

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

До збірника
07.12.2022

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
(другий (магістерський) рівень)

на тему Аналіз сучасного стану та напрямки
вдосконалення виробничих розширень
виробництва шихти

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1361-МЕМ-3

Шемелін А.В. (ПІБ) Шемелін (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) Нестеренко (підпис)

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

Кафедра металуричних технологій, екології та технічної безпеки

Рівень вищої освіти групи магістерських рівнів
 (групи магістерських рівнів)

Спеціальність 136 Металургія
 (спеціалізація)

Освітньо-професійна програма Металургічне конструкторське мистецтво
 (спеціалізація)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МІЕТБ
Ю.О. Белоконь

" 04 " 04 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Шемелін Андрій Венерійович
 (фамілія, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз шквальної стани та напрямки впровадження виробничих розчинів у виробництві металургії

керівник роботи (проект) Кеєтеренко Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "04" вересня 2022 року № 598-с

2. Строк подання студентом роботи (проекту) 03.12.2022

3. Вихідні дані до роботи (проекту) науково-технічна література, періодичні видання за фахом, патентний пошук

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розробити зміст Вступу, 1 Аналітична частина, 4 Методика дослідження, 3 Дослідницька частина, 4 Охорона праці та технічна безпека, 5 Економічна частина. Висновки. Перелік джерел використаних.

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

- 1 Аналітична частина - 4 л. 2 Методика дослідження - 1 л.
- 3 Дослідницька частина - 4 л. 4 Охорона праці та технічна безпека - 1 л. 5 Економічна частина - 1 л.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата задання завдання прийняв
Розділ 1	Кеєтеренко Т.М., доцент	<u>[Підпис]</u> 08.12.2022
Розділ 2	Кеєтеренко Т.М., доцент	<u>[Підпис]</u> 08.12.2022
Розділ 3	Кеєтеренко Т.М., доцент	<u>[Підпис]</u> 08.12.2022
Розділ 4	Кеєтеренко Т.М., доцент	<u>[Підпис]</u> 08.12.2022
Розділ 5	Кеєтеренко Т.М., доцент	<u>[Підпис]</u> 08.12.2022
Меритологія	Белоконь Ю.О., завідувач кафедри	<u>[Підпис]</u> 07.12.22

7. Дата видачі завдання 04.06.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	03.10-08.10.2022	Виконано
2	Аналітична частина	05.10-16.10.2022	Виконано
3	Методика дослідження	30.10-06.11.2022	Виконано
4	Дослідницька частина	07.11-20.11.2022	Виконано
5	Охорона праці та технічна безпека	30.10-14.11.2022	Виконано
6	Економічна частина	21.11-27.11.2022	Виконано
7	Проектирна частина	28.11-03.12.2022	Виконано

Студент Шемелін Андрій Венерійович
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Кеєтеренко Т.М.
 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота: 95 с., 17 табл., 18 рис., 43 джерел, 3 додатки, 2 публікації.

АЛЮМІНАТНО-ЛУЖНИЙ РОЗЧИН, ВИПАРНА БАТАРЕЯ, ВИПАРЮВАННЯ, ВИТРАТА ПАРИ, ІНГІБІТОР, МАТОЧНИЙ РОЗЧИН, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – процес випарювання маточних розчинів у виробництві глинозему.

Предмет дослідження – вплив технологічних умов випарювання на інтенсифікацію випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів.

Мета роботи – проаналізувати технологію та обладнання для випарювання розчинів у виробництві глинозему для зниження витрати пари.

Методи дослідження – аналітичний аналіз, хімічний аналіз для визначення концентрації загального і каустичного луку в розчині; дослідження випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів у випарній батареї; гідравлічного розрахунку системи випарювання розчинів.

Одержані наслідки та їх новизна – експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність та економічність використання інгібіторів Polurav CO (SI) та MAX HT-550 для запобігання осадженню алюмосилікатів і соди на поверхні нагрівних трубок випарних апаратів. Інгібітор Polurav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550. Гідравлічними розрахунками та дослідно-промисловими випробуваннями підтверджено недоцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї для підвищення її продуктивності до 700 м³/год маточного розчину.

Результати досліджень можна застосувати для інтенсифікації випарювання алюмінатно-лужних розчинів у виробництві глинозему.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналітична частина.....	9
1.1 Способи одержання глинозему.....	9
1.2 Виробництво глинозему за способом Байєра. Випарювання.....	11
1.3 Технологія випарювання водних розчинів. Випарні апарати.....	15
1.4 Фактори, що впливають на випарювання алюмінатно-лужних розчинів у виробництві глинозему.....	23
1.5 Апаратурно-технологічні схеми багатокорпусних випарних установок у виробництві глинозему.....	26
2 Методика дослідження.....	34
2.1 Характеристики вихідних матеріалів і отриманих продуктів.....	34
2.2 Характеристика плівкового випарного апарата.....	35
2.3 Методика дослідження випарювання маточних розчинів у випарній батареї.....	38
2.4 Методика визначення концентрації загального лугу.....	45
2.5 Методика визначення концентрації каустичного лугу.....	47
2.6 Методика гідравлічного розрахунку системи самовипарювання розчинів.....	48
3 Дослідницька частина.....	51
3.1 Дослідження впливу інгібіторів на ефективність роботи випарних батарей.....	51
3.2 Дослідження гідравлічної системи самовипарників розчинів.....	57
3.3 Напрями вдосконалення випарювання розчинів у виробництві глинозему.....	60
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	63
4.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на дослідника в металургійній лабораторії.....	63
4.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища.....	65

4.3 Виробнича санітарія.....	67
5 Економічна частина.....	70
5.1 Організація виконання науково-дослідницької роботи.....	70
5.1.1 Планування етапів науково-дослідницької роботи.....	70
5.1.2 Визначення трудомісткості виконання НДР.....	71
5.1.3 Визначення числа виконавців НДР.....	72
5.1.4 Розрахунок тривалості етапів НДР.....	72
5.1.5 Побудова стрічкового графіка проведення науково- дослідницької роботи.....	73
5.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження.....	75
5.2.1 Розрахунок витрат на основні матеріали.....	75
5.2.2 Розрахунок витрат на амортизацію обладнання.....	76
5.2.3 Розрахунок витрат на електроенергію.....	77
5.2.4 Розрахунок заробітної плати й відрахувань.....	78
5.2.5 Накладні витрати.....	80
5.2.6 Зведений кошторис витрат на проведення науково- дослідницької роботи.....	81
Висновки.....	82
Перелік джерел посилання.....	84
Додаток А. Тези на XV університетську науково-технічну конференцію студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2022» (18-22 квітня 2022 року).....	88
Додаток Б. Тези на II Всеукраїнську науково-практичну конференцію за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково- технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (18-20 жовтня 2022 року).....	91
Додаток В. Грамота за II місце у роботі II всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України».....	94

ВСТУП

Розвиток хіміко-металургійних виробництв сьогодні у всьому світі перебуває у складній ситуації через дисбаланс між зниженням якості сировини через ускладнення її складу, вимогами до якості продукції, безпеки виробничого циклу, зростаючої конкуренції та зниження виробничих витрат. Для забезпечення стійкої роботи глиноземних підприємств необхідно провести модернізацію та перейти до так званого «адаптивного виробництва», яке може за порівняно короткі терміни, підлаштуватися під зміну сировинної бази, не знижуючи обсягів і якості продукції, що виготовляється, гнучко та своєчасно реагувати на зміни вимог споживачів.

Реалізація концепції Smart-виробництва або «адаптивного виробництва», яка набуває поширення останнім часом, дозволить оперативніше реагувати на вимоги споживачів до продукції, що випускається, підвищити ефективність виробництва, продуктивність праці, скоротити вплив людського фактора. Основними завданнями глиноземних підприємств у реалізації концепції адаптивного виробництва є: адаптація виробництва до нових типів сировини; зниження витрат на сировину та матеріали; зниження витрат на енергетичні ресурси; збільшення термінів експлуатації устаткування; підвищення якості продукції; забезпечення стабільності якості продукції; розширення асортименту продукції; забезпечення виробництва кваліфікованими кадрами [1].

Основним промисловим способом виробництва глинозему в світі є спосіб Байера. Випарювання є важливою ділянкою у технологічному ланцюжку одержання глинозему за способом Байера та визначає загальні техніко-економічні показники виробництва глинозему [2,3]. Для концентрування маточного розчину та підготовки його до вилуговування нової порції бокситу видаляють воду, додану на промивання червоного шламу і гідроксиду алюмінію. Кількість води, яку слід випарити визначається різницею між обсягами алюмінатного та оборотного розчинів. Під час випарювання також відбувається очищення розчинів від соди, органічних сполук,

гідроалюмосилікату натрію, сульфату натрію та ін. Енерговитрати на випарювання лужно-алюмінатних розчинів для одержання 1 т глинозему складають від 7 ГДж до 15 ГДж [4]. Використання в глиноземному виробництві багатокорпусних установок дозволяє значно зменшити витрату пари на випарювання маточних розчинів.

Переробка на глинозем бокситів з підвищеним вмістом карбонатів і сполук сірки призводить до забруднення содою та сульфатами розчинів. Внаслідок накопичення у розчинах таких домішок виникають технологічні ускладнення при випарюванні (зокрема заростання нагрівних труб випарних апаратів осадами содо-сульфатної суміші) через погіршення теплопередачі.

Зниження витрати теплоти на випарювання зі збереженням глибини випарювання розчинів є актуальним завданням у виробництві глинозему.

Мета роботи – проаналізувати технологію та обладнання для випарювання розчинів у виробництві глинозему для зниження витрати пари.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати фактори, що впливають на процес випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів.
2. Проаналізувати апаратурно-технологічні схеми організації процесу випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів.
3. Проаналізувати конструкції випарних апаратів, що використовують у виробництві глинозему.
4. Експериментально дослідити вплив інгібіторів Polyrav CO (SI) та MAX HT-550 на ефективність роботи випарних батарей у виробництві глинозему.
5. Дослідити доцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї при підвищенні продуктивності з 600 м³/год до 700 м³/год маточного розчину.

Об'єкт дослідження – процес випарювання маточних розчинів у виробництві глинозему.

Предмет дослідження – вплив технологічних умов випарювання на інтенсифікацію випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів.

Наукова новизна:

Експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність та економічність використання інгібіторів Polurav CO (SI) та MAX HT-550 для запобігання осадженню алюмосилікатів і соди на поверхні нагрівних трубок випарних апаратів.

Практичне значення:

1. Встановлено, що вітчизняний інгібітор Polurav CO (SI) запобігає осадженню алюмосилікатів на поверхні нагрівних трубок випарних апаратів так само ефективно, як і інгібітор MAX HT-550. Проте інгібітор Polurav CO (SI) не запобігає осадженню соди на нагрівну поверхню при концентрації соди в маточному розчині понад 10 %. Запропонований інгібітор Polurav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550.

2. Виконані гідравлічні розрахунки та результати попередніх випробувань підтвердили недоцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї. Для підвищення продуктивності до 700 м³/год маточного розчину достатньо збільшити пропускну здатність самовипарника, останнього за рухом розчину, не допускаючи залуження барометричної води у другому конденсаторі.

