків, яка дозволяє воді випаровуватися через кілька років. Коли мул висохне до досить твердої консистенції, його покривають брудом або змішують із землею. Докладаються значні зусилля для пошуку рішень для зменшення кількості залишків, а також для пошуку способів їх використання в комерційних продуктах [1]. Залишки бокситів є однією з найважливіших проблем утилізації глиноземної промисловості та екологічних проблем, оскільки зараз у світі налічується понад 80 глиноземних заводів із зонами зберігання залишків бокситів із оціночними запасами близько 4 мільярдів тон у всьому світі.

1.2 Устаткування для згущення й промивання шламу

Для відокремлення й відмивання червоного шламу від алюмінатного розчину використовують у світовій практиці згущувачі і промивачі. Їх називають також апаратами Дорра чи відстійниками. За принципом дії згущувачі і промивачі однакові. При- строї бувають однокамерні й багатокамерні. Однокамерні, у свою чергу, підрозділяються на згущувачі з центральним розвантаженням і периферичним розвантаженням. Багатокамерні – на згущувачі (промивачі) рівнобіжної й послідовної дії.

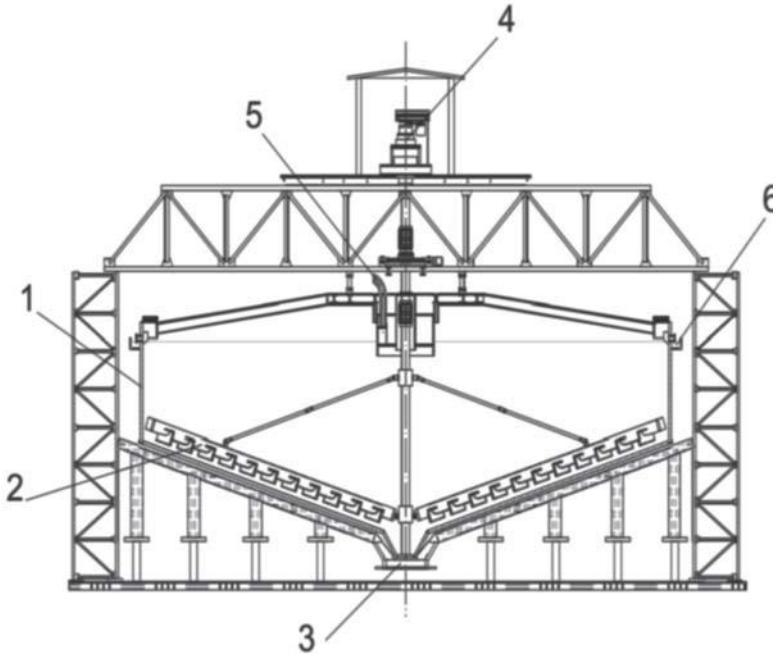
Згущувач (рис. 1.2) являє собою металевий чи бетонний циліндричний чан (1) з конічним чи плоским днищем. У центрі чана змонтований гребківний механізм (2), за допомогою якого осілий шлам переміщають до розвантажувального отвору (3). Розвантажувальний отвір розташовують у центрі чана (центральне розвантаження) чи розташовують кілька розвантажувальних отворів (звичайно 6 - 12) по периферії чана (периферичне розвантаження).

Гребківний механізм складається з вертикального гребного валу, підвішеного на чи фермі спирається на центральну колону. В обертання вал приводять за допомогою двигуна (4) із редуктором, що можуть бути розташовані в центральної верхній чи на верхній периферичній частині згущувача.

Гребківний пристрій складається з граблин із гребками. Граблини кріплять до валу чи жорстко на шарнірах. Замість гребків використовують також волокуші, що являють собою рейки, прикріплені за допомогою тросів до граблин.

У центральній верхній частині згущувача встановлена живильна труба (5), що прикріплена до кришки. По периферії чан згущувача оперізує змивний жолоб.

Для зменшення втрат тепла в навколишнє середовище стінки згущувача зовні закриті теплоізоляцією, а верхня площа – спеціальними кришками.



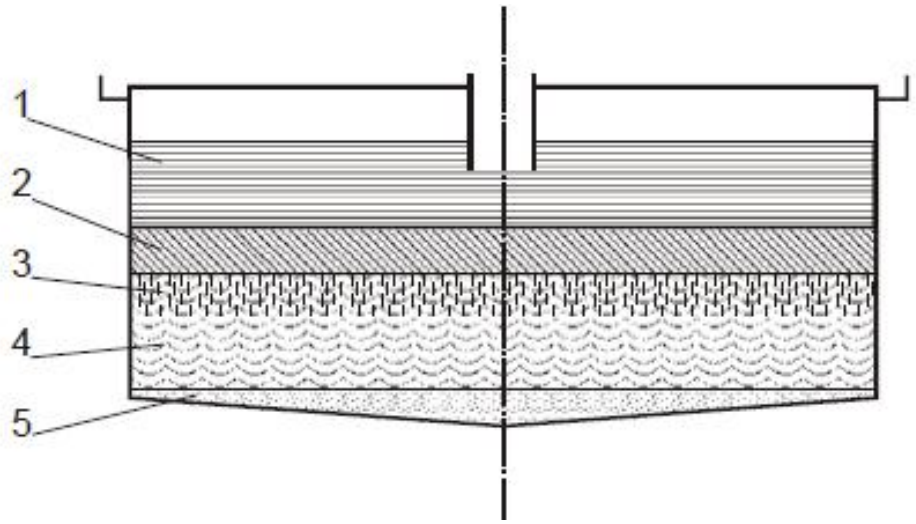
1 - чан згущувача; 2 - гребківний механізм; 3 - розвантажувальний отвір; 4 - двигун із редуктором; 5 - живильна (завантажувальна) лійка (труба); 6 - зливальний жолоб.

Рисунок 1.2 - Схема однокамерного згущувача з центральним розвантаженням

Пульпи безупинно подають у живильну трубу (5). Пульпа поширюється по площі згущувача. Тверда фаза пульпи під дією сили ваги осідає на дно згущувача і гребківним механізмом (2) переміщається до розвантажувального отвору (3). Прояснений розчин розуміється нагору, перетікає через борт (гребінку) згущувача в кільце- вий жолоб (6) і далі попадає в збірну трубу.

При відстоюванні пульпи в згущувачі формується кілька зон, що розрізняються умовами осадження твердої фази. Умовно можна виділити такі зони (рис. 1.3): зона проясненого розчину (1), зона вільного осідання часток (2), зона стиснутого осадження часток (3), зона чи стиску ущільнення (4) і нижня зона дії гребків (5).

Живильну трубу розташовують у зоні вільного осідання (2), що перешкоджає її змішуванню з проясненим розчином і підвищує чистоту зливу. Опускаючи рівень розташування живильних труб у зону 3 чи зону 4 можна істотно змінювати режими відстоювання шламу. Чим нижче опущена живильна труба, тим сильніше виявляють- ся висхідні потоки розчину в згущувачі. Через різність щільності подавану пульпу й пульпу нижніх зон, розчин витісняється у верхні зони. При цьому відбувається його додаткова фільтрація через шар зважених часток у зонах 3 і 4. Чистота зливу підвищується. Продуктивність згущувача може бути збільшена в 2 – 3 рази в порівнянні із звичайним методом, коли пульпа подається в зону освітлення.



1 - зона освітленого розчину; 2 - зона вільного осідання часток; 3 - зона стиснутого осадження часток; 4 - зона стиску чи ущільнення; 5 - зона дії гребків

Рисунок 1.3 - Зони згущення шламу

Продуктивність згущувача залежить в основному від площі згущення й швидкості осадження часток. Висота згущувача не впливає на швидкість осадження (формула 1.1), а забезпечує в основному чистоту зливу. Згущувачі і промивачі будують великих діаметрів від 30 до 50 м (велика площа осадження) при висоті до 5,5 м.

Практичні швидкості осадження червоного шламу 0,1...0,4 м/ч. Відношення Р:Т в ущільненому шламі 2,3...3,2.

Ступінь ущільнення шламу зростає зі збільшенням тривалості ущільнення. Використання гребківних пристроїв також сприяє підвищенню ступеня ущільнення, то- му що при їхньому русі руйнуються осілі великі пластівці шламу, що містять у своїй структурі багато розчину, що супроводжується зниженням відносини Р:Т в шламі. Оптимальний час одного обороту гребків за даними практики 10...20 мін, кут нахилу граблин 8…10 ^{0}.

Продуктивність згущувача розраховують по формулі (1.1):

$$W = F_{сг} \cdot \nu \qquad (1.1)$$

де W – продуктивність згущувача, м^3/год;

$F_{сг}$ – площа згущення, м^2;

ν – швидкість осадження твердих часток, м/ч.

Площа згущення зв'язана з обсягом (масою) зливу співвідношенням:

$$F_{сг} = \frac{V}{\nu} = \frac{g_р}{\rho_р \cdot \nu_р} \quad (1.2)$$

де $F_{сг}$ – площа згущення, м^2;

V – обсяг зливу, м^3;

$g_р$ – маса зливу, кг;

$\rho_р$ – щільність розчину, що зливається, кг/м^3.

Маса зливу зв'язана з масою пульпи, що надходить на відстоювання співвідношенням 1.3:

$$g_р = g_п \cdot \left(1 - \frac{c_1}{c_2}\right); \quad (1.3)$$

де $g_п$ – маса пульпи, що надходить у відстійник в одиницю часу;

c_1 і c_2 – відповідно вміст сухої речовини у вихідній пульпі й осаді червоного шламу, частки одиниць.

Тоді, підставляючи значення $g_р$ (1.3) у формулу (1.2) можна визначити необхідну площу згущення пульпи масою $g_п$:

$$F_{сг} = \frac{g_п \cdot \left(1 - \frac{c_1}{c_2}\right)}{\rho_р \cdot \nu}. \quad (1.4)$$

На практиці необхідно збільшувати значення F, розраховане по формулі (1.4) на 30% чи вводити у формулу (1.4) коефіцієнт 1,3.

Площа згущення може бути визначена також по формулі (1.5):

$$F_{\text{сг}} = \frac{0{,}0417 \cdot g_{\text{р}} \cdot (k_1 - k_2)}{\rho_{\text{р}} \cdot \nu}. \quad (1.5)$$

де $g_р$ – маса сухого червоного шламу, кг;

k_1, k_2 – відношення Р:Т в розведеній й згущеній пульпах.

Одноярусні згущувачі мають продуктивність 25...45 кг/м^2·годину у перерахуванні на сухий чи шлам (0,3...0,5 м^3/м^2·година) по проясненому розчині.

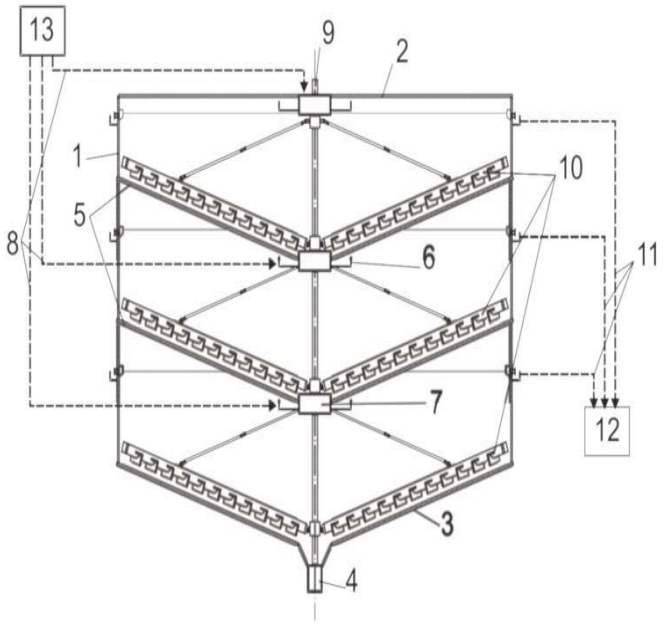
Однокамерні згущувачі встановлюють у м'якому й помірному кліматі на відкритих площадках (поза будинками), що забезпечує зменшення капітальних витрат на будівництво. Завдяки високим техніко-економічним показникам роботи однокамерних згущувачів вони використовуються на більшості глиноземних заводів.