3. Виявлено напрями інтенсифікації випарювання розчинів у глиноземному виробництві: застосування випарних установок з термокомпресією та технології зворотного резонансного впливу для економії пари, впровадження циклонно-плівкових випарних апаратів, замінення протитечійних барометричних конденсаторів прямотечійними.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Способи одержання глинозему

Для одержання 1 т електролітичного алюмінію потрібно в середньому 2 т глинозему. На одну тонну глинозему витрачається в середньому 2,7 т бокситу і 15,3 ГДж теплової енергії [4].

Глинозем одержують у промисловості різними способами залежно від складу і властивостей вихідної сировини. Ці способи можна поділити на лужні, термічні, кислотні і комбіновані кислотно-лужні [4-8]. Лужні, в свою чергу, можна поділити на гідрохімічні та спікальні. В даний час практично весь глинозем одержують лужними способами – гідрохімічними, термічними і комбінованими.

Високоякісні боксити переробляють за способом Байєра. Це найбільш економічний спосіб одержання глинозему, але вимагає використання бокситів з низьким вмістом SiO_2 , S, CO_2 і ряду інших домішок.

Гідрохімічні способи дозволяють переробляти вилуговуванням низькоякісну сировину, що містить алюміній, але вимагають використання висококонцентрованих лужно-алюмінатних розчинів, високих тисків і температур (спосіб Пономарьова-Сажина) або обмежуються тільки зниженням вмісту двооксиду силіцію у вихідній сировині до силіційного модуля 1,0 (спосіб Манвеляна) [4,6].

Спікальні лужні способи найбільш універсальні. Вони дозволяють переробляти на глинозем з досить високим витягом Al_2O_3 практично будь-яку сировину, що містить алюміній, у тому числі відходи.

До термічних відносяться наступні способи виробництва глинозему: лужне спікання, безлужне спікання, відновна плавка. За способом лужного спікання глинозем з алюмінієвої руди переводять у лужний алюмінат спіканням руди з необхідними добавками. Одержаний твердий алюмінат далі переводять у розчин. При безлужному спіканні глинозем з алюмінієвої руди переводять в

алюмінат кальцію. Одержаний алюмокальцієвий спек переробляють на глинозем. Відновна плавка заснована на відновленні в електропечі або доменній печі оксидів заліза і частини інших оксидів руди з одержанням феросиліцію або чавуну (побічний продукт) і шлаку, у який переходить оксид алюмінію у вигляді алюмінату кальцію. Зі шлаку потім одержують глинозем. Термічні способи виробництва глинозему розроблені стосовно до будь-яких видів сировини.

Комбінований лужний спосіб виробництва глинозему може бути здійснений за двома схемами – паралельною і послідовною. Паралельна схема звичайно передбачає переробку бокситів двох типів: високоякісних – способом Байера і гіршої якості – способом лужного спікання. Послідовна схема розроблена для переробки низькоякісних бокситів, з яких спочатку частина глинозему видобувається за способом Байера, а потім шлам, що залишився, переробляється способом лужного спікання. Таке поєднання двох схем в одному виробництві дозволяє поліпшити його техніко-економічні показники.

У кислотних способах обробкою алюмінієвої руди кислотою (сірчаною, соляною, азотною) одержують розчин алюмінієвої солі, з якої виділяють глинозем. Комбіновані кислотно-лужні способи містять у собі дві гілки – кислотну і лужну. У кислотній гілці одержують «сирий» оксид алюмінію, тобто глинозем, забруднений домішками. «Сирий» оксид переробляють на чистий глинозем лужним способом.

Кислотні і комбіновані кислотно-лужні способи мають істотні недоліки і в даний час практично не застосовуються.

Світове виробництво глинозему базується на переробці високоякісних бокситів за способом Байера. Фізико-хімічні основи цього способу були розроблені більше 100 років тому і дотепер не зазнали істотних змін [4].

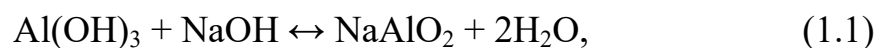
В удосконалення технології як способу Байера, так й інших варіантів одержання глинозему великий внесок зробили В. А. Мазель, Ф. Ф. Вольф, С. І. Кузнєцов, М. Н. Смирнов, Н.І. Єр'омін, А. І. Лайнер, В. А. Дерев'янкін, Л. П. Ні, В. Д. Пономарьов, В. М. Сізяков та інші.

Найбільш широке застосування знайшов у промисловості лужний гідрохімічний спосіб Байєра. Способом Байєра переробляють високоякісні боксити з низьким вмістом кремнезему. Боксит обробляють лужним розчином. При цьому утворюється розчинний у воді алюмінат натрію. З розчину алюмінату натрію після відділення його від нерозчинних сполук (заліза, кремнію й ін.) виділяють гідроксид алюмінію. Лужний гідрохімічний спосіб застосовується також для переробки відновленої алунітової руди.

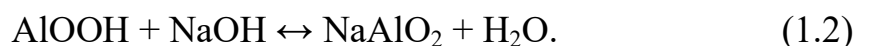
1.2 Виробництво глинозему за способом Байєра. Випарювання

Переробка бокситів за способом Байєра для отримання глинозему являє собою замкнутий цикл (рис. 1.1), в основу якого покладено оборотну хімічну реакцію $Al_2O_3 \cdot nH_2O + 2NaOH \leftrightarrow 2NaAlO_2 + (n+1)H_2O$, яка відбувається в умовах вилуговування зліва направо, а в умовах декомпозиції – справа наліво [4-11]:

для гібситового бокситу



для бемітового і діаспорового бокситів



Попередньо подрібнений боксит (не більш 10 % крупністю понад 110 мкм) піддають вилуговуванню протягом 1-2 годин обіговим лужним розчином (розчином гідроксиду натрію). Для гібситових бокситів, які легко розкладаються, вилуговування відбувається протягом 1 години при температурі близько 100 °С розчинами з концентрацією Na_2O не більше 150 г/л [5,7,9].

Для бокситів, що важко розкладаються, до складу яких входить беміт або діаспор, необхідні жорсткіші умови вилуговування: вилуговування в автоклавах при температурі 230 °С, концентрація обігового розчину 300 г/л Na_2O , додавання вапна у кількості 3-5 % маси бокситу. Після згущення та контрольного фільтрування з алюмінатного розчину гідролітичним

розкладанням (декомпозицією) за наявності затравки гідроксиду алюмінію, отриманого в попередньому циклі, виділяють гідроксид алюмінію.

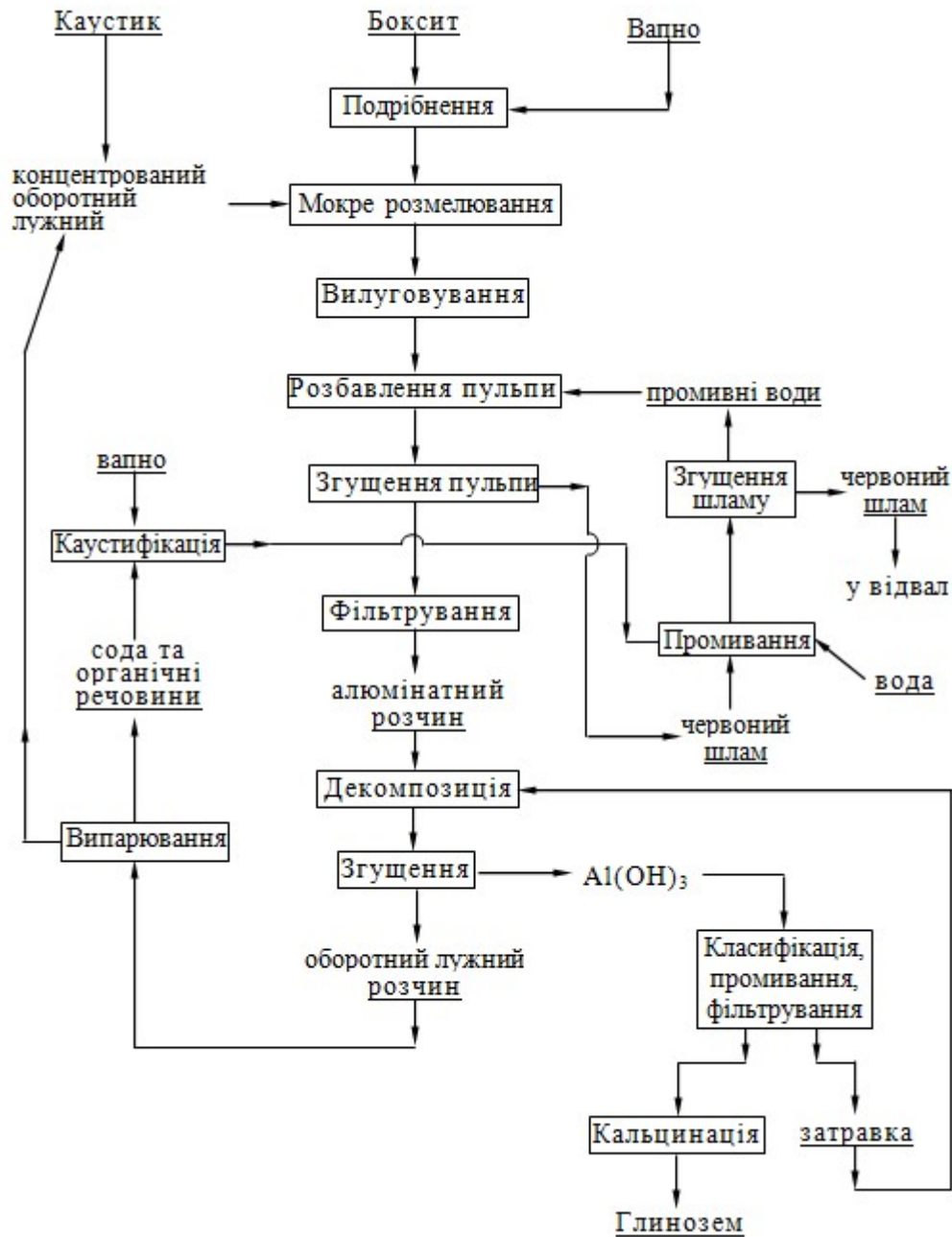
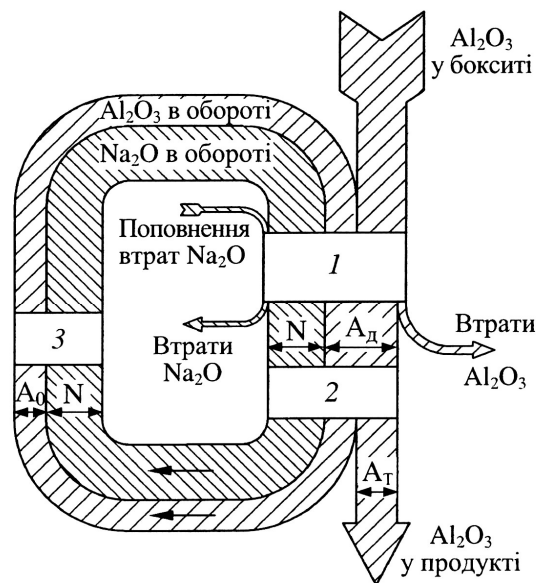


Рисунок 1.1 – Технологічна схема одержання глинозему за способом Байера [5]

Продукційний гідроксид алюмінію після промивання піддають кальцинації – прожарюванню при температурі 1050-1200 °С для отримання оксиду алюмінію (глинозему). Маточний розчин піддають випарюванню з метою збільшення концентрації каустичного лугу для наступного вилуговування.

Потокова діаграма є зручною графічною формою зображення матеріального балансу. Рух Al_2O_3 і Na_2O через апаратуру основних ділянок циклу Байєра зображено на потоковій діаграмі (рис. 1.2) у вигляді смуг, ширина яких, у певному масштабі, відповідає кількості компонентів, що проходять через певну ділянку в одиницю часу (наприклад, т/год). Їдкий луг N здійснює замкнутий цикл, тобто є повністю оборотним. Лише відносно невелику кількість його доводиться вводити ззовні для компенсації безповоротних втрат переважно з гідроалюмосилікатом натрію, що утворюється під час вилуговування.



- 1 – вилуговування і видалення шламу;
2 – декомпозиція; 3 – випарювання

Рисунок 1.2 – Схема матеріального потоку процесу Байєра [9]

У колообігу (у вигляді лужного розчину) бере участь близько половини загальної кількості глинозему A_0 , що надходить на вилуговування з бокситом і концентрованим лужним розчином A_d . У цикл матеріального потоку з бокситом безперервно надходить глинозем, який потім виводиться у вигляді готової продукції – кальцинованого глинозему A_T . Частина глинозему, що надходить з бокситом, при цьому безповоротно втрачається.

У способі Байєра матеріальний потік під час випарювання зрівнюють (балансиують) по трьох компонентах: воді, соді та органічних сполуках [6-11].

Кількість води, що надходить в процес Байєра, складається з:

- а) води, що йде на промивання червоного шламу та гідроксиду алюмінію;
- б) вологи бокситу;
- в) конденсату гострої пари у разі обігрівання автоклавів гострою парою.

Витрата води на промивання червоного шламу залежить, з одного боку, від кількості, властивостей останнього та апаратурного оформлення операції, з іншого боку, – від прийнятого режиму концентрацій, оскільки переважна кількість води, введеної на промивання шламу, потім йде на розбавлення розчину автоклавної пульпи до необхідної концентрації.

Воду з матеріального потоку видаляють: а) з парою самовипаровування під час охолодження автоклавної пульпи; б) з червоним шламом, що направляють у відвал; в) з гідроксидом алюмінію, що піддають кальцинації; г) під час випарювання.

Кількість води, що видаляється за першими трьома напрямками порівняно невелика, тому основну кількість води, що потрапляє в процес, видаляють під час випарювання маточного розчину.

Випарювання є важливою ділянкою у технологічному ланцюжку одержання глинозему за способом Байєра та визначає загальні техніко-економічні показники виробництва глинозему. Для концентрування маточного розчину та підготовки його до вилуговування нової порції бокситу видаляють воду, додану на промивання червоного шламу і гідроксиду алюмінію. Під час випарювання також відбувається очищення розчинів від соди, органічних сполук, гідроалюмосилікату натрію, сульфату натрію та ін. [2].

За практичними даними визначено, що під час переробки за способом Байєра діаспоро-бемітових бокситів на 1 т глинозему доводиться випаровувати близько 10 м^3 води, яка необхідна для розбавлення автоклавної пульпи і значна частина якої у вигляді барометричного конденсату повертається у процес [4]. Свіжа (гостра) пара витрачається також на здійснення вилуговування в автоклавах, для підігрівання ж розчинів в інших операціях – сепараторна пара.

Сода надходить в процес Байєра в порівняно невеликих кількостях разом з їдким лугом. Другим, також незначним джерелом надходження соди в процес є поглинання алюмінатно-лужними розчинами вуглекислого газу з повітря на різних стадіях процесу, переважно під час декомпозиції алюмінатних розчинів. Третє джерело надходження соди в процес – згадувана вище реакція декаустифікації їдкого лугу карбонатами (кальцію, магнію і заліза), нерідко присутніми у бокситі або у вапні, що застосовують для активізації процесу вилуговування. Залежно від вмісту в бокситі вказаних домішок надходження соди в процес може досягати значних величин.

Видалення соди з процесу частково відбувається з розчинами, що механічно втрачаються, переважно – під час випарювання. Всю видалену соду піддають каустифікації і як каустичний луг знов повертають в процес [8,11].

Органічні сполуки з процесу частково виводять з червоним шламом і гідроксидом алюмінію, частково з механічними втратами, переважно разом з содою, що виділяється під час випарювання.

1.3 Технологія випарювання водних розчинів. Випарні апарати

Випарювання – процес концентрування рідких розчинів нелетких речовин за допомогою видалення частини розчинника випаровуванням під час кипіння рідини. Випарюванню піддають переважно водні розчини нелетких або малолетких речовин (наприклад, NaOH, KOH, NaNO₃ та ін.). Концентровані розчини і тверді речовини, що отримані в результаті випарювання, легше і дешевше переробляти, зберігати і транспортувати [9,12].

У виробництві глинозему за способом Байєра випарювання застосовують для зведення балансу по воді та одержання оборотних розчинів заданих концентрацій. До того ж випарювання вирішує задачу видалення ряду домішок (карбонатів, органічних домішок, кремнію, фосфору, ванадію, сірки та інших) з водних розчинів, що повертаються на вилуговування нової порції бокситів.

Кількість води, яка що підлягає випарюванню, залежить від концентрації розчинів, що надходять на випарювання і концентрації упарених розчинів.

Випарювання відбувається завдяки підведенню теплоти ззовні і безперервному видаленню пари, що утворюється під час кипіння розчину і має назву вторинної. Якщо вторинна пара відбирається на сторону (тобто використовується для інших теплотехнічних цілей), то її називають екстра-парою. Пару, яку використовують для нагрівання випарного апарата, називають нагрівною або первинною. Рушійною силою випарювання є різниця температур нагрівної пари й киплячого розчину, яку називають корисною [9-12].

Розрізняють такі способи випарювання: 1) під вакуумом; 2) за атмосферного тиску; 3) за підвищеного тиску.

У виробництві кольорових металів випарювання застосовують для концентрування розчинів нелетких речовин, водних розчинів лугів, солей та ін.; виділення з розчину чистого розчинника (дистиляція): при опрісненні морської води випарюванням водяну пару, що утворюється, конденсують і отриману воду використовують для питних або технічних цілей; кристалізації розчинених речовин, тобто виділення нелетких речовин в твердому стані; регенерації різних розчинів для повернення їх в технологічний цикл, термічного знешкодження промислових стоків та ін. [9,12].

Процес випарювання проводять у випарних апаратах. При роботі з невеликими кількостями розчинів при атмосферному тиску, а іноді й під вакуумом застосовують одиночні випарні апарати, що мають назву однокорпусних випарних установок (рис.1.3). В цьому випадку теплота нагрівної пари використовується одноразово, а теплота вторинної пари зазвичай не використовується.

Основними елементами випарних апаратів [4,9-12]:

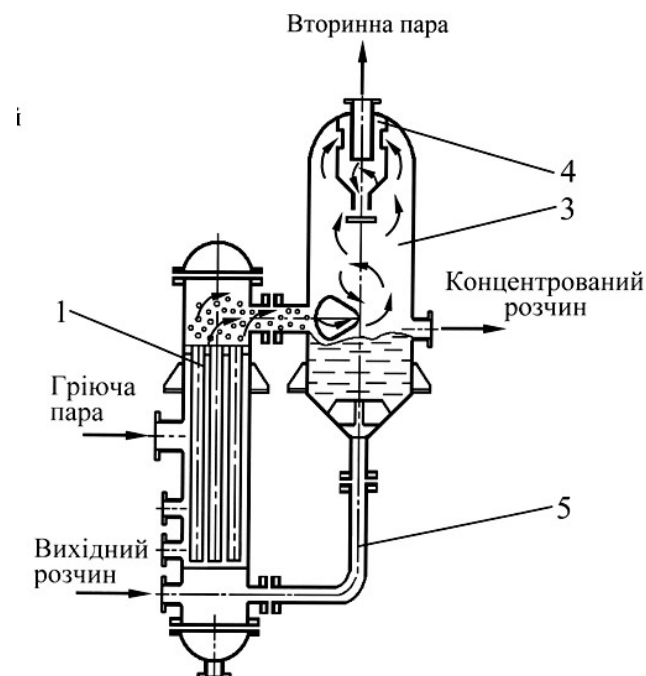
– нагрівна камера (теплообмінник), в якій відбувається нагрівання і випарювання розчину;

– сепаратор – паровий простір, в якому відбувається відокремлення вторинної пари від розчину;

– циркуляційна труба, що застосовується для повернення розчину в нагрівну камеру;

– бризкоуловлювач (бризковідокремлювач), що застосовується для відокремлення бризок розчину від вторинної пари.

Найпростішим типом однокорпусної випарної установки з природною циркуляцією розчину є випарний апарат з внутрішньою центральною циркуляційною трубою [9-12]. В апаратах цієї конструкції циркуляційна труба, як і кип'ятильні трубки, обігрівается паром, що знижує різницю густин розчину і паро-рідинної суміші і може приводити до небажаного пароутворення в самій циркуляційній трубі.



- 1 – нагрівна камера; 2 – труба скипання; 3 – сепаратор;
4 – бризкоуловлювач; 5 – циркуляційна труба

Рисунок 1.3 – Випарні апарати з природною циркуляцією і винесеною нагрівною камерою [9]

При розміщенні нагрівної камери поза корпусом апарата можна підвищити інтенсивність випарювання не тільки за рахунок збільшення різниці густин рідини і паро-рідинної суміші в циркуляційному контурі, але і за рахунок збільшення довжини кип'ятильних трубок (до 7 м) [9,11].

У випарних апаратах з винесеною нагрівною камерою винесена нагрівна камера зазвичай легко відокремлюється від корпусу апарата, що полегшує і прискорює її чищення і ремонт. Огляд і ремонт нагрівної камери можна проводити без повної зупинки апарата (а лише при зниженні його продуктивності), якщо приєднати до його корпусу дві камери.

Випарний апарат (рис. 1.3) складається з нагрівної камери, що є пучком труб, сепаратора з бризкоуловлювачем і циркуляційної труби, приєднаної до нижньої камери. Вихідний розчин надходить під нижню трубну решітку нагрівної камери, іноді – безпосередньо в циркуляційну трубу. Розчин, що випарюється, піднімаючись по кип'ятильних трубках, нагрівається і в міру підйому скипає. Паро-рідинна суміш, що утворилася, прямує в сепаратор, де відбувається розділення рідкої і парової фаз.

Висота парового простору впливає на сепарацію із пари крапель рідини, що викидаються з кип'ятильних трубок і піднімаються за інерцією на певну висоту. Вторинна пара, проходячи сепаратор і бризковловлювач, звільняється від крапель. Рідина опускається по циркуляційній трубі, що не обігрівається, змішується з вихідним розчином, і цикл циркуляції повторюється знову. Вторинна пара, пройшовши бризковловлювач, видаляється з сепаратора. Концентрований розчин відбирається через бічний штуцер в кінці дніщі сепаратора. У таких апаратах полегшується очищення поверхні від накипу, оскільки доступ до кип'ятильних трубок легко здійснюється при відкритій верхній кришці нагрівної камери.

Оскільки циркуляційна труба не обігрівається, створюються умови для інтенсивної циркуляції розчину. При цьому густина розчину у виносній циркуляційній трубі більша, ніж у циркуляційних трубах, розміщених в нагрівних камерах, що забезпечує порівняно високу швидкість циркуляції розчину і перешкоджає утворенню накипу на поверхні нагріву.