Такі згущувачі характеризуються:

- простотою конструкції;
- високою продуктивністю;
- надійністю в роботі, обслуговуванні й контролі процесу. Добре автоматизуються;
- забезпечують ефективне ущільнення з одержанням шламу з низьким відношенням Р:Т.

Багатокамерні згущувачі складаються з двох, трьох чи п'яти відстійних камер, розташованих одна над іншою. У рівнобіжному варіанті роботи в усі камери подають і ущільнюють однакову пульпу. У послідовному варіанті пульпу подають у верхню камеру. Червоний шлам відстоюється, ущільнюється й збагачується, проходячи послідовно з верхньої камери в нижні. При цьому в кожній камері розчин змінюється за принципом протитечії. Один багатокамерний згущувач може одночасно служити згущувачем і промивачем, якщо в нижню камеру подавати гарячу воду.

На рис. 1.4 показана схема трьохкамерного згущувача рівнобіжної дії.



1 - чан; 2 - кришка; 3 - днище; 4 - розвантажувальний конус; 5 - под (діафрагма); 6 - переточна склянка; 7 - комір; 8 - труба; 9 - вал; 10 - гребківний пристрій; 11 - труба зливальна; 12 - зливальна коробка; 13 - завантажувальна коробка

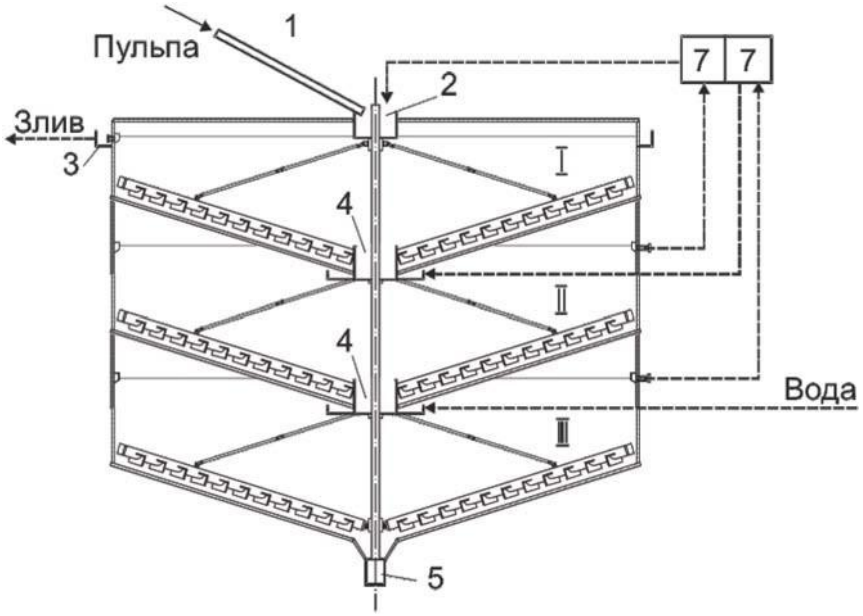
Рисунок 1.4 - Схема трикамерного згущувача рівнобіжної дії

Згущувач являє собою сталевий чан (1) із плоскою кришкою (2), конічним днищем (3) і розвантажувальним конусом (4). Усередині згущувач розділений двома конічними подами (діафрагмами) (5) на три камери рівної висоти. Ухил пода і дна $8…10^0$. У центральній частині кожна діафрагма має переточну склянку (6), що нижньою частиною опущена в шар згущеного шламу й утворить гідравлічний затвор. Кожна переточна склянка оточена коміром (7), у кільцевий простір, між якими подають пульпу по живильних трубах (8). У центрі згущувача знаходиться загальний вал (9) із гребківним пристроєм. Живлення пульпою й добір проясненого розчину здійснюється в кожній камері незалежно. Злив проясненого розчину відбирають по трубах (11) у зливальні коробки (12).

Пульпу в згущувач подають через живильну розподільну коробку (13) по трубах (8) у кожну камеру в кільцевий простір між переточною склянкою (6) і коміром (7). Згущений шлам переміщають гребками (10) від периферії до

центра в переточні склянки (6), а внизу – у розвантажувальний конус (4), через який вивантажують шлам.

Прояснений розчин кожної камери згущувача виводять по трубах (11) до зливальних коробок (12). У згущувачі звичайно чотири зливальні коробки, розташовані на рівній відстані друг від друга по периферії згущувача. Рівень зливу в окремих ка- мерах регулюється висотою підняття труб (11) і щільністю пульпи. Згущувач послідовної дії показаний схематично на рис. 1.5.



1 - живильна труба; 2 - живильний склянка; 3 - зливальний жолоб; 4 - переточна склянка; 5 - розвантажувальний конус; 6 - труби промивних вод; 7 - зливальна коробка

Рисунок 1.5 - Схема трикамерного згущувача послідовної дії

Пульпу подають безупинним потоком по живильній трубі (1) у живильну склянку (2) верхньої камери. Прояснений розчин через гребінку збирають у кільцевому жолобі (3) і направляють у збірної бак. Згущена пульпа перетікає через міжкамерний затвор у нижню камеру II. У нижній частині переточної склянки (4) міжкамерного затвора згущена пульпа змішується з другою промивною водою, що надходить із камери III. Злив камери II, чи перша промивна вода, надходить на розведення міцної пульпи. Згущений червоний

шлам камери II розбавляють гарячою водою. З камери III згущений червоний шлам вивантажують через розвантажувальний конус (5).

Перетік промивної води з однієї камери в іншу, розташовану на більш високому рівні, можливо тому, що щільність проясненого розчину менше щільності пульпи, отже, висота стовпа проясненого розчину вище, ніж висота стовпа пульпи.

Сполучення згущення і промивання в одному апараті стає виправданим при використанні п'ятикамерних згущувачів за умови, коли необхідна площа згущення й промивання мало відрізняються. Частіше такі апарати використовують як багатоступінчасті промивачі, проводячи згущення в одноярусних згущувачах.

Використання багатоярусних згущувачів і промивачів забезпечує економію виробничих площ, зниження теплових втрат і може бути доцільним у районах із холодним кліматом, коли згущувачі встановлюють у будинках. Діаметр таких апаратів 10...20 м, висота 11...18 м, площа згущення від 300 до 1600 $м^2$.

Багатокамерні згущувачі в порівнянні з однокамерними мають у 3 – 4 рази нижче продуктивність (знімання по твердому на рівні 8...12 $кг/м^3 \cdot ч$, по рідкій фазі 0,1 $м^3/м^2 \cdot ч$) при високому відношенні Р:Т = 3...5 в ущільненому шламі. Характеризуються високими експлуатаційними витратами; складністю конструкції й експлуатації; громіздкістю; інерційністю; нестабільністю в роботі; погано піддаються автоматизації. У багатокамерних згущувачах висота камер нижче, ніж в однокамерних, що при- водить до погіршення, як чистоти зливу, так і ступеня ущільнення шламу.

На нових заводах встановлюють однокамерні згущувачі і промивачі діаметром 30…40 м.

Обслуговування згущувачів зводиться в основному до підтримки заданих технологічних параметрів:

– вміст твердого в зливі не більш 0,1 $г/дм^3$;

– відношення Р:Т в згущеному шламі не більш 3,5;

– температура процесу і води, що надходить на промивання, 95…100 ^{0}C;

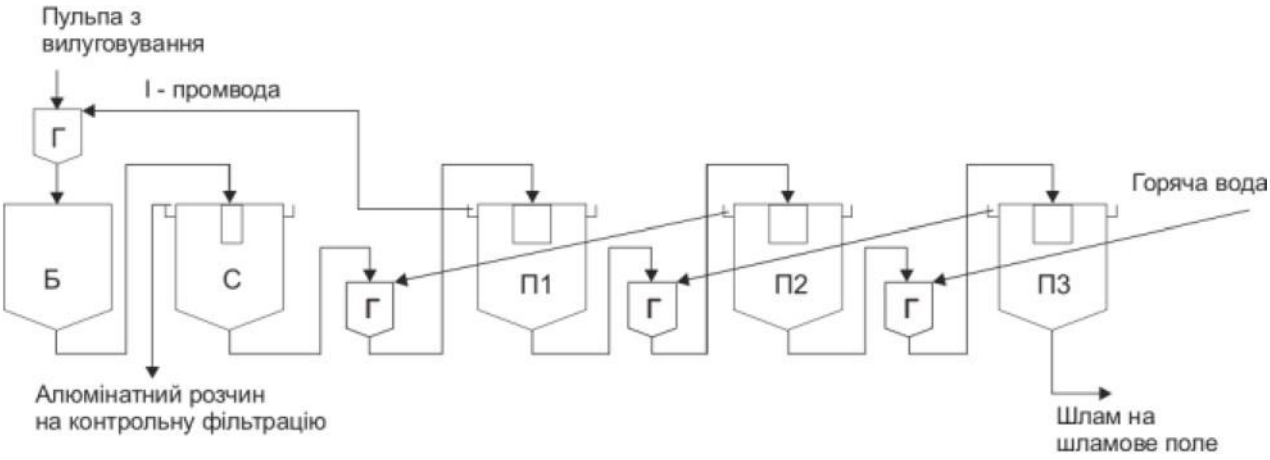
– вміст лугу в першій промивній воді 50...60 г/дм^3;

– витрата води на промивання 1 т червоного шламу – 5...7 м^3;

– швидкість зливу 0,2...0,3 м^3/(м^2·ч);

– витрата флокулянта й коагулянту.

Для забезпечення якісного згущення і промивання шламу згущувачі і промива- чи встановлюють послідовно з організацією схеми протиточного промивання шламу. Зразкова схема згущення й промивання шламу приведена на рис. 1.6.



Б – бак, збірник розведеної пульпи; С – згущувач;

П1, П2, П3 – промивачі першої, другої і третьої ступіні; Г – гідрозмішувач.

Рисунок 1.6 - Схема згущення й промивання червоного шламу

Сутність схеми полягає в тім, що промвода, отримана після промивання черво- ного шламу (перша промвода) використовується для розведення алюмінатної пульпи, що надходить із вилуговування. Розведену пульпу направляють у згущувачі (с). У результаті згущення одержують прояснений алюмінатний розчин (злив) і згущений червоний шлам. Прояснений алюмінатний розчин додатково очищають від малодисперсної суспензії, проводячи його контрольну фільтрацію. Згущений червоний шлам змішують у

змішувачу рідини з промивною водою другого промивача і подають у перший промивач, де знову піддають згущенню. Згущений червоний шлам із першого промивача (П1) подають у другий промивач (П2), попередньо змішавши його в гідрозмішувачі (Г) із промводою третього промивача і т. д. В останній промивач подають червоний шлам із передостаннього промивача, попередньо змішаний з гарячою во- дою в гідрозмішувачі. Промитий шлам з останнього промивача відкачують у відвал.

Противоточна схема промивання дозволяє найбільш повно відмити червоний шлам від алюмінатного розчину й одержати промводу з більш високою концентрацією Na_2O і Al_2O_3. В міру руху червоного шламу від першого до останнього промивача він обробляється усе більш слабкими промивними водами.

Гідрозмішувачі (репульпатори) (Г) червоного шламу і промивної води являють собою сталеві баки з конічним днищем. Діаметр гідрозмішувача 2...3 м, висота 6 м. Згущений шлам подають у гідрозмішувач зверху. Промивну воду – у верхню частину тангенціально (по дотичній) до поверхні корпуса зі швидкістю більш 5 м/сек, що забезпечує якісне змішання. Змішану пульпу відводять із конуса гідрозмішувача.

На практиці застосовують різні схеми згущення і промивання червоного шламу, що відрізняються конструкцією і розмірами згущувачів і промивачів, розташуванням устаткування й кратністю промивання. З підвищенням кратності промивання підвищується ступінь відмивання шламу, але збільшується сумарна тривалість процесу й матеріалоємність переділу. Найбільш часто використовують 5–6 кратне промивання червоного шламу.