Швидкість циркуляції в апаратах з винесеною нагрівною камерою може досягати 1,5 м/с, що дозволяє випарювати в них концентровані розчини і розчини, що кристалізуються, не побоюючись дуже швидкого забруднення

поверхні теплообміну [9]. Завдяки універсальності, зручності експлуатації і хорошій теплопередачі апарати такого типу набули широкого застосування.

Випарні апарати конструктивно можна класифікувати по: типу поверхні нагріву (сорочкові, трубчасті); розташуванню поверхні нагріву в просторі (з вертикальною або горизонтальною, співвісною або винесеною нагрівною камерою); роду теплоносія (водяна пара, газ, рідина, тверді речовини); виду і кратності циркуляції (прямоточні без циркуляції і з багаторазовою циркуляцією) [6,9].

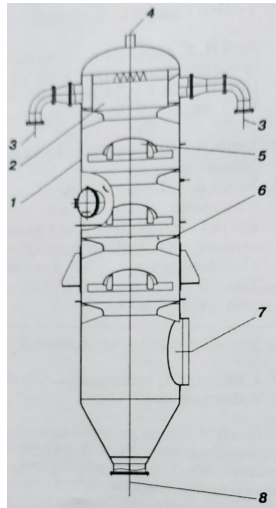
Випарні апарати за методом випарювання поділяють на: а) випарні апарати адіабатного випарювання – концентрування розчину здійснюється випарюванням перегрітої рідини; б) випарні апарати контактного типу – нагрівання розчину здійснюється при безпосередньому зіткненні розчину, що випарюється, з гарячим теплоносієм; в) випарні апарати поверхневого типу – розчин контактує з поверхнею теплообміну.

Для підприємств, що переробляють боксити, розроблено конструкції випарних апаратів з природною і примусовою циркуляцією. Серед апаратів з природною циркуляцією та винесеною зоною кипіння найбільшого поширення набув двоходовий випарний апарат з поверхнею нагрівання 1000 м^2 і 1500 м^2 [2,3]. Серед апаратів з примусовою циркуляцією поширення набув циклонно-плівковий апарат, який є різновидом апарату з падаючою плівкою [13]. Для підприємств, що переробляють нефеліни, розроблено апарати з примусовою циркуляцією та нагрівною поверхнею 1500 м^2 замість апаратів з нагрівною поверхнею до 800 м^2 , що використовуються [3].

Штучна турбулізація потоку завдяки піддуванню паро-повітряної суміші в трубки вплинула на режим течії потоку, дозволила підвищити коефіцієнт теплопередачі в нагрівних трубах циклонно-плівкового апарата на 25 % [13]. Створення падаючої плівки по всій довжині трубок здійснено зрошуванням розчину додатковим пристроєм. Зміненням в певних межах щільності зрошування можна уникнути відкладання осадів соди в трубках.

Потребують вдосконалення протитечійні барометричні конденсатори, що

входять до складу випарних апаратів, застосованих у виробництві глинозему. Протитечійні конденсатори полочного типу (рис.1.4) мають великий газодинамічний опір руху пари паровим трактом, що становить в середньому 490-981 Па на ступінь конденсації і досягає 4903 Па для конденсатора в цілому [14].



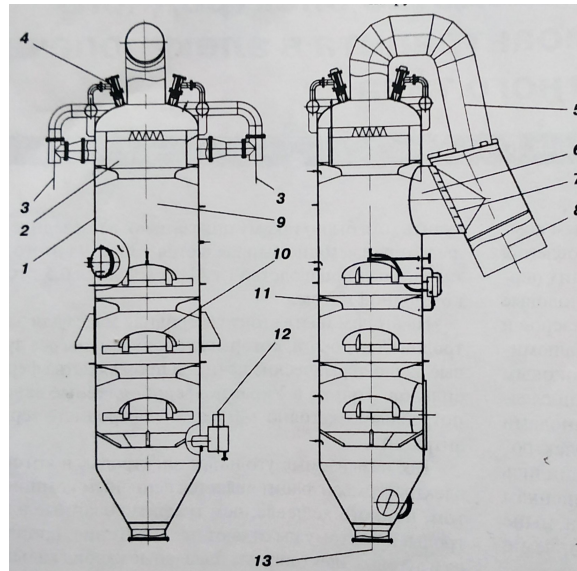
1 – корпус конденсатора; 2 – водорозподільник переливом через зубчасту стінку; 3 – трубопровід підведення води; 4 – патрубок для виведення газів, що не конденсуються; 5 – круглий розподільник води; 6 – кільцевий розподільник води; 7 – підвідний трубопровід; 8 – патрубок для виведення води

Рисунок 1.4 – Барометричний конденсатор до реконструкції [14]

Заміна протитечійної схеми відносного руху пари та охолоджувальної води на прямотечійну (рис.1.5) дозволить зменшити опір парового тракту до 785-1275 Па, що в 4-6 разів менше, ніж у стандартних випарних апаратах при протитечійному русі середовищ. Зниження опору руху пари по апарату дещо покращило його теплотехнічні показники, зокрема, сталося зниження питомої витрати води на 20-30 % порівняно з протитечійними апаратами [14].

Значно ефективніша робота випарного апарата в випадку, коли охолоджувальна вода, що надходить в конденсатор, диспергувалася за допомогою відцентрово-струменевих форсунок з лопатевими вкладишами,

встановлених навколо верхнього патрубку, що підводить пару. Внаслідок інтенсивної конденсації пари на безлічі крапель, що становлять об'ємні смолоскипи розпилення на виході з кожної форсунки, значно збільшилося нагрівання охолоджувальної води в апараті (з 10-11 °С до 16,5-17 °С).



1 – корпус конденсатора; 2 – водорозподільник переливом через зубчасту стінку; 3 – трубопровід підведення води; 4 – форсунки; 5 – додатковий патрубок для введення пари; 6 – бічний патрубок для введення пари; 7 – напрямні парової лопаті; 8 – підвідний трубопровід; 9 – форсункова конденсаційна камера; 10 – круглий розподільник води; 11 – кільцевий розподільник води; 12 – патрубок для виведення газів, що не конденсуються; 13 – патрубок для виведення води

Рисунок 1.5 – Барометричний конденсатор після реконструкції [14]

У той самий час теплова ефективність конденсатора збільшилася до 0,83-0,92. Як наслідок питома витрата води знизилася до 33,7-34,5 м³/т пари, що конденсується, тобто збільшилася економічність конденсатора. При цьому опір парового тракту конденсатора знизився до 9-10 кПа, а температура пари на вході в апарат зменшилася з 52-56 °С (для апарата з протитечійною схемою) до 46 °С, тобто на 6-10 °С. Зниження температури пари в конденсаторі зумовило

зменшення температури вторинної пари в останньому корпусі випарної установки і температури кипіння розчину, внаслідок чого збільшилася сумарна корисна різниця температур у випарній установці і, відповідно, її продуктивність по воді, що випаровується [14].

Під час розробки апаратів для концентрування алюмінатно-лужних розчинів слід вирішувати низку складних технічних завдань: зменшення корозійного зносу нагрівних труб при високих концентраціях розчину, запобігання заростанню нагрівних поверхонь содою та алюмосилікатами, одержання великих кристалів соди, що добре осаджуються, видалення з розчину органічних сполук [2].

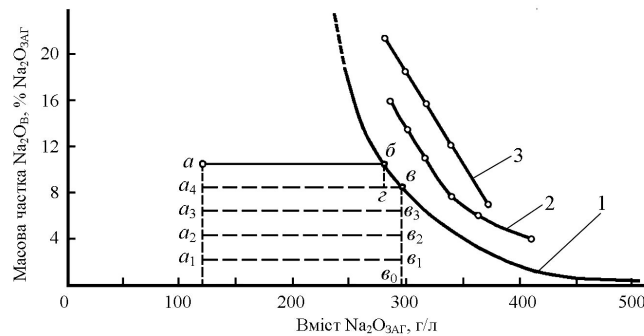
Випарювання – енергоємний процес, а сучасні вакуум-випарні установки є складним дорогим устаткуванням. Перевагою випарювання порівняно з іншими способами виділення солей є технологічна простота, універсальність, безреагентність. Економію первинної пари (і відповідно палива) можна досягнути в однокорпусних випарних установках з тепловим насосом. У таких установках вторинна пара на виході з апарата стискається за допомогою теплового насоса (наприклад, термокомпресора або інжектора) до тиску, що відповідає температурі первинної пари, після чого вона знову повертається в апарат для випарювання розчину.

Для економії нагрівної пари також застосовують багатокорпусні випарні установки, що складаються з декількох випарних апаратів (або корпусів), де вторинна пара, що надходить з будь-якого попереднього корпусу, є нагрівною парою для наступного корпусу, в якому розчин кипить за нижчого тиску. При цьому тиск в послідовно з'єднаних корпусах знижується так, щоб зберегти достатню різницю температур між киплячим розчином і нагрівною парою в кожному корпусі, тобто створити необхідну рушійну силу процесу випарювання.

1.4 Фактори, що впливають на випарювання алюмінатно-лужних розчинів у виробництві глинозему

На випарювання розчинів алюмінатно-лужних розчинів впливають такі фактори: концентрація лугу у розчині, в'язкість, крупність осаду, температура процесу, домішки, присутні у лужно-алюмінатному розчині [4-7,11,15].

Концентрація лугу у розчині. Дослідниками встановлено залежність розчинності соди від концентрації каустичного лугу у розчині. Зі збільшенням вмісту каустичного лугу в розчині, що упарюється, з 290 г/л до 311 г/л Na_2O_k концентрація карбонатного лугу (соди) зменшується з 7,8 % до 6,8 %. Зі зростанням концентрації Na_2O_k у розчині розчинність соди знижується (рис. 1.6).



- 1 – алюмінатно-лужний розчин, що не містить органічні речовини (синтетичний розчин); 2 – виробничий маточний розчин із звичайним вмістом органічних речовин; 3 – виробничий маточний розчин з підвищеним вмістом органічних речовин

Рисунок 1.6 – Розчинність соди в алюмінатно-лужних розчинах під час випарювання [11]

В'язкість, крупність осаду, температура процесу. Випарювання лужних алюмінатних розчинів при низькій температурі підвищує в'язкість розчинів, при цьому утворюються дрібні кристали соди, що ускладнює їх осадження та відокремлення від розчину в содовідстійнику. При високій температурі упарювання в'язкість розчину зменшується, утворюються великі кристали соди,

і осад соди проходить швидко. Виділення соди з розчину в основному відбувається при 280 г/л Na_2O_k вперше корпусі випарної батареї, який подають «гострий» пар. Для зменшення інкрустації та усунення забивання окропом розчин рекомендується упарювати при температурі нижче 150 °С, на практиці випарювання ведуть при температурі 120-135 °С [4,6,10,11].

Домішки, присутні у лужному алюмінатному розчині. Алюмінатні розчини завжди містять карбонат і сульфат натрію, органічні речовини. Під час випарювання, після досягнення певної концентрації лугу, починається кристалізація карбонатних і сульфатних солей, частина яких відкладається на теплообмінній поверхні апаратури і різко зменшує теплопередачу. Солі, що виділилися на трубках, періодично розчиняють в розбавлених маточних розчинах або промивних водах. Основні домішки – це сода (карбонат), органічні речовини, сполуки силіцію (ГАСН) та сполуки сірки. Органічні домішки підвищують в'язкість розчинів та викликають переподрібнення содового осаду. Надлишок органічних речовин поглинається (сорбується) содою. Шкідливий вплив органічних сполук усувають спіканням бокситу з оборотною содою або підвищенням дозування вапна.