1.3 Утворення шламу його склад та характеристика

Червоний шлам, також відомий як залишки бокситів, є промисловими відходами, що утворюються в процесі переробки бокситів на глинозем за методом Байєра. Він складається переважно з оксидів, зокрема оксидів заліза, які й обумовлюють його червоний колір.

Процес Байєра використовується для виробництва близько 95% глинозему у світі. У середньому, на кожну тонну глинозему утворюється від 1 до 2 тонн червоного шламу. У 2020 році річне виробництво глинозему перевищило 133 мільйони тонн, що призвело до утворення понад 175 мільйонів тонн цих відходів. Зростання попиту на алюміній та глинозем сприяє збільшенню обсягів червоного шламу [7].

Через високий рівень виробництва та значну лужність шламу його неправильне зберігання може призвести до серйозного впливу на навколишнє середовище. Це стимулює розробку ефективних методів поводження з відходами, наприклад, їх використання для створення будівельних матеріалів, таких як цемент або бетон [8].

Іноді цей матеріал також називають залишками глиноземного виробництва або хвостами бокситів.

Червоний шлам – це побічний продукт процесу Байєра, який застосовується для вилучення глинозему (оксиду алюмінію) із бокситів. Цей процес забезпечує основну сировину для виробництва алюмінію через електроліз [9]. Кількість червоного шламу, що утворюється, зазвичай в 1–2 рази перевищує обсяг отриманого глинозему, і це співвідношення залежить від складу бокситової руди та виробничих умов [10].

Для зберігання червоного шламу створюються спеціальні накопичувачі – шламові поля, що дозволяють контролювати вплив цього побічного продукту на довкілля.

Процес Байєра здійснюється на понад 60 підприємствах у світі. Боксити видобувають відкритим способом у кар’єрах, після чого вони надходять на

заводи для переробки. Глинозем екстрагується шляхом обробки бокситів розчином гідроксиду натрію під високим тиском і температурою. Нерозчинна частина бокситів видаляється, а очищений розчин алюмінату натрію кристалізується для отримання гідроксиду алюмінію. Потім частина цієї речовини піддається прожарюванню за температури понад 1000 °C, що дає готовий глинозем.

На всіх етапах процесу розділення твердої фази й рідини максимальна кількість гідроксиду натрію повертається в цикл Байєра. Це сприяє зниженню виробничих витрат і підвищенню ефективності процесу. Крім того, зменшується залишкова лужність відходів, що полегшує їхню подальшу обробку та зберігання. Для підприємств, які використовують процес Байєра, характерною є організація замкнених циклів рециркуляції лугу й води, що забезпечує раціональне використання ресурсів.

Червоний шлам є сумішшю твердих часток і оксидів металів, основною складовою яких є оксиди заліза, що надають матеріалу характерний червоний колір (до 60% маси). Його pH становить 10–13, що вказує на високу лужність [9, 10]. Крім оксидів заліза, до складу входять кремнезем, залишкові сполуки алюмінію, які не вдалося вилужити, і оксид титану [11].

Основними компонентами залишку після екстракції алюмінію є нерозчинні оксиди металів. Їхній відсотковий вміст залежить від типу бокситової руди, яка використовується, а також від умов її обробки. У таблиці 1.2 наведені діапазони хімічного складу, які демонструють значну варіативність у вмісті окремих компонентів, що зумовлено якістю сировини та особливостями технологічного процесу. Мінералогічний склад червоного шламу наведено в таблиці 1.3 [12].

Таблиця 1.2 – Вміст основних компонентів у червоному шламі

Назва компоненту	Вміст, % мас.
Fe_2O_3	5 – 60
Al_2O_3	7 – 30
TiO_2	0 – 13
Na_2O	1 – 12
SiO_2	4 – 50
CaO	2 – 15

Таблиця 1.3 – Мінералогічний склад червоного шламу

Хімічна назва	Хімічна формула	Вміст компоненту, % мас.
Каолініт	Al_2O_3-2SiO_2-2H_2O	0-6
Гіббсит	$Al(OH)_3$	0-7
Карбонат кальцію	$CaCO_3$	3-10
Мусковіт	$K_2O_3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	0-15
Перовскіт	$CaTiO_3$	0-14
Діоксид титану	TiO_2	0-11
Беміт	AlO(OH)	0-20
Трикальцієвий алюмінат	$3CaOAl_2O_3 \cdot 6H_2O$	3-20
Кремній (кр. та аморф.)	SiO_2	5-20
Гематит	Fe_2O_3	10-30
Алюмогібсіт	a-(Fe,Al)OOH	11-30
Канкриніт	$Na_3 \cdot CaAl_3 \cdot Si_3 \cdot O_{12}CO_3$	1-20
Содаліт	$3Na_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2Na_2SO_4$	4-36

Загалом, склад червоного шламу відображає неалюмінієві компоненти бокситової руди, за винятком частини кремнію. Кристалічний кремнезем (зокрема кварц) не вступає в реакцію під час обробки, але певна кількість так званого реакційноздатного кремнезему бере участь у хімічних процесах

вилуговування та знекремнення. У результаті цього утворюються гідроалюмосилікати натрію (ГАСН) та інші споріднені сполуки.

1.4 Мета та постановка задачі

Провівши всебічний аналіз особливостей гідрометалургійного процесу Байєра, його основного обладнання та особливостей утворення красного шламу та алюмінатних розчинів метою дослідження є можливість зменшення втрат глинозему та лугу з червоним шламом в процесі зливу зі згущувачів.

Завданням для досягнення мети дослідження є:

1. Проаналізувати проблему втрат корисних речовин в глиноземному виробництві, а саме на дільниці згущення і промивки червоного шламу.

2. Провести аналіз усереднених проб, які відібрано за звичайною методикою та за експериментальною методикою.

3. Зробити висновки щодо доцільності експериментальної методики відбору розчинів зі згущувачів.

2 ПРЕДМЕТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика сировини та матеріалів

Розбавлена пульпа з відділення вилуговування подається у згущувачі для відстоювання шламу. Злив зі згущувачів прямує до червоної (контрольної) фільтрації, а згущений шлам піддається протиточному промиванню водою у системі промивачів. Шлам і відповідні промивні води подаються у промивачі через гідрозмішувачі [6].

Вхідна сировина для відділення згущення та промивання складається з наступних речовин

- розбавлена пульпа:
  - Al_2O_3 – від 150 до 165 г/л;
  - Na_2O_O – від 160 до 175 г/л;
  - Na_2O_K – від 144 до 150 г/л;
  - % соди – від 12 до 15;
  - каустичний модуль – від 1,50 до 1,56;
  - вміст твердого – від 35 до 60 г/л;
  - температура – від 103 до 106 °С;
  - кременевий модуль – від 220 до 260;
- вода для промивання шламу:
  - вміст Na_2O_O – від 1,2 до 3,8 г/л;
  - температура – 60 °С;
- підшламова вода:
  - Al_2O_3 – від 2 до 3 г/л;
  - Na_2O_O – від 3 до 5 г/л;
- розчин для стабілізації з відділення другої фільтрації:
  - Na_2O_O – від 25 до 50 г/л;
  - твердого – від слідів до 1,0 г/л;
- шлам з відділення каустифікації:

- твердого – від 350 до 600 г/л;
- Al_2O_3 – від 7,0 до 15,0 %;
- CaO – від 41,0 до 49,0 %;
- Na_2O_O – від 1,0 до 3,0 %;
- CO_2 – від 20,0 до 36,0 %.

Вихідна сировина з відділення згущення та промивання складається з:

- злив зі згущувачів:
  - вміст Fe_2O_3 – від 0,040 до 0,070 г/л;
- рідка фаза пульпи червоного шламу після шостого промивача:
  - Na_2O_O – від 3,0 до 7,0 г/л;
  - Р : Т – від 1,0 до 3,0;
- тверда фаза червоного шламу:
  - ВПП - від 10,0 до 13,0;
  - Al_2O_3 – від 12,0 до 29,0 %;
  - SiO_2 – від 5,0 до 16,0 %;
  - Fe_2O_3 – від 23,0 до 58,0 %;
  - TiO_2 – від 3,5 до 8,5 %;
  - CaO – від 2,0 до 7,5 %;
  - Na_2O – від 2,0 до 8,0 г/л.

2.2 Характеристика технологічного обладнання

Ділянка згущення - один із технологічних підрозділів глиноземного виробництва МГЗ та призначений для:

- розділення розведеної пульпи після вилуговування на рідку (алюмінатний розчин) та тверду (шлам згущувачів) фази;

- контрольного очищення алюмінатного розчину від механічних домішок шляхом фільтрації на пісочних фільтрах "ЕПАС" та МВЖ-250;

- відмивання шламу згущувачів у системі протиточного промивання для скорочення втрат глинозему та лугу;

- переведення карбонатної лугу Na_2CO_3, що накопичується в технологічних розчинах в активну каустичну NaOH за рахунок обробки другої промводи системи промивки вапняним молоком $Ca(OH)_2$.

Ділянка згущення включає такі технологічні вузли: згущення, промивання, флокулянта, каустифікації, червоної фільтрації та вузол управління.

Схема вузла згущення представлена на рисунку 2.1.

Розведена пульпа з відділення вилуговування насосами подається на згущувачі, де відбувається відстоювання шламу, відділення рідкої фази (алюмінатний розчин) від твердої фази (шлам). Для збільшення швидкості та повноти поділу рідкої та твердої фаз, у згущувачі подається синтетичний флокулянт. Зовнішній вигляд згущувача показано на рисунку 2.2.

Згущувач-відстійник з центральним приводом являє собою циліндричну ємність діаметром 40 м, висотою 5,25 м. У центрі на металевій опорі укріплений механізм обертання, який надає руху гребковий пристрій, що служить для транспортування шламу від центру апарату до переферії.

Розбавлена пульпа надходить до центру апарату в зону заспокійливої склянки. Освітлений алюмінієвий розчин зливається в шість зливних патрубків і по кільцевому колектору надходить на всмоктування зливного насоса для відкачування його на контрольну фільтрацію. Згущений шлам гребковим пристроєм, переміщається від центру до периферії. Розвантаження шламу може здійснюватися у двох точках.

При відборі шламу необхідно звертати увагу на рівномірну густину шламу між граблінами. Шлам має бути рівномірний. Якщо шлам істотно відрізняється за щільністю – це свідчить про те, що висота щільного шламу низька. Усереднення шламів можна домогтися збільшенням зони шламу за рахунок зниження дозування флокулянту, зниженням відкачки шламу.