Пересичення розчину кремнеземом при високій температурі в першому корпусі випарної батареї викликає швидку кристалізацію гідроалюмосилікату натрію. Швидкість заростання поверхні трубок прямо пропорційна температурі розчину і обернено пропорційна концентрації розчину. Осад осаджується на стінках труб, що гріють, у вигляді щільного накипу і знижує коефіцієнт теплопередачі. Для її видалення проводять періодичне чищення батареї розчином 6-10 % H_2SO_4 з додаванням 1-2 % розчину інгібітора [4,6].

Присутність сполук сірки в розчинах, що упарюються, знижує термін служби кип'ятільних труб за рахунок збільшення корозійної дії [6-8].

На рис.°1.6 надана крива 1 розчинності соди в синтетичних оборотних розчинах за температур кипіння цих розчинів під атмосферним тиском [11]. З кривої 1 виходить, що розчинність соди різко зменшується зі збільшенням концентрації оборотного розчину. Нижче за криву розчинності карбонату

натрію в оборотних розчинах знаходиться поле ненасичених карбонатом натрію розчинів, а вище – поле пересичених розчинів, з яких він виділятиметься у вигляді кристалів (згущення солей здійснюють у згущувачах).

Наявність органічних домішок підвищує в'язкість виробничих оборотних розчинів і тим самим сприяє їх пересиченню содою. У результаті – розчинність соди у виробничих умовах вище показаної на кривій розчинності. Органічні речовини відокремлюють від розчину разом з карбонатом і сульфатом натрію на фільтрах або центрифугах.

Вміст соди в розчині змінюється протягом випарювання (рис.1.6). Якщо припустити, що на випарювання надходить розчин, склад якого визначається точкою a , тоді протягом випарювання склад розчину змінюється по прямій, паралельній осі абсцис. У точці перетину з кривою розчинності (точка b) починається кристалізація соди, а склад розчину починає змінюватися вздовж кривої розчинності в напрямку до осі абсцис. Припустимо, що розчин випарюють до концентрації $\text{Na}_2\text{O}_{\text{заг}}$, що відповідає точці v_0 . У такому разі випарювання закінчиться в точці v , ордината якої характеризує вміст соди в випареному оборотному розчині, а кількість осажденої під час випарювання соди вимірюється різницею ординат точок b і v , тобто відрізком bv [11].

На діаграмі можна також спостерігати поступове накопичення соди в початковому оборотному алюмінатно-лужному розчині складу a_0 . Припустимо, що за кожен цикл вміст соди в розчині зростатиме, як в наданому вище прикладі, на величину, вимірювану відрізком bv . У такому разі після першого циклу на випарювання надходить розчин, склад якого відповідає точці a_1 (відрізок a_0a_1 рівний відрізку bv), а після випарювання склад розчину відповідатиме точці v_1 . Точка v_1 розташована в області ненасичених розчинів, тому сода ще не кристалізуватиметься під час випарювання, вся залишиться в оборотному розчині. Наступні цикли випарювання йтимуть аналогічним чином по лініях a_2v_2 , a_3v_3 і так далі до тих пір, поки склад розчину, що направляють на випарювання, не досягне точки a . З розчину, склад якого відповідає точці a , починається кристалізація соди під час випарювання, а процес накопичення

соди в оборотному розчині закінчується на досягнутому рівні. Кристали соди захоплюють з собою і деяку кількість органічних сполук, які таким шляхом можна видалити з процесу.

1.5 Апаратурно-технологічні схеми багатокорпусних випарних установок у виробництві глинозему

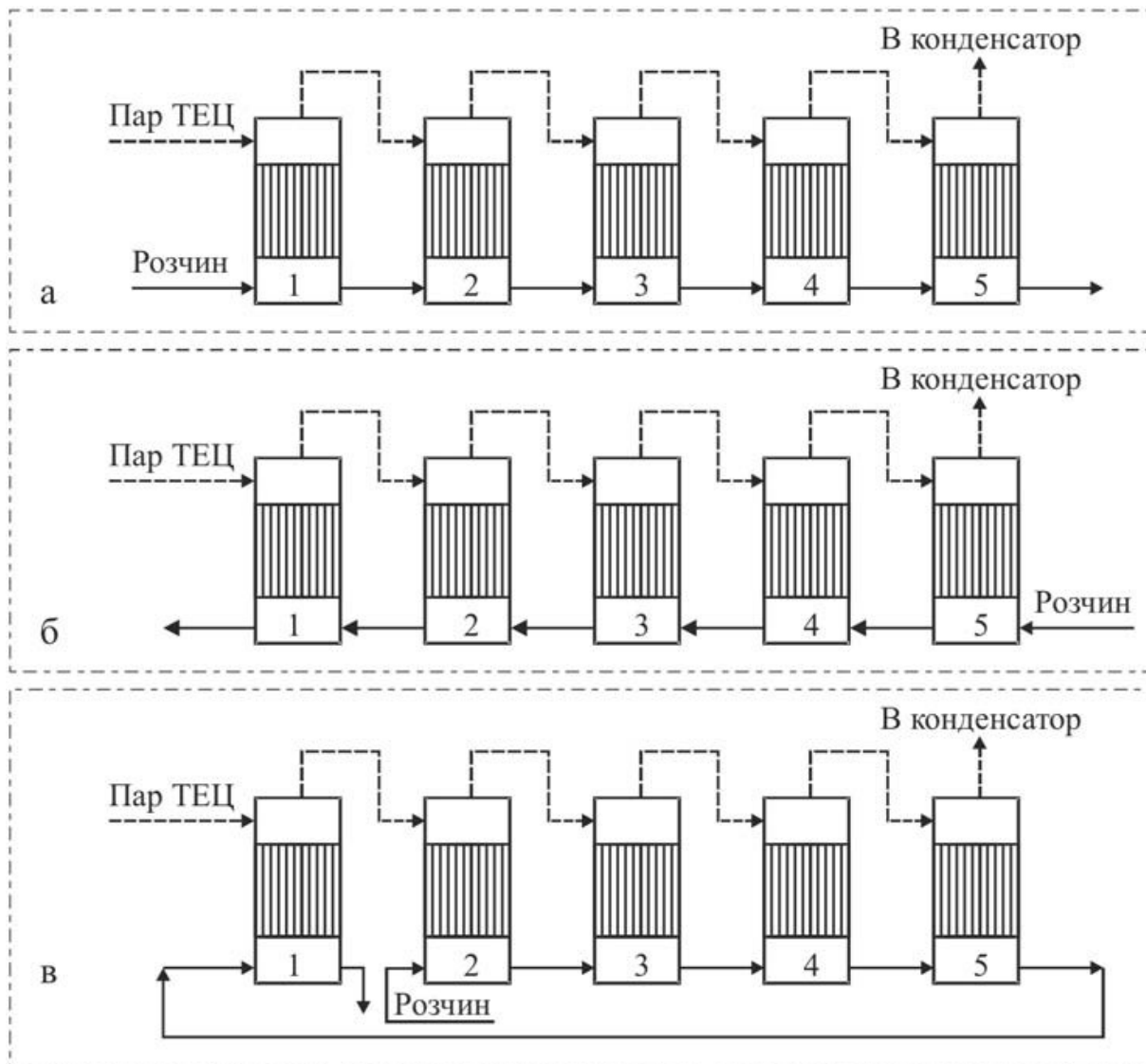
Залежно від напрямку руху нагрівної пари і розчину, що випарюють, розрізняють прямотечійні, протитечійні багатокорпусні випарні установки та змішаного типу. Прийнято загальну схему про уявлення принципу роботи багатокорпусної випарної установки в різних режимах зображати як показано на рис.1.7. Кожному корпусу надається певний порядковий номер, який відповідає послідовності руху пари вздовж корпусів випарні установки [4,9-12].

У прямотечійної випарної установки розчин, що випарюють і пара, що нагріває, надходять у перший корпус. Тиск у батареї знижується від першого корпусу до останнього випарні установки. Пропорційно тиску знижується і температура кипіння розчину. Вторинна пара кожного попереднього корпусу установки використовується для обігрівання розчину в наступному корпусі.

Принципова схема роботи прямотечійної п'ятикорпусної випарної установки приведена на рис.1.7 а. Недоліком такої схеми є підвищене виділення твердої фази у перших корпусах (наприклад, гідроалюмосилікат (ГАСН) у виробництві глинозему), де концентрація водного розчину є низькою, а температура – високою. Перевагами такої схеми є: а) зменшення витрат на перекачування розчину, що рухається за напрямом зниження тиску; б) зменшується ймовірність корозії апаратури, тому що з підвищенням концентрації розчинів знижується їх температура [4-6,12].

У протитечійній батареї вихідний розчин надходить в останній корпус, що працює під розрідженням (рис.1.7 б). Водяна пара надходить у перший корпус випарні установки. Для перекачування розчину з останнього в перший корпус, у якому тиск вищий, необхідно додатково встановлювати насоси.

Послідовність роботи схеми протиточної п'ятикорпусної випарної установки така: 5-4-3-2-1 [4,12].



а – прямотечійна; б – протитечійна; в – змішаного типу

Рисунок 1.7 – Принципові схеми багатокорпусних випарних установок [4]

За такої схеми роботи випарної установки знижуються погрози виділення ГАСН, зменшується вплив в'язкості розчину, оскільки з підвищенням його концентрації зростає температура. Такі розчини нагріваються до високих параметрів. Проте недоліками випарні установки є: необхідність застосування насосів для перекачування; зростання ймовірності корозійного руйнування

корпусів, у якому найбільш концентрований розчин знаходиться за максимальних температур.

Схеми змішаного типу застосовують в тих випадках, якщо при випарюванні лужних розчинів відбувається виділення значних кількостей осадів (в основному соди) та спінювання розчинів через наявність органічних речовин у цих розчинах. Залежно від властивостей розчинів і умов випарювання змішані схеми можуть мати багато варіантів. Так, на рис. 1.7 показано схему з послідовністю роботи 2-3-4-5-1 (рис. 1.7 в).

У практиці глиноземного виробництва найбільше поширення здобули апарати плівкового типу із власною і примусовою циркуляцією розчину. Серед апаратів плівкового типу існують випарні апарати з падаючою плівкою і висхідною плівкою [4,6,9,11].

Принцип дії плівкових апаратів із висхідною плівкою полягає в тому, що розчином заповнюють нижню частину трубок. У результаті нагрівання міжтрубного простору паром плівка розчину піднімається по внутрішніх стінках труб, інтенсивно випарюється і потрапляє в сепаратор. Кип'ятильник може бути винесений за межі або розташований на одній осі із сепаратором.