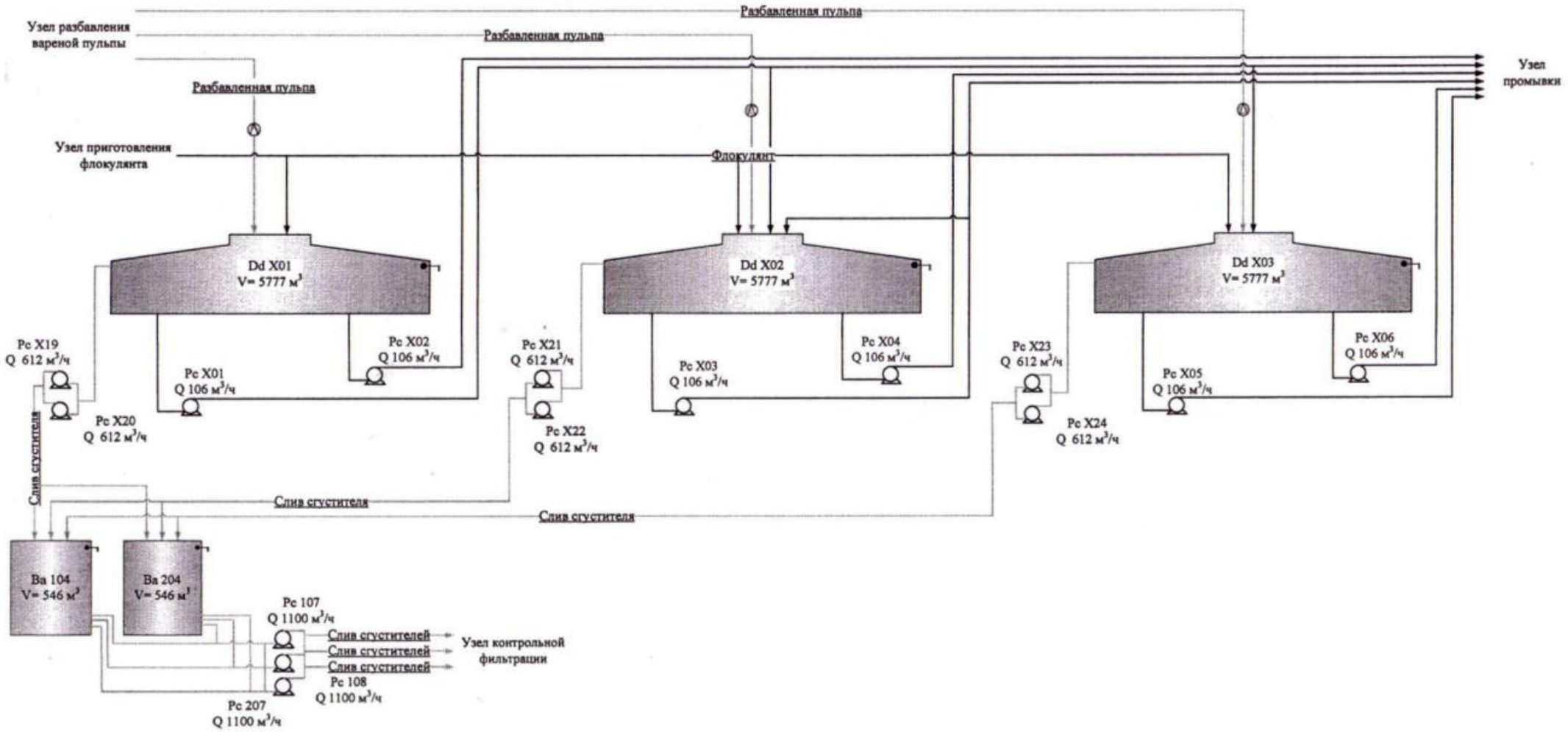


Рисунок 2.1 - Схема вузла згущення



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд згущувача

Велику роль при веденні технології, на вузлі згущення, надає правильне дозування флокулянта.

Низьке дозування флокулянту призводить до погіршення зливів та підвищення зони шламу. Високе дозування флокулянту призводить до переущільнення шламу та зростання навантажень на згущувачах.

Оптимальне витримування зони шламу (1,5-2,0м) позитивно впливає роботу вузла промивання.

Висока зона шламу може призвести до швидкого погіршення зливів і при передозуванні флокулянта до переущільнення шламу, що створює проблеми з перекачуванням шламу і може призвести до зростання навантажень.

Низька зона шламу не дає можливості достатнього ущільнення шламу і рівномірного його розподілу по згущувачу. Це в свою чергу може призвести до прокачування шламу з низьким вмістом твердого та навантаження на згущувачі.

Технологічні режими на вузлі згущення представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічні режими на вузлі згущення

Найменування	Норматив
1. Температура згущувача	(102 – 105) ^{0}C
2. Гр. тв. у шламі згущувача не менше	(400 – 500) г/л
3. Fe_2O_3 у сливі згущувача не більше	0,07 г/л
4. Оптимальна зона шламу в апараті	(1,5 –2,0) м
5. Нормальне навантаження на приводі апарата	до 20000 Н·м·с
6. Швидкість обертання скребкового механізму згущувача	3,0 об/год
7. Максимальна висота підйому граблін	300 мм

2.3 Методики відбору проб та проведення аналізів

2.3.1 Методика відбору проб алюмінатних розчинів зі згущувачів

Традиційний відбір проб алюмінатних розчинів зі згущувачів здійснюється у циліндричні пробовідбірники діаметром 60 мм і висотою 100 мм з нержавіючої сталі. Проби відбираються з труби нагнітання шламового насосу через патрубок з краном механічним способом. Періодичність відбору складає 60 секунд на протязі 20 хвилин (час одного оберту мішалки). Потім проби аналізуються на відношення Р:Т, а також на вміст основних компонентів червоного шламу.

Такий метод відбору проб дає загальну уяву про зони розподілу червоного шламу на рівні днища згущувача, щільність шламу та концентрацію основних компонентів у відвальному шламі, не дає можливість порівняти кількість шламу та його основних компонентів, відібраних шламовим насосом за звичайним способом, з кількістю шламу та його основних компонентів, відібраних шламовим насосом за новим способом.

В магістерській роботі запропонована нова методика відбору проб алюмінатних розчинів.

У бак діаметром 4 м і висотою 4 м з механічним перемішуванням на протязі 7 хвилин (час між проходженням двох граблин мішалки) шламовим

насосом відбирався алюмінатний розчин на рівні днища згущувача. Потім з цього баку через патрубок з краном на рівні днища було взято три проби механічним способом у циліндричні пробовідбірники діаметром 60 мм і висотою 100 мм з нержавіючої сталі, які і були відправлені на аналіз. Спочатку в бак закачували розчин за звичайним способом, після відбору проб бак звільнювали, потім закачували розчин за новим способом і знову відбиралися проби, після відбору проб бак знову звільнювали. За такою методикою проби відбиралися 6 разів на добу на протязі 6 діб.

2.3.2 Методика визначення вмісту вологи в червоних шламах

Підготувати фільтри необхідного діаметра. Фільтри, попередньо просушені при (100 ± 5) °С протягом 15 хв у сушильній шафі та охолоджені в ексикаторі до кімнатної температури, зважити. Зважений фільтр помістити у вирву Бюхнера, пробу ретельно перемішати спочатку шпателем, потім - "з кружки в кухоль", відібрати аліквоту 50 см^3 проби в два прийоми, між прийомами ретельно перемішуючи "з кружки в кухоль". Відібрану аліквоту за допомогою промивалки перенести на лійку Бюхнера. Залишок разом з фільтром висушити при (100 ± 5) °С протягом не менше 2-х годин до постійної маси, охолодити на повітрі та зважити.

Відношення маси рідкої фази до маси твердої фази розраховується за формулою:

$$\frac{ж}{т} = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \qquad (2.1)$$

де m_1 - маса пульпи, г;

m_2 - маса сухого залишку на фільтрі, г.

2.3.3 Об'ємний метод визначення масової концентрації загального лугу в перерахунку на оксид натрію в алюмінатних, оборотних розчинах, пульпах, виробничих водах глиноземного виробництва

Метод визначення масової концентрації загальної лугу в перерахунку на оксид натрію в технологічних розчинах глиноземного виробництва, в розчинах виробництва галію заснований на зворотному титруванні кислотно-основному лужного розчину проби.

При нейтралізації аналізованого розчину проби соляною кислотою відбуваються наступні реакції:

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O;$$

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O;$$

$$NaAlO_2 + HCl + H_2O = NaCl + Al(OH)_3;$$

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O.$$

Розчин кип'ятять для видалення вуглекислоти та титрують гарячим у присутності індикатора фенолфталеїну розчином їдкого натру. При цьому відтитрується надлишок соляної кислоти та кислота, пов'язана з алюмінієм:

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O;$$

$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaCl.$$

Вимірювання масової концентрації оксиду загального натрію виконують для двох, відібраних в умовах повторюваності, обсягів технологічного розчину. Об'єм технологічного розчину (Va) поміщають у мірну колбу місткістю 100 см3, об'єм доводять до мітки дистильованою водою і перемішують. Величина об'ємної частини технологічного розчину, залежно від вмісту натрію оксиду.

Аліквотну частину (*Vp*) розведеного розчину 10 см^3 поміщають у конічну колбу місткістю 250 см^3, розбавляють дистильованою водою до 120 см^3, додають 2-4 краплі індикатора фенолфталеїну і перемішують. Потім з бюретки додають розчин соляної кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,5 моль/дм^3(0,5н) до знебарвлення індикатора та надлишок її 5 см^3.

Розчин нагрівають до кипіння та кип'ятять протягом 3 хвилин. Гарячий розчин титрують розчином їдкого натру з молярною концентрацією еквіваленту 0,5 моль/ дм^3 (0,5н) до появи слабкого рожевого забарвлення, що не зникає при збовтуванні, додають 1 см^3 розчину соляної кислоти з молярною концентрацією еквіваленту 0,5 моль/ дм^3 (0,5н), знову нагрівають до кипіння та кип'ятять 1 хвилину. Гарячий розчин титрують, приливаючи краплями розчин їдкого натру з молярною концентрацією еквівалента 0,5 моль/ дм^3 (0,5н) до появи слабкого рожевого забарвлення.

При титруванні дуже уважно стежать за зміною забарвлення розчину. Титрування вважають закінченим, коли з'являється ледь помітне рожеве фарбування, яке посилюється в міру охолодження розчину.

За шкалою бюретки зчитують загальний доданий об'єм соляної кислоти (*V1*) та загальний доданий об'єм розчину їдкого натру (*V2*).

Обробку результатів вимірювань вмісту оксиду загального натрію в технологічних розчинах проводять наступним чином:

Визначається вмісту оксиду загального натрію обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - K \cdot V_2) \cdot T \cdot V_p \cdot 1000}{V \cdot V_a}, \qquad (2.2)$$

де *X* – значення масової концентрації загального оксиду натрію у технологічному розчині, г/ дм^3;

K - коефіцієнт поправки для розчину їдкого натру з молярною концентрацією еквівалента, 0,5 моль/ дм^3;

V_1 – об'єм розчину соляної кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,5 моль/ дм^3, см^3;

V_2 – об'єм розчину їдкого натру з молярною концентрацією еквівалента, 0,5 моль/дм^3, витраченого на титрування, см^3;

T – титр соляної кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,5 моль/ дм^3, виражений в г/ см^3 окису натрію T = 0,0155;

Vp – обсяг розведення технологічного розчину, см^3;

1000 – коефіцієнт переведення см^3 в дм^3;

V – обсяг технологічного (початкового) розчину, взятий для аналізу, см^3;

V_a – аліквотна частина розведеного розчину, см^3.

Чисельне значення результату аналізу округляють до першої цифри після коми.

2.3.4 Фотоколориметричний метод визначення масової концентрації оксиду заліза (III) загального та розчиненого у технологічних розчинах виробництва глинозему

Відібрані та підготовлені проби з технологічними розчинами виробництва глинозему згідно з ССМ 02.001, СТП 036 піддають аналізу.

Вимірювання вмісту масової концентрації оксиду заліза в технологічних розчинах виробництва глинозему виконують фотоколориметричним методом.

Метод вимірювання вмісту оксиду заліза (III) заснований на відновленні заліза (III) солянокислим гідроксиламіном до заліза (II), утворенні забарвленого в оранжево-червоний колір комплексної сполуки двовалентного заліза з о-фенантроліном та подальшим виміром оптичної щільності розчину.

Для визначення оксиду заліза загального відбирають аліквотну частину 10 см^3 гарячого розчину добре перемішаної проби алюмінатного розчину склянку ємністю 250 см^3. По краплях, щоб уникнути рясної піни і розбризкування, доливають у склянку 10 см^3 концентрованої сірчаної кислоти, потім 5 см^3 концентрованої азотної кислоти, випарюють на електроплитці до появи рясних білих пар і утворення в склянці тістоподібної маси та охолоджують. Отриманий осад розчиняють при нагріванні 50 см^3 води. Розчин переводять кількісно в мірну колбу місткістю 100 см^3, об'єм розчину доводять до мітки водою,

відфільтровують через сухий знезолений фільтр суху колбу, колбу попередньо обполіскують фільтратом.