Для зниження заростання трубок відкладеннями соди у глиноземному виробництві використовують сепаратори з власною або примусовою циркуляцією зі швидкістю циркуляції до 1,5 м/с. В апаратах розташовано трубки, що нагріють, довжиною 9 м з діаметром від 40 мм до 60 мм, їх загальна поверхня трубок становить до 2500 м². Так, на ТОВ «Миколаївський глиноземний завод» використовують апарати з площею нагрівання 1700 м² кожний [6]. Апарати з падаючою плівкою характеризуються більш високим коефіцієнтом теплопередачі. Розчин подають по стінках трубок, що нагріють, у вигляді тонкої плівки. Важливою особливістю є рівномірність розподілення розчину (завдяки спеціальним розподільним насадкам або ґраткам). З трубок водяна пара і розчин потрапляють у сепаратор де відбувається їх розподіл.

Різноманітність як фізичних параметрів (в'язкість, густина, температура кипіння, величина критичного теплового потоку та ін.), так і інших

характеристик розчинів (розчини, що спінюються і кристалізуються, нетермостійкі та ін.) спричиняє певні труднощі при правильному виборі схеми випарної установки, типу апарата, числа корпусів в багатокорпусній випарній установці. Число корпусів визначається корисною різницею температур, фізико-хімічними властивостями розчинів і типом випарного апарата. Оптимальне число корпусів знаходиться з урахуванням мінімальної вартості одиниці маси випареної води. Зі збільшенням числа корпусів витрата нагрівної пари знижується (табл. 1.1), витрати на обслуговування не змінюються, амортизаційні витрати зростають пропорційно числу корпусів.

Таблиця 1.1 – Залежність витрати нагрівної пари від числа корпусів [4]

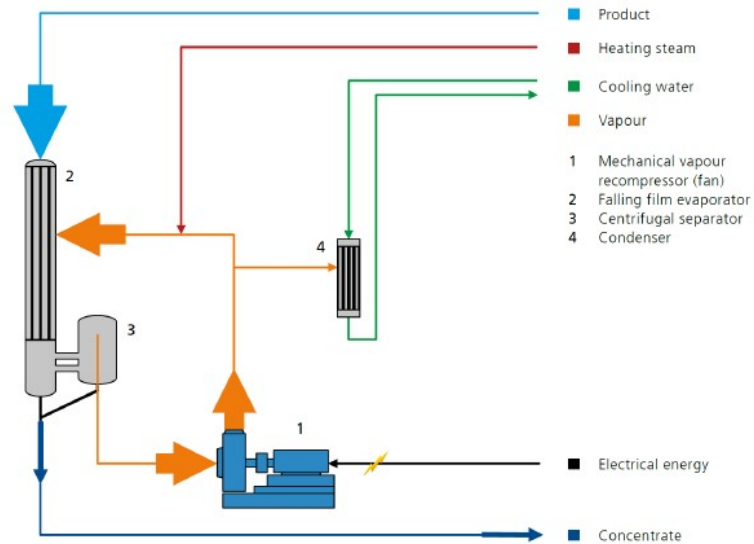
Число корпусів	1	2	3	4	5
Витрата пари, кг пари/кг води	1,10	0,57-0,65	0,40-0,50	0,30-0,42	0,27-0,42

Враховуючи відносне зменшення показників витрати пари і подальшу практичну стабілізацію їх, число корпусів у випарній батареї зазвичай обмежують п'ятьма-шістьма [6].

На експлуатаційні та енергетичні показники роботи випарних батарей істотно впливає їх апаратурно-технологічна схема.

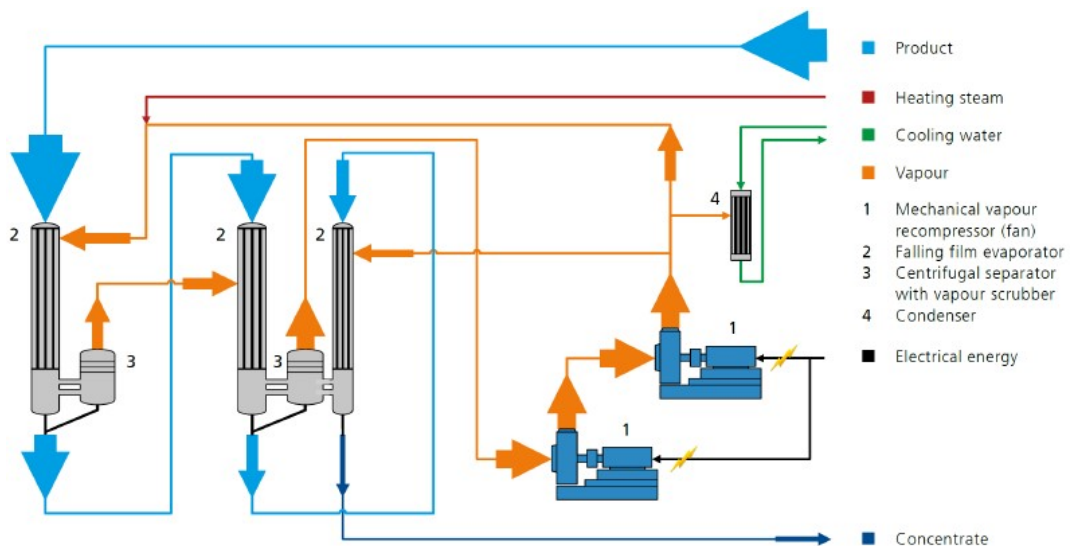
Дослідженнями, проведеними на глиноземному підприємстві CHALIECO GAMI (Китай) встановлено, що загальна витрата гострої пари на 1 т глинозему у комбінованому процесі вилуговування-випарювання знижується до 1,98 т порівняно з його сумарною витратою на окремі процеси вилуговування (1,40 т) і випарювання (0,85 т) [16].

Про 15-річний досвід використання механічної рекомпресії пари (МРП) під час експлуатації технологічних ліній випарювання на глиноземних підприємствах GEA Process Engineering (Франція) повідомлено в роботі [17]. Збільшення рекомпресійної течії призводить до збільшення потужностей по випарюванню. Чим вище тиск, тим нижче питомий об'єм, вища пропускна здатність випарювання масової течії. Можливі різні технологічні схеми організації процесу випарювання із застосуванням МРП наведено на рис.1.8, рис.1.9 та рис.1.10.



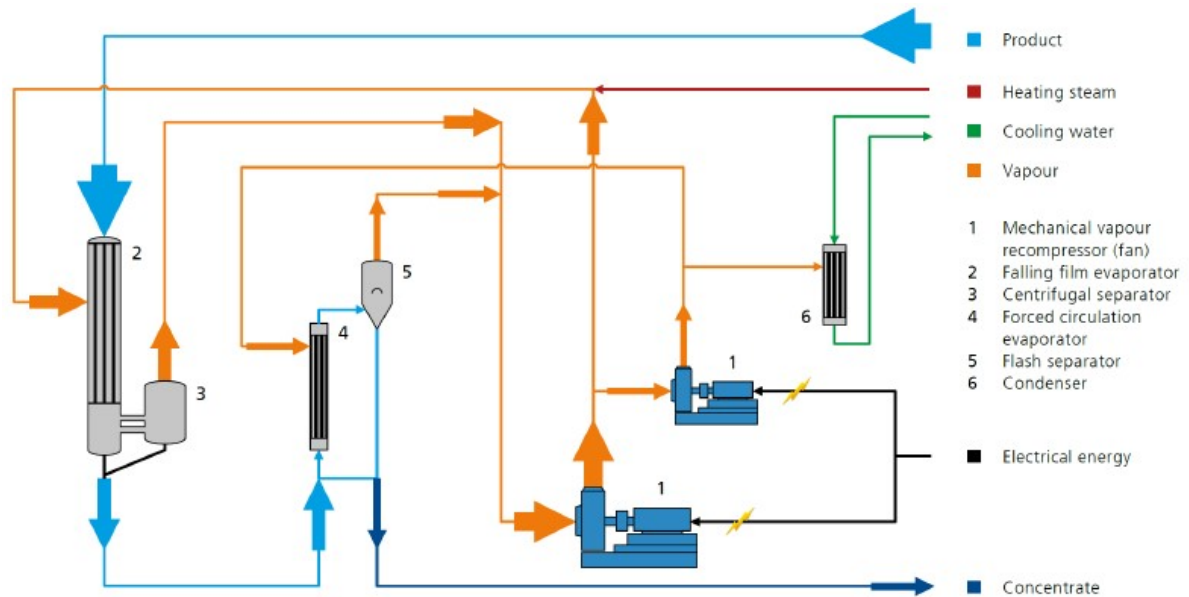
1 – механічний рекомпресор пари; 2 – плівковий випарний апарат; 3 – відцентровий сепаратор; 4 – конденсатор

Рисунок 1.8 – Технологічна схема (А) однокорпусного випарного апарата з плівкою, що стікає, та відцентровим сепаратором для МРП [17]



1 – механічний рекомпресор пари; 2 – плівковий випарний апарат; 3 – відцентровий сепаратор; 4 – конденсатор

Рисунок 1.9 – Технологічна схема (Б) трикорпусного випарного апарата з двома послідовними МРП [17]



1 – механічний рекомпресор пари; 2 – плівковий випарний апарат; 3 – відцентровий сепаратор; 4, 6 – конденсатори; 5 – циркуляційний випарювач

Рисунок 1.10 – Технологічна схема (В) двокорпусного випарного апарата з циркуляційним випарювачем та двома паралельними МРП [17]

Порівняльні характеристики технологічних схем випарювання без та із використанням МРП (рис.1.6– рис.1.8) надано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльні характеристики технологічних схем випарювання без та із використанням МРП [17]

Технологічні показники	Одно-корпусний плівковий апарат	Варіанти технологічних схем випарювання		
		схема А	схема В	схема Б
Витрата пари, м ³ /год	150000	150000	150000	150000
Питома витрата пари, м ³ /год	12,0	6,20	2,73	1,67
Масовий потік пари, кг/год	12509	24176	54914	89645
Тиск, бар	0,124	0,250	0,600	1,013
Температурна депресія, °С	7,5	11	8-9	11-15

Основними перевагами застосування МРП у технологічній схемі випарювання є такі: проста й надійна механічна модель завдяки використанню відцентрових вентиляторів; економія витрати пари; економія води, що охолод-

жує; зниження робочої температури, що дорівнює температурі оборотного розчину, зумовлює зменшення отложений, що утворюються під теплообмінних процесів у трбках; підвищується гнучкість схеми завдяки можливості застосування додаткового випарного апарату для скорочення періодів технологічного простою [17].

Істотний вплив на енергетичні витрати та продуктивність випарних батарей надає система підігріву розчину. Існуючі у складі батарей кожухотрубчасті підігрівачі схильні до інтенсивного заростання алюмосилікатним накипом. Дослідженням переробки багатходових підігрівачів розчину в одноходові встановлено, що, така переробка дещо знизилася їх забиття накипом, але призвела до багаторазового зниження інтенсивності теплообміну та погіршення показників роботи батарей загалом [18]. Тому актуальним завданням є удосконалення конструкцій підігрівачів з метою досягнення більш тривалої та інтенсивної їх роботи

У глиноземному виробництві БАЗу на випарні установки подається пара з ТЕЦ із тиском 0,5-0,6 МПа та температурою 230-260 °С [19]. В нагрівні камери випарних апаратів надходить перегріта пара. Внаслідок цього знижується інтенсивність теплопередачі від пари до стінки теплообмінних трубок, що веде до зниження продуктивності установки. Крім того, обігрів випарних апаратів перегрітою парою веде до збільшення температурних напруг в нагрівній камері, в результаті чого знижується термін служби теплообмінних трубок. Вони виходять з ладу і їх доводиться міняти. Тому, для виключення зазначених негативних явищ необхідно охолодити пару до температури, близької до насичення перед надходженням його в нагрівну камеру.