У мірні колби місткістю 100 $см^3$ поміщають по 20 $см^3$ фільтрату. Одна з аліквотних частин обсягу проби призначена для контрольного досліду. У кожну колбу при перемішуванні додають 5 $см^3$ розчину гідроксиламіну, 5 $см^3$ розчину ортофенантроліну (у колбу з розчином контрольного досліду розчин ортофенантроліну не додають), до кожної колби додають 40 $см^3$ ацетатно-буферного розчину, об'єм розчину доводять до мітки водою і перемішують.

Оптичну щільність розчину проби вимірюють через 10 хвилин на КФК-3-01 (довжина хвилі 508 нм, кювета з товщиною шару, що поглинає 20 мм), на КФК -2 (довжина хвилі 490 нм, кювета з товщиною поглинаючого шару 50 мм). Розчином порівняння є розчин контрольного досвіду.

Визначення вмісту розчинного оксиду заліза.

Для проведення аналізу відбирають аліквотну частину в 2 $см^3$ відфільтрованого гарячого розчину у мірну колбу місткістю 100 $см^3$. Паралельно із пробою виконують контрольний досвід. У колбу додають 20 $см^3$ води, нейтралізують 2N розчином сірчаної кислоти до появи білого осаду і потім його зникнення.

При перемішуванні доливають 5 $см^3$ розчину гідроксиламіну, 5 $см^3$ ортофенантроліну (в колбу холостого досвіду розчин ортофенантроліну не додають), 40 $см^3$ ацетатно-буферного розчину. Об'єм розчину доводять до мітки водою, розчин перемішують.

Оптичну щільність розчину проби вимірюють через 10 хвилин на КФК-3-01 (довжина хвилі 508 нм, кювета з товщиною шару, що поглинає 20 мм), на КФК -2 (довжина хвилі 490 нм, кювета з товщиною поглинаючого шару 50 мм). Розчином порівняння є розчин контрольного досвіду.

Обробку результатів вимірювань оксиду заліза (III) виконують таким чином:

Вміст оксиду заліза загального обчислюють за такою формулою:

$$X = \frac{m \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2 \cdot V_3 \cdot 1000}, \quad (2.3)$$

де X – вміст оксиду заліза загального, масова концентрація, г/дм^3;

m – маса оксиду заліза, яка визначається за градуювальним графіком, мг;

V_1 – обсяг розведення розчину проби, см^3;

1000 – коефіцієнт перекладу см^3 у дм^3;

V_2 – аліквотна частина технологічного розчину проби, см^3;

V_3 – аліквотна частина фільтрату, для визначення оксиду заліза (III), см^3;

1000 – коефіцієнт переведення мг в г.

Масову концентрацію розчинного оксиду заліза обчислюють за такою формулою:

$$X = \frac{m \cdot 1000}{V_1 \cdot 1000},$$

де X – вміст оксиду заліза розчинного, масова концентрація, г/ дм^3;

m – маса оксиду заліза, яка визначається за градуювальним графіком, мг;

1000 – коефіцієнт перекладу см^3 у дм^3;

V_1 – аліквотна частина технологічного розчину проби, см^3;

1000 - коефіцієнт переведення мг в г.

3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Технологія відбору розчинів зі згущувачів

Гребковий пристрій згущувача має три граблини. Одне обертання проходить за 20 хвилин, тобто приблизно раз у 7 хвилин граблина проходить біля всасу насоса. Щільність змінюється у межах 1000-2000 г/л, струм у межах 0-150 А, завдання 0-100 %.

Оскільки щільномір розташований на трубопроводі на певної відстані від точки відбору алюмінатного розчину з великим вмістом шламу, ми завжди будемо з запізненням отримувати показання щільності. Тому алгоритм роботи насосу передбачає накоплення даних по щільності для упередженого видання завдання.

При роботі мішалки перед граблиною утворюється зона з підвищеною щільністю шламу, а одразу після граблини зона зі зниженою щільністю.

У звичайному режимі насос працює з постійною продуктивністю, тобто відбирає забагато алюмінатного розчину з зони зі зниженою щільністю шламу. У новому режимі насос працює на мінімально можливій продуктивності (нижче якії насос не захватує пульпу) у зоні зі зниженою щільністю шламу. При досягненні певного значення щільності (при експерименті 1300 г/л) відкачуваного розчину насос збільшує продуктивність до максимально можливої і працює з нею поки щільність знову не досягне значення нижче зазначеної. Графіки струму, щільності, продуктивності при роботі у звичайному і новому режимах можна побачити на рисунках 3.1 та 3.2.

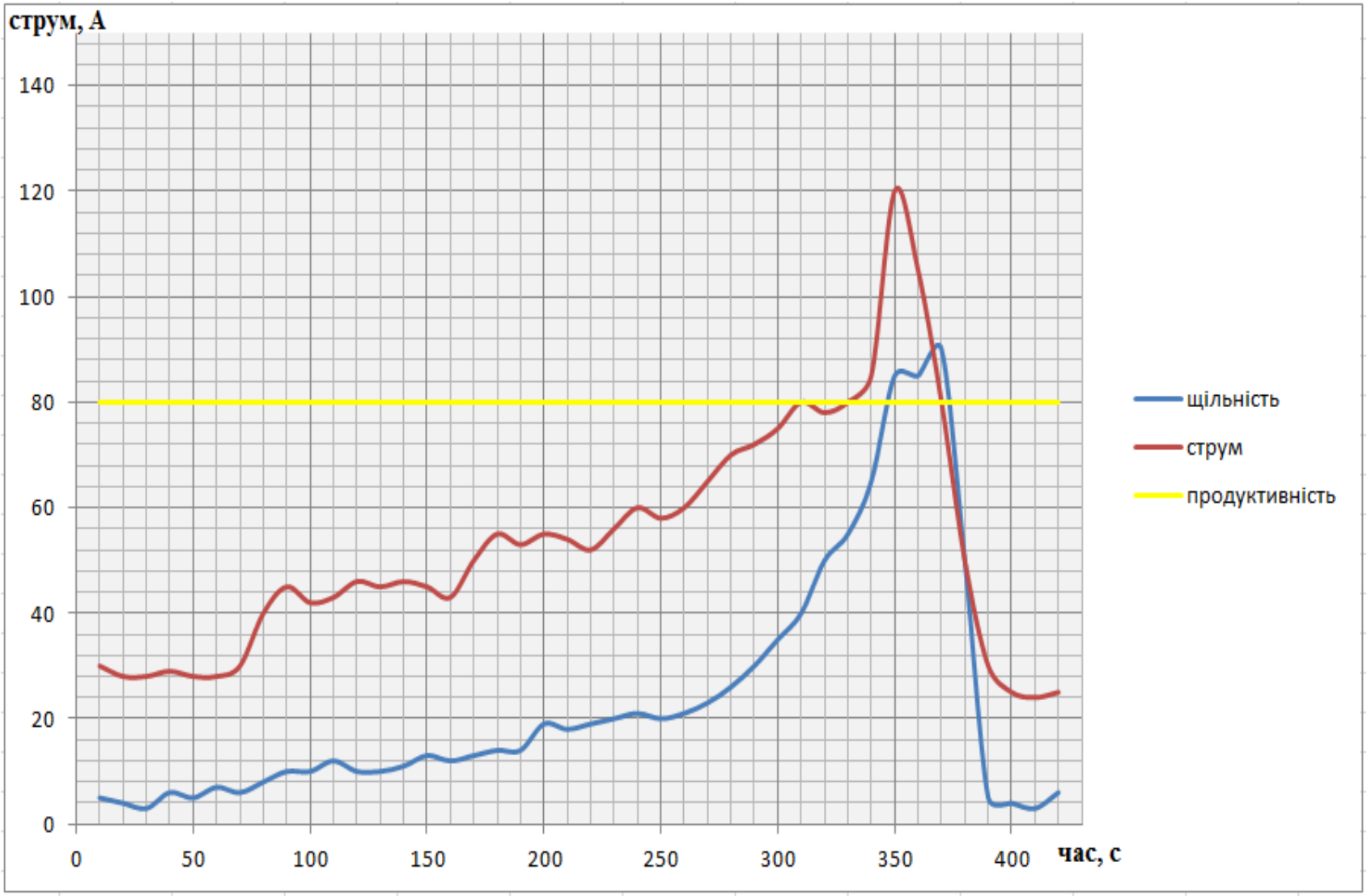


Рисунок 3.1 - Робота шламового насосу у звичайному режимі

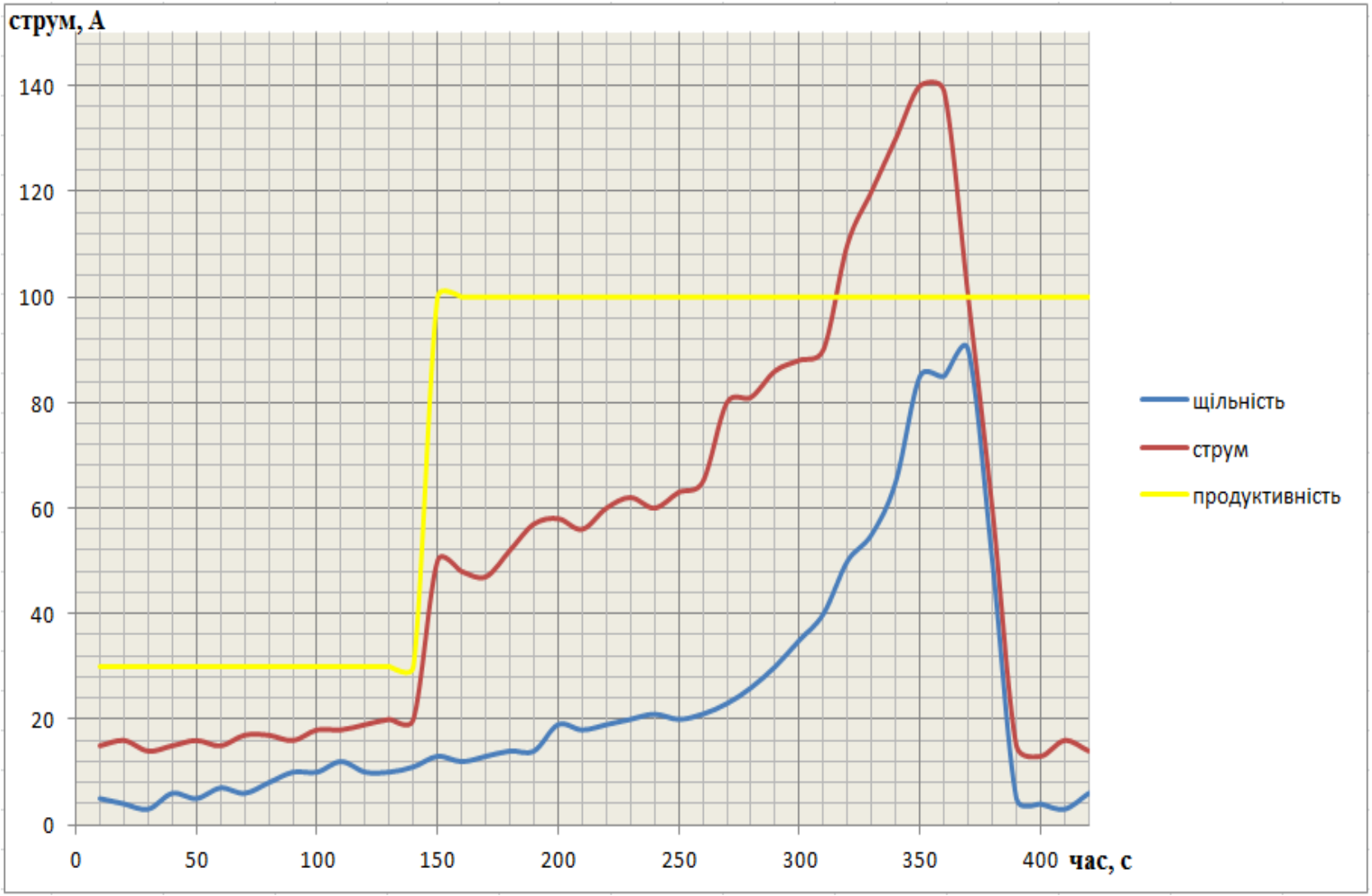


Рисунок 3.2 - Робота шламового насосу у новому режимі

3.2 Методика відбору проб розчинів зі згущувачів для аналізів

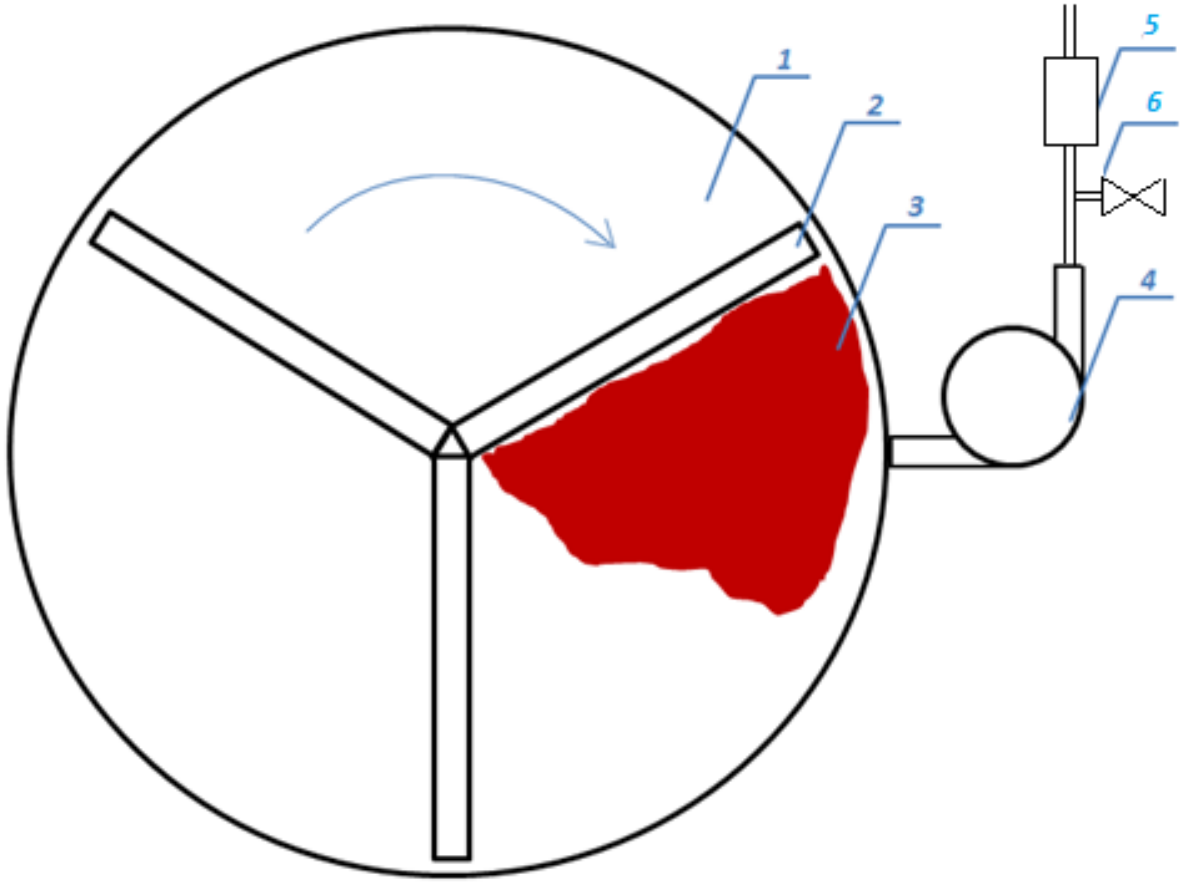
Відбір проб алюмінатних розчинів зі згущувачів зазвичай виконується за допомогою циліндричних пробовідбірників із нержавіючої сталі діаметром 60 мм і висотою 100 мм. Проби беруться механічним способом через патрубок із краном, під'єднаний до труби нагнітання шламового насоса. Періодичність відбору становить одну пробу кожні 60 секунд протягом 20 хвилин (час одного обороту мішалки). Аналізи цих проб дають змогу визначити співвідношення Р:Т (розчинність/твердість), а також концентрацію основних компонентів червоного шламу.

Методика забезпечує загальне уявлення про розподіл шламу на рівні днища згущувача, щільність і концентрацію його компонентів. Однак вона не дозволяє порівнювати кількість шламу та його склад за звичайним і новим способами роботи шламового насоса.

Для цього була розроблена нова методика: у бак із механічним перемішуванням (4 м у діаметрі та 4 м заввишки) шламовий насос відбирав розчин із рівня днища згущувача протягом 7 хвилин (інтервал між проходженням граблин мішалки). Проби механічно брали через патрубок із краном у циліндричні пробовідбірники. Бак наповнювали та спорожнювали по черзі для порівняння відбору розчину за звичайним і новим способами.

Ця процедура повторювалася шість разів на добу протягом шести діб. Отримані проби аналізували для визначення основних параметрів шламу, що дозволяло порівняти ефективність обох способів відбору.

На рисунку 3.3 можна побачити схему відбору червоного шламу зі згущувача, а також точку відбору проб.



1 – згущувач, 2 – граблина мішалки, 3 – зона підвищеної густини червоного шламу, 4 – відцентровний насос, 5 – щільно мір, 6 – точка відбору проб.

Рисунок 3.3 Схема відбору червоного шламу зі згущувача, точка відбору проб

3.3 Результати аналізів проб розчинів зі згущувачів

Було проведено аналіз усереднених проб, які були відібрані за новою методикою. Наразі було відзначено суттєве зменшення втрат лугу (біля 8,5 відсотків) та глинозему (біля 13 відсотків) з підкачаним зі згущувача шламом.

Результати аналізів проб розчинів зі згущувачів при звичайному та новому способі відбору можна побачити відповідно у таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Результати аналізів проб розчинів зі згущувачів при звичайному способі відбору

№ проби	Масова частка твердої фази червоного шламу, %				Відношення Р : Т
	Al_2O_3	Na_2O	SiO_2	Fe_2O_3	
1	15,2	4,4	6,0	30,3	2,1
2	15,3	4,5	6,1	30,3	2,0
3	15,3	4,5	6,1	30,3	2,0
4	15,6	4,5	6,2	30,4	2,2
5	15,8	4,6	6,3	30,4	2,1
6	15,9	4,6	6,3	30,6	2,1
7	16,5	4,5	6,1	30,7	2,1
8	16,4	4,5	6,0	30,6	2,3
9	16,4	4,6	6,2	30,7	2,3
10	16,8	4,7	6,2	30,5	2,2
11	16,7	4,7	6,2	30,6	2,1
12	16,5	4,8	6,1	30,7	2,1
13	16,8	4,9	6,1	30,7	2,3
14	16,7	4,8	6,0	30,8	2,2
15	16,9	4,9	6,2	30,7	2,3
16	16,8	4,9	6,2	30,8	2,2
17	16,9	4,8	6,2	30,8	2,2
18	16,9	4,9	6,2	30,9	2,3

Таблиця 3.2 – Результати аналізів проб розчинів зі згущувачів при новому способі відбору

№ проби	Масова частка твердої фази червоного шламу, %				Відношення Р : Т
	Al_2O_3	Na_2O	SiO_2	Fe_2O_3	
1	13,5	4,1	6,2	32,9	1,6
2	13,6	4,1	6,1	33,1	1,7
3	13,6	4,2	6,1	33,1	1,6
4	13,6	4,2	6,2	32,8	1,8
5	13,8	4,2	6,3	32,8	1,9
6	13,8	4,3	6,4	32,9	1,9
7	13,9	4,3	6,5	32,7	1,8
8	13,9	4,4	6,5	32,7	1,7
9	14,1	4,3	6,4	32,8	1,8
10	14,1	4,5	6,5	32,6	1,7
11	14,4	4,5	6,6	32,6	1,7
12	14,6	4,6	6,5	32,5	1,8
13	14,6	4,3	6,5	32,7	1,8
14	14,8	4,4	6,6	32,8	1,8
15	14,8	4,2	6,6	32,8	1,9
16	14,9	4,3	6,5	32,9	1,9
17	14,8	4,3	6,3	32,9	2,0
18	14,8	4,3	6,4	32,8	2,0

Усереднені результати аналізів проб за звичайним та новим способом, а також витрати на електричну енергію можна побачити у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Усереднені результати аналізів проб розчинів зі згущувачів при звичайному та новому способі відбору

Тип методики відбирання проб	Масова частка твердої фази червоного шламу, %				Відношення Р : Т	Витрати електроенергії, кВт/год
	Al_2O_3	Na_2O	SiO_2	Fe_2O_3		
При звичайному відбиранні	16,3	4,7	6,2	30,6	2,2	34,5
Відбирання за запропонованою методикою	14,2	4,3	6,4	32,8	1,8	28,2
Різниця	2,1	0,4	-0,2	-2,2	0,4	6,3

На наступних рисунках можна побачити порівняльні графіки значень масової частки основних компонентів твердої фази червоного шламу, отриманих при відбиранні розчинів при звичайному та новому способі, а також відношення Р : Т.