У роботі [19] запропоновано застосувати у складі випарної батареї підігрівач розчину та охолоджувач пари для зниження питомої витрати пари на випарній батареї. Результати дослідно-промислових випробувань підігрівача розчину та охолоджувача пари у складі випарної батареї показали, що завдяки застосуванню нового обладнання питома витрата пари на випарювання 1 т води знижується на 12 %.

Висновки.

1. Проаналізовано особливості випарювання розчинів у глиноземному виробництві. Встановлено, що на випарювання розчинів алюмінатно-лужних розчинів впливають такі фактори: концентрація лугу у розчині, в'язкість, крупність осаду, температура процесу, домішки, присутні у алюмінатно-лужному розчині.

2. Проаналізовано конструкції випарних апаратів і причини погіршення теплопередачі під час випарювання маточного розчину. Встановлено, що під час розробки апаратів для випарювання розчинів слід вирішувати низку складних технічних завдань: зменшення корозійного зносу нагрівних труб при високих концентраціях розчину, запобігання заростанню нагрівних поверхонь содою та алюмосилікатами, одержання великих кристалів соди, що добре осаджуються, видалення з розчину органічних сполук.

Завдання експериментального дослідження:

1. Експериментально дослідити вплив інгібіторів Polypav CO (SI) та MAX HT-550 на ефективність роботи випарних батарей у виробництві глинозему.

2. Дослідити доцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї при підвищенні продуктивності з 600 м³/год до 700 м³/год маточного розчину.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристики вихідних матеріалів і отриманих продуктів

Для дослідження випарювання алюмінатно-лужних розчинів використано маточний розчин з каустичним модулем від 2,7 до 3,0, в якому припустимий вміст твердої фази становив від 0,1 г/дм³ до 5,0 г/дм³. Температура вихідного розчину становить від 65 °С до 75 °С [20]. Хімічний склад маточного розчину наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад маточного та концентрованого розчинів

Тип розчину	Масова частка речовини в розчині					
	Al ₂ O ₃ , г/дм ³	Na ₂ O _{заг} , г/дм ³	Na ₂ O _к , г/дм ³	сода, %	Ga ₂ O ₃ , г/дм ³	органічні домішки, %
Маточний	90±10	180±10	150±10	14,0–17,0	0,22–0,28	7,0–9,0
Концентрований	125±5	250±10	215±10	13,0–17,0	0,34–0,39	7,0–8,0

Масову частку Al₂O₃, Na₂O_{заг}, Na₂O_г в розчині визначають хімічним аналізом, інших сполук (Ga₂O₃, соди і органічні домішки) визначають спектральним аналізом за допомогою спектрометра фірми Ribber.

На випарювання з ТЕЦ і ділянки вилуговування через паровий колектор надходить у випарні батареї пара з тиском від 0,45 МПа до 0,52 МПа і температурою від 180 °С до 250 °С, тепловміст якої становить від 2826 кДж/кг до 2868 кДж/кг [21].

На випарювання з ТЕЦ на ежекторні агрегати надходить пара з тиском від 3,4 МПа до 3,7 МПа і температурою від 309 °С до 334 °С [22].

Після випарювання утворювався концентрований оборотний розчин з каустичним модулем від 2,7 до 3,0, температура якого становить 62±2 °С. Хімічний склад оборотного розчину, що надходить на розмелювання наведено в табл. 2.1.

Чистий конденсат з рН 9,1±0,1, утворений після випарювання, що надходить на ТЕЦ з температурою 86±4 °С, містить: 1,0–6,0 мг/дм³ луку Na₂O,

до 100 мг-екв/кг сполук заліза (у перерахунку на Fe_2O_3), до 200 мг-екв/кг сполук алюмінію (у перерахунку на Al), до 1,0 мг/кг мастил і важких нафтопродуктів.

Забруднений конденсат, утворений після випарювання, що надходить споживачам з температурою 70 ± 10 °С, містить: 15,0–40,0 мг/дм³ лугу Na_2O . Брудний конденсат використовується на відмивання гідрату від лугу на барабанних вакуумних фільтрах, на дозування в баки чистого конденсату 115-116 через компфлекс Ø 100 мм, для подачі на ТЕЦ [23].

2.2 Характеристика плівкового випарного апарата

Для дослідження випарювання алюмінатно-лужних розчинів використовується випарний апарат з плівкою, що стікає (рис.2.1).



1, 4, 6, 7, 8 – патрубки; 2 – верхня камера; 3 – тангенціальний насадок у трубці; 5 – сепаратор

Рисунок 2.1 – Випарний апарат з плівкою, що стікає [10]

У таких апаратах концентрування маточних розчинів відбувається в результаті одноразового руху тонкого шару розчину (у вигляді плівки) разом із вторинною парою вздовж кип'ятильних труб. Концентрація маточного розчину підвищується завдяки видалення частини розчинника при кипінні з утворенням концентрованого (упареного) розчину.

Випарний апарат з плівкою, що стікає, (рис.2.1) складається з нагрівної камери, сепаратора, бризкоуловлювача, декількох патрубків для надходження та видалення розчинів і пари.

Нагрівна камера (кип'ятильник) з плівкою, що стікає, працює наступним чином: розчин стікає самопливом тонкою безперервною плівкою по внутрішній поверхні кожної трубки пучка, що гріє, а пара самовипаровування (від киплячого розчину, що знаходиться в просторі трубки), циркулює в середині трубки, відштовхує розчин до стінки трубки. Живлення розчином камери, що гріє, здійснюється у верхній частині камери, що гріє. Він розподіляється рівномірно за рахунок спеціального пристрою по верхній трубній плиті. Суміш розчин-пара самовипаровування виходить у нижню розчинну камеру і потім переходу потрапляє в сепаратор.

Паро-рідинна суміш, потрапляючи з камери, що гріє, в сепаратор, закипає за рахунок зниження тиску, яке знижується за рахунок збільшеного обсягу сепаратора. Пара, що відокремився від розчину, проходить краплеподільні мати, зчищається від лужних крапель і надходить на обігрівання наступного кип'ятильника. Розчин відбирається через нижній штуцер і поєднується з частиною розчину, що виходить з нижньої розчинної камери кип'ятильника, відкачується в наступний контактний підігрівач по ходу розчину.

Розчин під дією різниці тисків по трубопроводу, що виконує роль сифону, самопливом, з головного випарного апарату надходить в самовипарник розчину, де він розширюється і концентрується. Пара, що відокремився, відбирається через верхній штуцер і надходить на обігрівання контактних підігрівачів, а з останнього на барометричний конденсатор. Розчин, частково сконцентрувавшись, трубопроводом надходить у наступний розширювач

розчину. Для очищення пари від луку в останньому, четвертому розширювачі розчину, встановлені краплеподільні мати.

Розчин, що входить у контактний підігрівач, має прямий контакт з парою. При змішуванні з парою розчин частково розбавляється та нагрівається. Додана таким чином вода видалятиметься в сепараторі при додатковому нагріванні цього розчину в кип'ятильнику.

Конденсаційний балон. З міжтрубного простору кип'ятильника конденсат через конденсатовідвідник потрапляє в конденсаційний балон, де він розширюється. Балони Ді 001,002,003 призначені для чистого конденсату, балони Ді 004005006 – для забрудненого конденсату. Пара з балонів йде на обігрівання корпусів, що гріють (кип'ятильників), а охолоджений конденсат насосами відкачується за призначенням.

Барометричний конденсатор. У барометричному конденсаторі вода, що охолоджує, з температурою 30°C надходить у верхню частину і розподіляється через систему переливів і відбивачів. Пара, що надходить знизу, контактуючи з водою, конденсується і у вигляді нагрітої води з температурою 40 ° С виходить через нижній штуцер гідрозатвор

Барометричний конденсатор. У барометричному конденсаторі вода, що охолоджує, з температурою 30 °С надходить у верхню частину і розподіляється через систему переливів і відбивачів. Пара, що надходить знизу, контактуючи з водою, конденсується і у вигляді нагрітої води з температурою 40 °С виходить через нижній штуцер у гідрозатвор.

Вакуумний вузол. Кожна випарна батарея обладнана двома незалежними вакуумними вузлами [26-29]:

перший – відсмоктує газу, що не конденсуються, з барометричного конденсатора Дs001, що надходять з кип'ятильників і мережі охолодження води;

другий – відсмоктує неконденсовані газу, що надходять з само випарників Дs 002, Дs 004 та мережі охолоджувальної води.

Перевагою випарних апаратів з плівкою, що падає, є менша інкрустація;

стабільне функціонування навіть за малої різниці температур; можливість зниження температура живильного розчину.

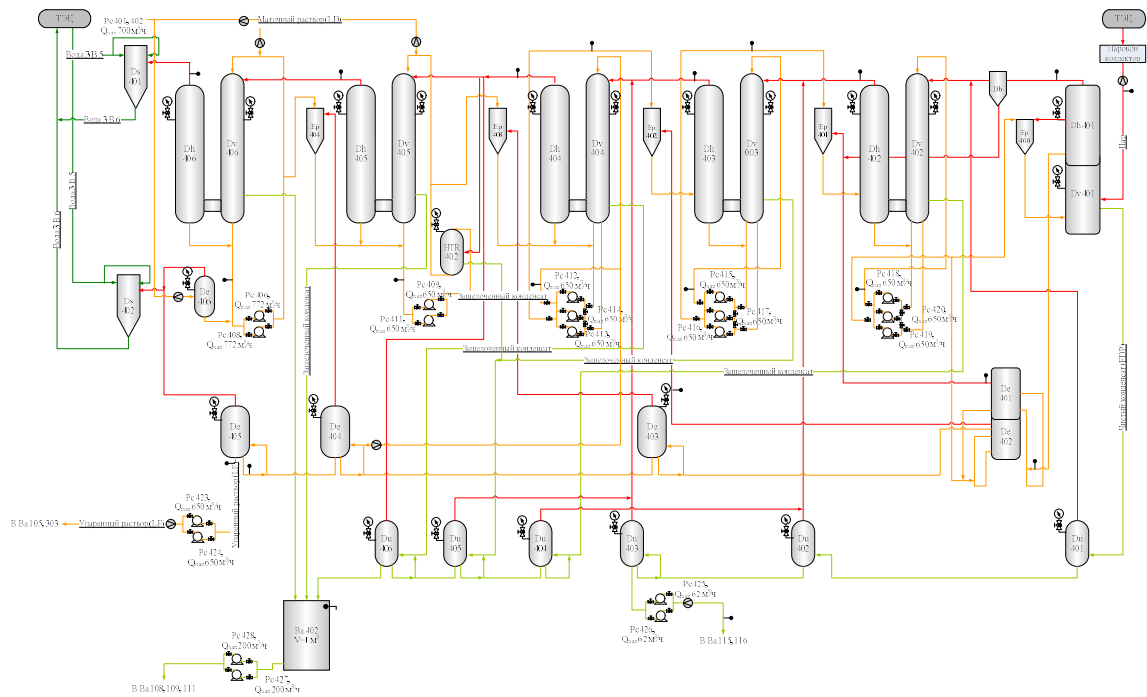
На глиноземних заводах експлуатують випарні апарати з поверхнею нагрівання (поверхнею нагрівних трубок) до 2500 м² [30-34]. Розміри нагрівних труб становлять: довжина – 7-9 м, діаметр труб 22 мм, 36 мм, 38 мм, 57 мм.