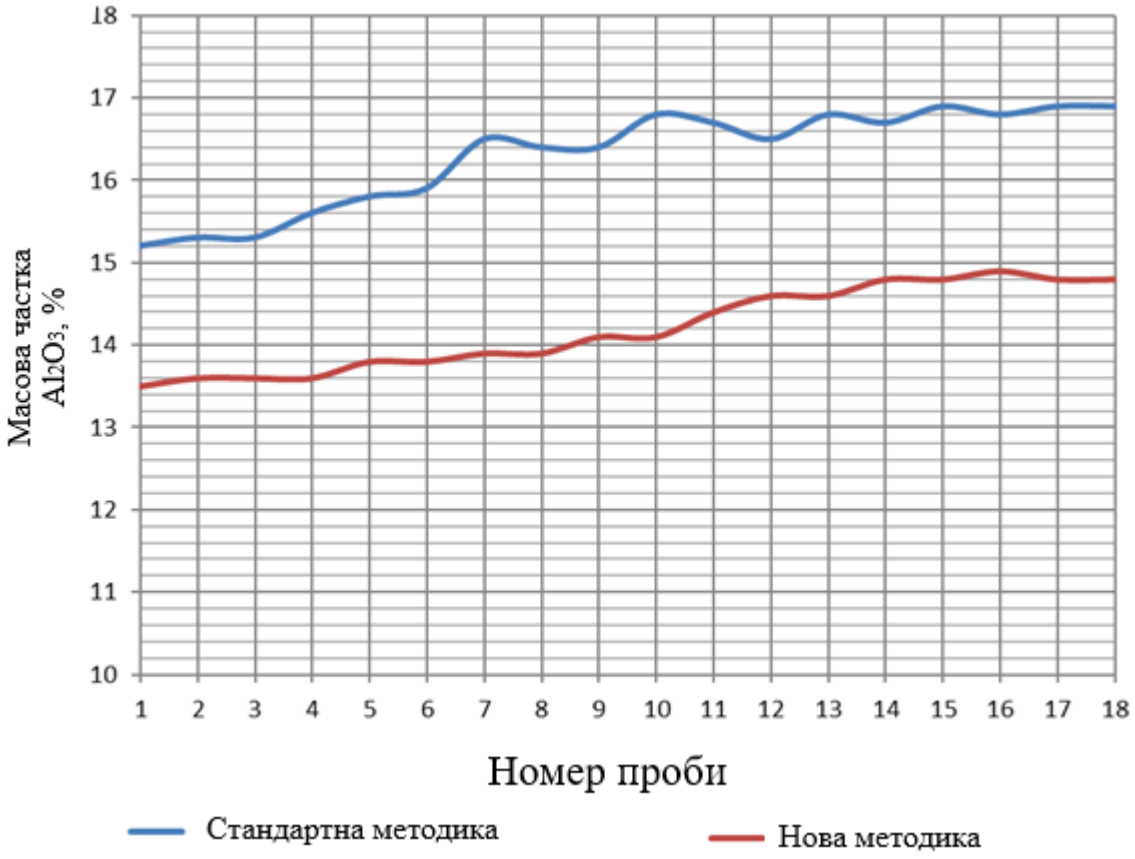


Рисунок 3.4 - Масова частка Al_2O_3 твердої фази червоного шламу

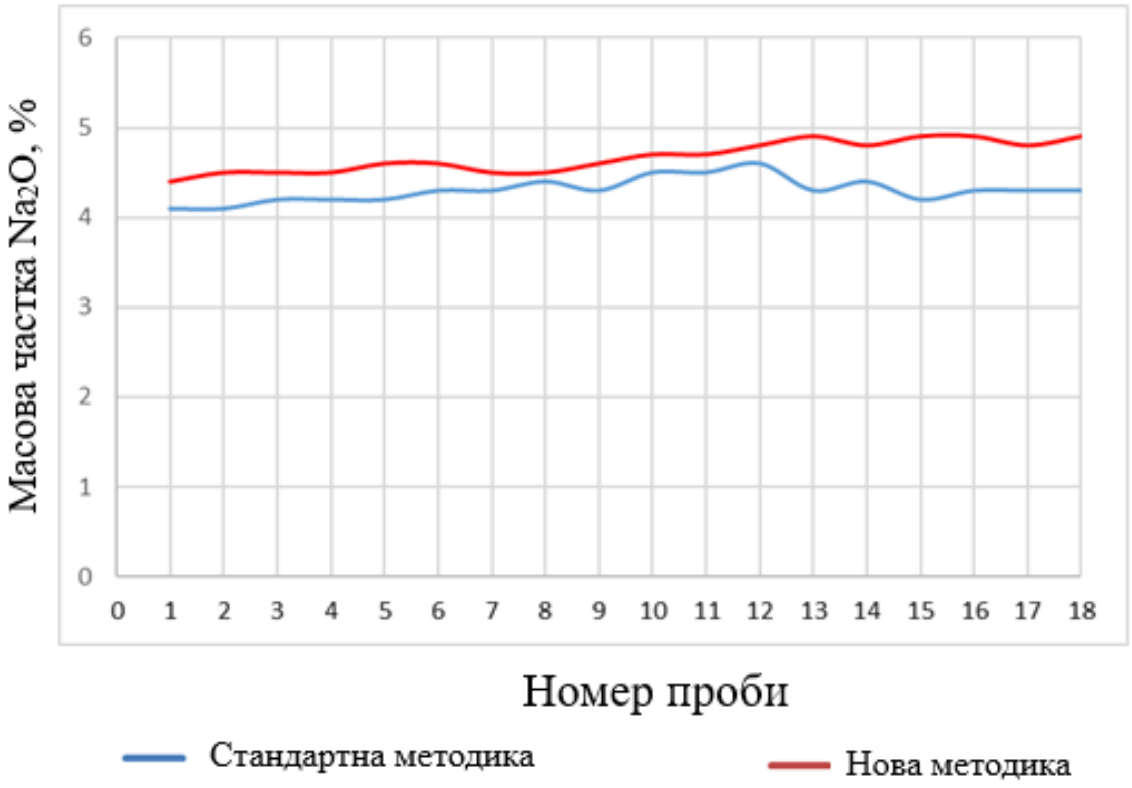


Рисунок 3.5 - Масова частка Na_2O, %



Рисунок 3.6 - Масова частка SiO_2, %

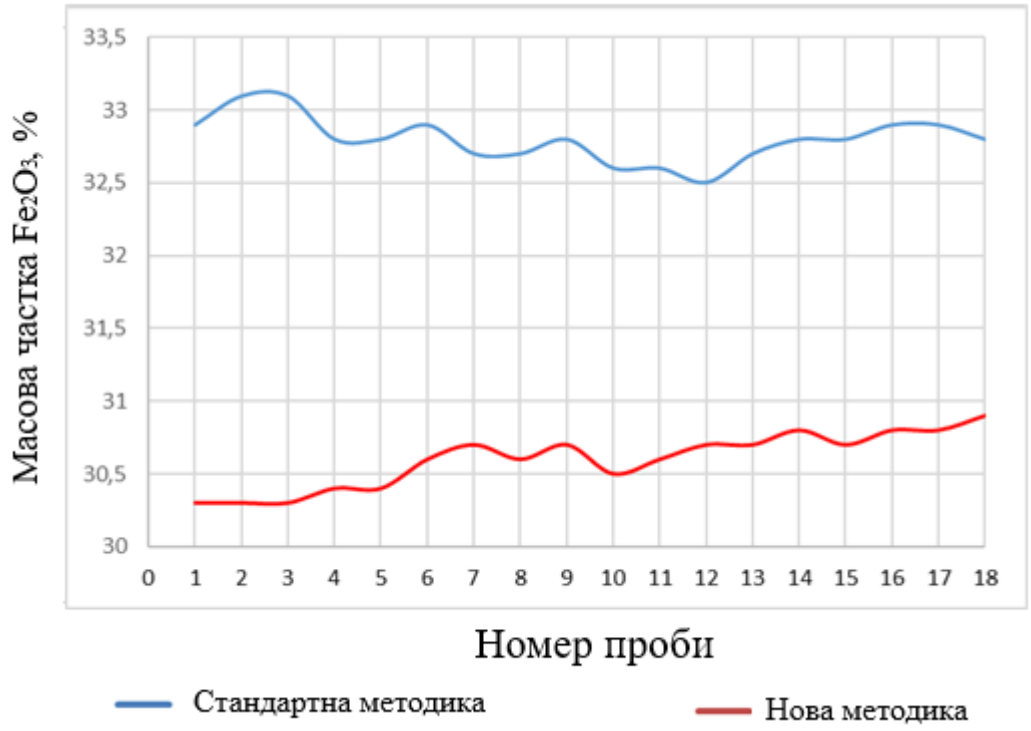


Рисунок 3.7 Масова частка Fe_2O_3, %

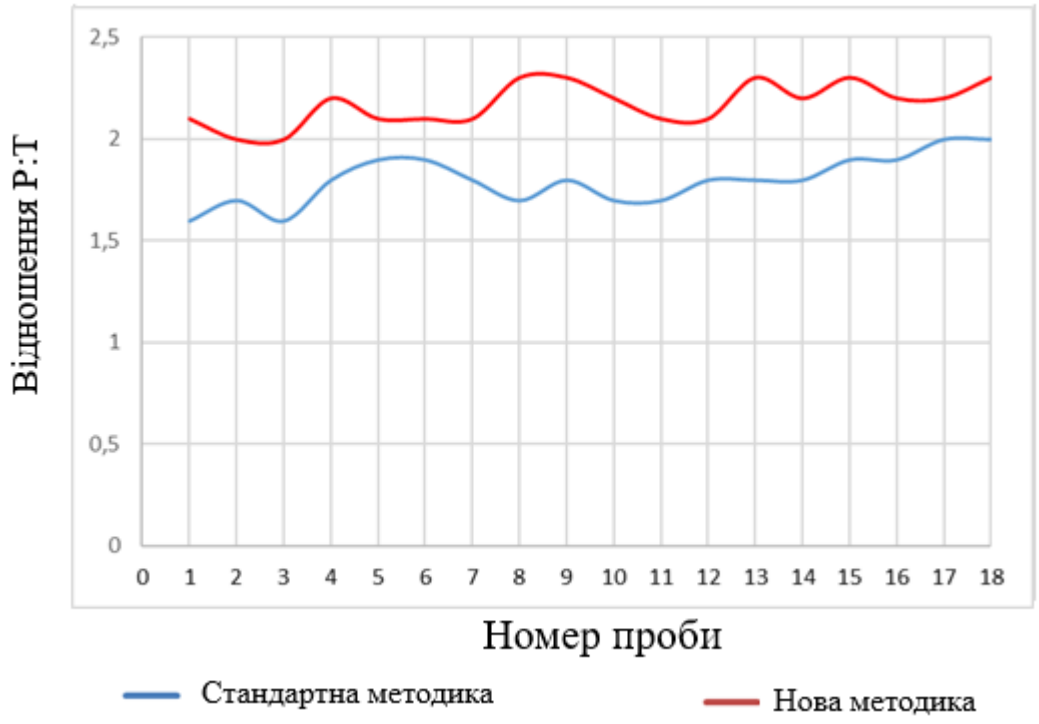


Рисунок 3.8 - Відношення P : T

3.4 Розрахунок економічного ефекту

Для розрахунку економічного ефекту треба скористуватися наступними даними:

Cn	Ціна Na_2O	0,029 грн/г
Un	Економія Na_2O	0,2 г/л
Ca	Ціна Al_2O_3	0,024 грн/г
Ua	Економія Al_2O_3	0,9 г/л
Ce	Ціна електроенергії	5,28 грн/кВт
Ue	Економія електроенергії	6,3 кВт/год
N	Потужність насосу	30 кВт
Q	Продуктивність насосу	69 $м^3$/год
k	ККД насосу	0,7
t	Середня тривалість роботи насосу за добу	18 год
n	Кількість постійно працюючих згущувачів	5 шт

Економія Na_2O з одного згущувача за рік:

*En = Un * 1000 * Cn * Q * k * t * 365 = 1840520 грн*

Економія Al_2O_3 з одного згущувача за рік:

*Ea = Ua * 1000 * Ca * Q * k * t * 365 = 6854350 грн*

Економія електроенергії з одного згущувача за рік:

*Ee = Ue * Ce * t * 365 = 218544 грн*

Економія з 5 згущувачів за рік:

*E =5 * (En + Ea + Ee) =* ***44567070 грн***

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Правила техніки безпеки під час роботи в лабораторії

Лабораторні заняття проводяться під керівництвом наглядача та лаборанта. Перед початком лабораторних занять робітники проходять інструктаж з техніки безпеки, який оформлюється у спеціальному журналі. Крім того, під час кожної роботи вони одержують усний інструктаж від наглядача. Робітники несуть дисциплінарну відповідальність у разі недотримання вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної профілактики.

Працювати в лабораторії робітники повинні на постійному робочому місті тільки в халатах, застебнутих на всі ґудзики. Волосся має бути підібране під косинку чи шапочку.

Під час виконання лабораторних робіт необхідно дотримуватися наступних правил роботи з хімічними реактивами:

1. Обережно поводитись з хімічними реактивами:

– уникати потрапляння цих речовин на руки, не торкатися ними обличчя та очей, після роботи руки слід ретельно вимити;

– не пробувати хімічні реактиви на смак;

– усі речовини слід нюхати дуже обережно, не нахиляючись над посудиною та не вдихаючи на повні груди, а спрямовуючи до себе пари чи гази рухом руки;

– не користуватися невідомими реактивами (без написів і етикеток);

– ніяких речовин з лабораторії не можна брати додому.

2. Реактиви для дослідів слід брати лише в тих кількостях, які зазначені в методиці. Сухі реактиви слід брати за допомогою шпателя, розчини – піпеткою, для кожного реактиву необхідно мати окремий шпатель або піпетку. Набирати отруйні та їдкі рідин в піпетки не ротом, а за допомогою гумової груші. Подрібнювати сухі луги можна лише в запобіжних окулярах. Брати твердий луг тільки пінцетом або щипцями.

3. Надлишок реактиву не виливати і не висипати назад в посуд, з якого вони взяті; поміщати в посуд для зливу або спускати із струмом води в каналізацію.

4. Дотримуватися обережності в роботі з розчинами кислот, лугів й інших їдких рідин:

– готуючи розчини сірчаної кислоти необхідно лити концентровану кислоту у воду, а не навпаки, оскільки, внаслідок сильного місцевого розігрівання, можливе розбризкування кислоти. Крім того необхідно користуватися тонкостінною склянкою або фарфоровим посудом;

– у разі попадання кислоти на шкіру або слизові оболонки спочатку промити уражене місце великою кількістю води, а потім розчином соди (гідрокарбонату натрію);

– у разі попадання лугу на шкіру або слизові оболонки спочатку промити уражене місце водою до тих пір, поки ділянка не перестане бути слизькою, а потім розчином оцтової кислоти.

5. Проведення дослідів у брудному лабораторному посуді забороняється.

6. Нагріваючи рідини, необхідно тримати пробірку отвором від себе і людей, що знаходяться поруч. Не нахилятися над посудом, в якому щось кипить чи в який наливається рідина, оскільки бризки можуть потрапити в очі.

7. Категорично забороняється нагрівати або охолоджувати будь-які розчини у герметично закритих місткостях, а також закривати колби з гарячою рідиною.

8. Переносити посуд з гарячою рідиною треба використовуючи рушник, тримаючи посудину обома руками: однією – за дно, іншою – за горловину. Великі хімічні стакани з рідиною потрібно піднімати лише двома руками так, щоб відігнуті краї склянки опиралися на вказівні пальці.

9. Роботу з леткими речовинами (етером, бензеном, ацетоном та ін.), концентрованими лугами та кислотами проводити акуратно і під витяжною шафою, не зливати їх в каналізацію без попереднього розведення.

10. Роботу з легкозаймистими рідинами вести під витяжною шафою та подалі від нагрівальних приладів. У разі загорання спирту, ефіру та інших легкозаймистих рідин не гасити полум’я водою, а скористатися піском.

11. Обережно працювати зі скляним лабораторним посудом, що легко б’ється. Рештки побитого лабораторного скляного посуду слід ретельно змісти у спеціальний збірник. Сировину чи напівфабрикати, у які могли потрапити скляні уламки, необхідно викинути у спеціальний збірник.

12. Негайно прибрати усе пролите, розбите і просипане на столах або на підлозі в лабораторії:

– якщо кислоту було пролито на стіл або на підлогу, її слід нейтралізувати лугом або содою;

– ртуть, що було пролито в результаті поломки приладів або розбитті термометрів, збирають за допомогою амальгамованих пластинок з міді або білої жесті.

13. У дослідах з використанням електроприладів необхідно переконатися в їх справності, правильності підключення до електромережі та контуру заземлення. Під час виконання роботи не можна переносити увімкнуті електроприлади та залишати їх без нагляду. У разі перерви в подачі електроенергії всі пристрої мають бути негайно вимкнуті.

14. Після закінчення роботи в лабораторії необхідно вимкнути всі електроприлади, якими користувалися, витяжну шафу, воду, прибрати свої робочі місця та здати їх лаборантові або завідувачу лабораторії. Обов’язково ретельно вимити руки.

Про усі випадки відхилення від нормального ходу лабораторного зайняття, порушення даних правил, повідомляти передусім наглядачеві, черговому лаборантові або завідувачеві лабораторією.

З метою протипожежної безпеки хімічна лабораторія забезпечена вогнегасниками, ящиками з піском, ковдрами. Необхідно знати, де знаходяться протипожежні засоби і порядок термінової евакуації з лабораторії під час пожежі.

4.2 Перша долікарська допомога

У хімічній лабораторії є аптечка. Кожен студент повинен вміти надати першу долікарську допомогу потерпілому, основні етапи якої, в залежності від виду нещасного випадку наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Надання першої допомоги в результаті нещасного випадку

Подія	Перша допомога
1	2
ОПІКИ	
I- й ступінь (почервоніння)	Накласти вату, змочену етиловим спиртом. Повторити змочування.
II- й ступінь (пухирі)	Те ж саме. Обробляти 5%-м розчином КMnO. або 5%-м розчином таніну.
III- й ступінь (руйнування тканин)	Покрити рану стерильною пов'язкою і викликати лікаря.
Опіки кислотами, хлором або бромом	Промити опік великою кількістю води, потім 5%-ним розчином $NaHCO_3$
Опіки лугами	Промити рясно водою.
Опіки очей	При опіку кислотами промити 3% -м розчином Na_2CO_3. При опіку лугами застосовувати 2% -й розчин оцтової кислоти
ОТРУЄННЯ	
Попадання їдких речовин в рот й органи травлення	У випадку попадання кислоти - випити кашку з оксиду магнію; у випадку попадання лугу - випити розчин лимонної кислоти або слабкого розчину оцту
Отруєння твердими або рідкими речовинами	Викликати блювоту, випивши 1%-й розчин сульфату міді (II) $CuSO_4$.
Отруєння газами	Потерпілого негайно вивести на свіже повітря.

Продовж. табл. 4.1

1	2
Порізи шкіри	Рану продезінфікувати розчином перманганату калію або спиртом, обробити з країв йодом і перев'язати бинтом або заклеїти лейкопластиром. У разі надмірної кровотечі накласти джгут
Потрапляння стороннього тіла в очі	Стороннє тіло видаляють струменем розчину борної кислоти або чистої води, спрямовуючи його від виска до носа, і якщо не вдається видалити - негайно звернутися до лікаря

Загальні висновки

1. В аналітичній частині було зроблено аналіз сучасного стану виробництва глинозему та показана актуальність зменшення втрат корисних речовин.
2. Проаналізовано проблему втрат корисних речовин в глиноземному виробництві на дільниці згущення і промивки червоного шламу.
3. Розроблено та реалізовано нову технологію відбору алюмінатних розчинів зі згущувачів, яка дозволяє відбирати розчини зі згущувача у відповідності до його щільності.
4. Розроблено та реалізовано нову методику відбору проб алюмінатних розчинів зі згущувачів.
5. Проведено аналіз усереднених проб, які відібрано за звичайною методикою та за новою методикою.
6. Встановлено, що втрати основних речовин з червоним шламом зі згущувачів зменшуються, поставлена мета експерименту досягнута.
7. При відборі розчинів за новою методикою також спостерігалося зменшення витрат електроенергії на 18%.
8. Розраховано економічний ефект від нової технології, який складає ***44567070 грн.***

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Нестеренко Т. М., Червоний І. Ф., Грицай В. П. Теоретичні основи гідрометалургійних процесів : підручник. Київ : Вища школа, 2013. 408 с.

2. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 190 с.

3. Жмурков П. В., Насекан Ю. П., Кагірова Т. В. Дослідження двостадійної схеми розкладання алюмінатних розчинів із отриманням крупнозернистого глинозему. Металургія : зб. наук. пр.. Запоріжжя, 2013. С. 22-28.

4. Alton T. Tabereaux, Ray D. Peterson, in Treatise on Process Metallurgy: Industrial Processes, 2014.

5. Воляр Р. М., Очинський В. М., Воденнікова Л. В., Іванов О. Б. Вплив хімічного та мінералогічного складу бокситів на показники попереднього знекремнювання алюмінатних розчинів. Металургія. Запоріжжя, 2018. Вип. 2 (40). С. 38–43.

6. Іванушкін Н. А. Виробництво глинозему на миколаївському глиноземному заводу : технологічна інструкція. Миколаїв : МГЗ, 2001.

7. Alumina production. URL: http://www.world-aluminium.org/statistics/aluminaproduction/ (дата звернення: 8.08.2023). 134 с.

8. Evans, K., "The History, Challenges and new developments in the management and use of Bauxite Residue", J. Sustain Metall. May 2016.

9. Schmitz, Christoph. "Red Mud Disposal". Handbook of aluminium recycling. Vulkan-Verlag GmbH. p. 18. 2006

10. Chandra, Satish. "Red Mud Utilization". Waste materials used in concrete manufacturing. Elsevier Science. pp. 292–295. (1996-12-31)

11. Ayres, R. U., Holmberg, J., Andersson, B., "Materials and the global environment: Waste mining in the 21st century", MRS Bull. 2001, 26, 477.

12. Жмурков П.В. Дослідження способів утилізації червоних шламів глиноземних підприємств та перспективи їх використання в чорній металургії.

Молода академія – 2023. Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених Дніпро, УДУНТ, 2023- с.197

13. Нестеренко Т. М. Металургія легких металів : метод. вказівки до лабораторних занять по розділу “Металургія первинних легких металів”. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 60 с. 14. Лотошников О. О., Нестеренко Т.М. Особливості згущення червоного шламу на ТОВ «Миколаївський глиноземний завод». Молода наука-2020 : зб. наук. праць студентів, аспірантів і молодих вчених матеріалів XIII університетській наук.-практ. конф., м.Запоріжжя, 13-15 квітня 2020 р. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. Т.5. С. 114–115. URL: http://sites.znu.edu.ua/stud-scisoc/tom_5_rtf_3.pdf.

15. СТП 29-2001. Миколаїв : МГЗ, 2001.

16. СТП 035-2008. Миколаїв : МГЗ, 2008.

17. СТП 043-2009. Миколаїв : МГЗ, 2009.

18. СТП 046-2010. Миколаїв : МГЗ, 2010.

19. Охорона праці : навч. посіб. / Я. І. Бедрій та ін. Львів : Афіша , 1997. 258 с. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халимовський М. О. Основи охорони праці : підручник. Київ : Каравела, 2005. 393 с.

20. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2002. 318 с.

21. Кожемякін Г. Б., Рижков В. Г., Белоконь К. В. Охорона праці та техногенна безпека : метод. вказівки до виконання розділу магістерських робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

22. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електробладнання спеціальних установок. Київ : Держгірпромнагляд України, 2001. 17 с

23. Тюріна Н. М., Ведерніков М. Д., Капінос Г. І. Економіка промислового підприємства : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 311 с.

24. Іващенко О. М. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 31 с.

ДОДАТОК А

«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Науково-дослідна частина
Наукове товариство
студентів, аспірантів і докторантів
Рада молодих вчених

ЗБІРНИК
наукових праць студентів,
здобувач PhDів, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2024»

Том V

«Секції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету»

Запоріжжя
2024

Юров Михайло
магістрант 1 року ІННІ ім. Ю.М. Потебні
Наук. кер.: канд. техн. наук, доц. Нестеренко Т.М.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДБИРАННЯ АЛЮМІНАТНИХ РОЗЧИНІВ ЗІ ЗГУЩУВАЧІВ У ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ

Найпоширенішим способом виробництва глинозему Al_2O_3 є спосіб Байєра. За цим способом подрібнений боксит розкладають оборотним лужним розчином, що містить до 300 г/л Na_2O, для переведення оксиду алюмінію в алюмінатний розчин [1]. Алюмінатний розчин відокремлюється від шламу, що на 60 % складається з оксидів заліза [2], та розкладається на гідрат $Al(OH)_3$ і маточний розчин з великим вмістом Na_2O. Більша частина гідрату повертається в технологічний процес як затравка [1,2]. Решта гідрату прожарюється у печах киплячого шару для отримання продукційного глинозему. Маточний розчин випарюється для підвищення концентрації каустичного лугу та повертається на вилуговування нової порції бокситу.

Наразі є актуальною проблема зменшення втрат Al_2O_3 та Na_2O зі шламом на шламосховищі після відокремлення алюмінатного розчину від шламу. Розділення проходить у згущувачах з плоским днищем за допомогою периферійного відбору шламової пульпи відцентровими насосами. Для прискорення осадження шламу використовується синтетичний флокулянт. За допомогою мішалки з трьома граблинами осаджений шлам надходить на всмоктування насосів на рівні днища згущувача. Алюмінатний розчин відбирається з верхньої зони згущувача. Під час перемішування безпосередньо перед граблиною мішалки утворюється зона з підвищеною густиною шламової пульпи. Робота насосів не залежить від густини шламової пульпи, яка відкачується, тобто вони працюють з постійною продуктивністю.

Висновки. Відцентрові насоси відкачують шламову пульпу з більшою продуктивністю із зони, де густина шламової пульпи більша, і навпаки. продуктивність насосів зменшуються в зоні, де густина шламової пульпи менша. Такий спосіб відбирання та розділення алюмінатних розчинів і шламів забезпечує зменшення втрат Al_2O_3 та Na_2O з відвальним шламом, спостерігається також економія енерговитрат за рахунок зміни режиму роботи відцентрових насосів.

Література

1. Нестеренко Т. М., Червоний І. Ф., Грицай В. П. Теоретичні основи гідрометалургійних процесів : підручник. Київ : Вища школа, 2013. 408 с.

2. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 190 с.