Для дослідження випарювання маточних розчинів використовуються випарні апарати з плівкою, що стікає, з такими характеристиками [21]:

номінальна поверхня теплообміну	1700 м ²
загальна висота апарата	18163 мм
довжина труб	12000 мм
діаметр труб	57 мм
товщина труб	2,5 мм
діаметр внутрішньої обичайки	2400 мм
висота обичайки	16473 мм
товщина обичайки	18 мм
кількість трубок	868
робоча температура	136 °С
маса порожнього апарата	60700 кг
маса порожнього апарата	60700 кг
маса апарата з розчином (у робочому стані)	92000 кг

2.3 Методика дослідження випарювання маточних розчинів у випарній батареї

Маточний розчин з декомпозиції надходить у конусні баки маточного розчину, перемикання здійснюється за допомогою заглушок. Маточний розчин з баків надходить на розподільні колектори і далі на насоси живлення для випарних батарей № 1, 2, 3 і 4 (рис. 2.2).



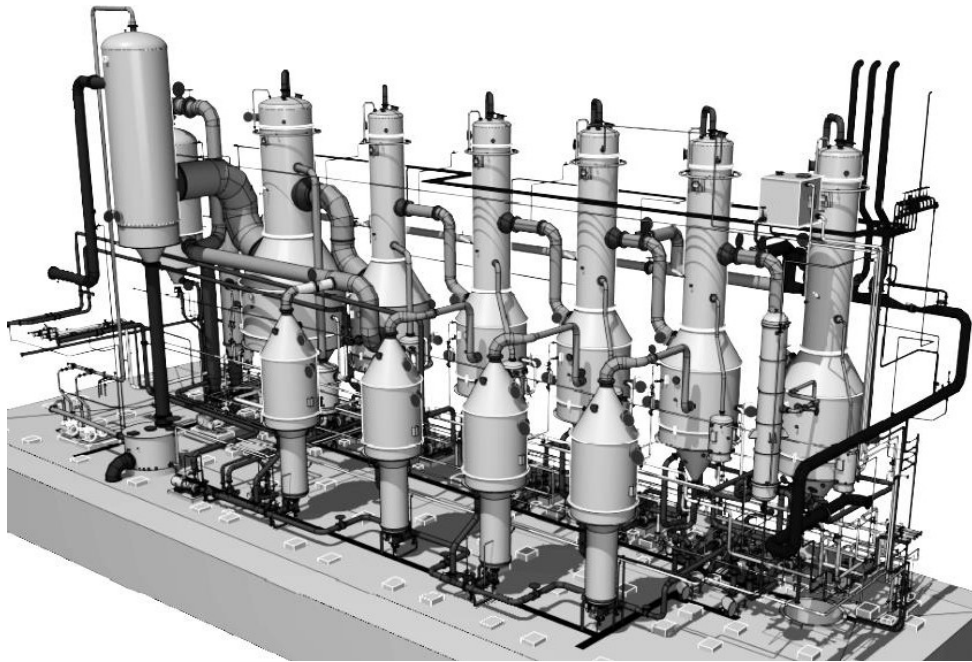
--- — маточний розчин (розчин, що випарюють);

--- — концентрований розчин; --- — конденсат (вода)

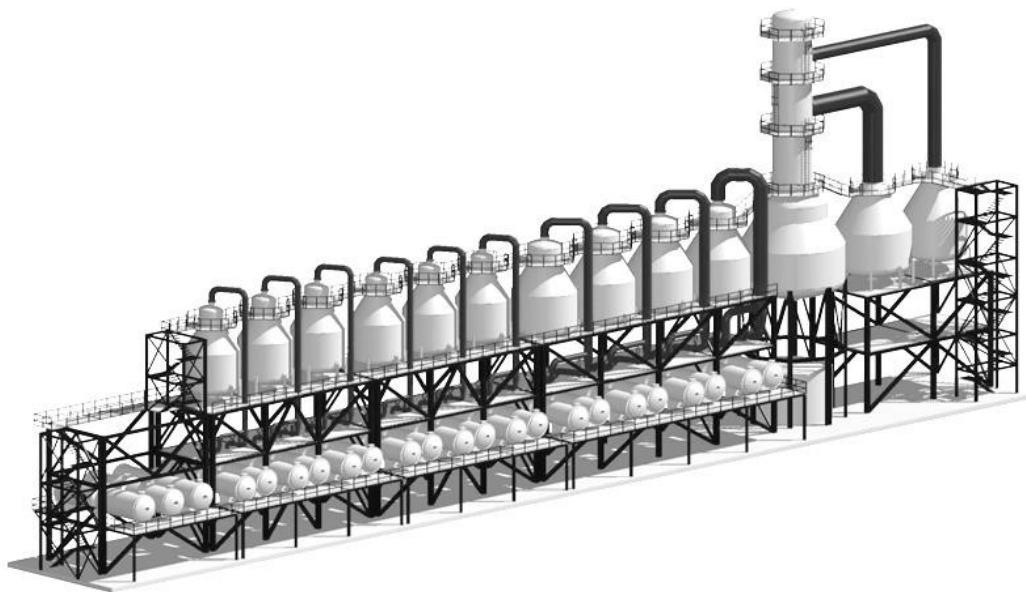
Рисунок 2.2 – Апаратурно-технологічна схема випарної батареї

Частково осілий гідроксид алюмінію в конусах баків маточного розчину відкачується насосами назад на декомпозицію, що дозволяє зменшити потрапляння гідроксиду алюмінію на випарні батареї [20]. Випарювання здійснюється послідовними стадіями: нагрівання та випаровування. Нагрівання відбувається за протитечійною схемою в п'ять ступенів (5-й і 6-й випарний апарат підключені паралельно): розчин послідовно проходячи випарники (що включають нагрівну камеру - сепаратор), нагрівається в нагрівних камерах і випаровується в сепараторах, підвищуючи концентрацію. Температура при цьому зростає після кожного ступеня. Рахунок корпусів ведеться по ходу пари (рис.2.3 а).

Після виходу з випарника розчин проходить по черзі самовипарники розчину, в яких розчин досягає кінцевої концентрації (рис.2.3 б). Випарювання досягається шляхом випаровування, причому розчин охолоджується та концен-



а



б

а – багатокорпусна випарна установка;

б – система самовипаровування

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд багатокорпусної випарної батареї та системи самовипаровування

трується. Як теплоносії у випарниках використовують пару з ТЕЦ. Сокова пара (пар, що утворюється при розширенні розчинів) наступного випарника є гріючим для попереднього. Для збільшення ефективності випарювання збільшують кратність використання нагрівних парів. Останні ступені випарних станцій працюють під вакуумом. Вакуум створюється внаслідок конденсації сокової пари останнього ступеня випарної станції в барометричному конденсаторі та ежекторного блоку.

Розчинна схема. Відцентровими насосами Рс 001-002 слабкий розчин подається одночасно на сепаратори Dh 005-006 встановлені паралельно, на випарних батареях № 1, 2, 3 на підігрівач Ер 004 (при 5-кратному використанні пари) і на Ер 005 (при 6-кратному використанні пари). На випарній батареї №4 змонтований додатковий самовипарник розчину De406, на який подається слабкий розчин [22].

Частково сконцентрований розчин, що виходить з випарників Dv 005-006, змішується біля входу в підігрівач Ер 104-304 (на випарній батареї №4 змішування відбувається перед подачею розчину у випарник Dv 405) з маточним розчином. Кожна з поживних систем розподілу розчину забезпечується регулюючими заслінками типу КАМФЛЕКС. Витрата кожній системі вимірюється електромагнітним витратоміром. Розчин з підігрівача Ер 004 послідовно проходить через підігрівачі та випарники Dv 004, 003, 002, 001 за допомогою насосів, що перекачують.

Після концентрації у випарнику Dv-Dh 001 розчин самопливом йде самовипарювач розчину De 001, під дією різниці тиску.

Самовипарники розчину з'єднані між собою трубопроводом, що виконує роль сифону. Після концентрації та охолодження шляхом розширення в самовипарнику розчину De 001 розчин через сифон проходить послідовно самовипарники De 002, 003, 004. Концентрований і охолоджений розчин з останнього самовипарника De 004 (De 405) подається насосами Рс 023-02 303.

Для зниження витрати пари на випарювання води можливий варіант подачі маточного розчину в сепаратор Dh 006. У такому разі випарна батарея

працює за шестиступінчастою схемою випарювання води.

Для зниження питомої витрати пари на випарювання води можливий варіант перебудови схеми на шестиразове використання пари в батареї шляхом перекладу з паралельної роботи апаратів Dv-Dh 006 і Dv-Dh 005 на послідовну схему [20,21].

Щільність розчину вимірюється щільноміром, витрата концентрованого розчину вимірюється електромагнітним витратоміром.

Парова схема. Гостра пара, що надходить із ТЕЦ, подається на паророзподільні колектори трьома окремими поживними трубопроводами. Ця пара охолоджується в кожному колекторі, шляхом упорскування дистильованої води з баків 115-116 в пароохолоджувач, який служить для зниження і регулювання температури гострої пари. Його основною характеристикою є зміна отвору для проходу пари, що дозволяють завжди мати в зоні впорскування достатню швидкість пари незалежно від витрати. Підняття кулі живою силою пари відбувається пропорційно до витрати. Вода, що впорскується в зону з підвищеною турбулентністю, негайно перетворюється на пару, що спричиняє зниження температури. Охолоджена пара перед входом на батарею дроселюється за допомогою заслінки, згідно з необхідним робочим режимом за кількістю випареної води. Ця система забезпечена відсіченнями та байпасними клапанами з електроприводами.

Перший кип'ятильник обігривається гострим паром.

Сокова пара, отримана з випареної води Dh 001, йде на обігрівання Dv 002 та ін., наступні кип'ятильники обігриваються соковою парою, утвореним від кипіння розчину в попередньому сепараторі. На батареї №4 сокова пара з Dh 401 надходить у Db і очищена йде на обігрів Dv402, так само з Dh 404 одночасно обігривається Dv 405 і НТР 402.

Пара, що виділилася в Dh 005-006, конденсуватиметься в баромконденсаторі Ds 001, а з De 004 - в Ds 002.

Пара, що виділилася в Dh 005-006, конденсується в баромконденсаторі Ds 001, а з De 004 - в Ds 002 шляхом гасіння відпрацьованої пари водою з В 5.

Пара, що виділяється з Dh 405, направляється на Dv 406, частина пари може направлятися через заслінку діаметром 800 мм. Ds 402, куди виводиться пара з De 405,406.

Розчин, що входить в Ер 101-301 нагрівається соковою парою з Dv 101-301, Ер 102-302 нагрівається соковою парою з Dv 102-302, De 101-301, Ер 103-303 нагрівається соковою парою з Dv 3 De 102-302, Ер 104-304 або 105-305 нагрівається соковою парою з Dv 103-303, в Ер 401 нагрівається соковою парою з De 401, Ер 402 нагрівається соковою парою з De 402, Ер 40 De 403, Ер 404 нагрівається соковою парою з De 404.

Сокові пари фільтруються за допомогою краплевідокремлювальних матів у кожному сепараторі Dh 001-006 (крім Dh 401) та в останньому розширювачі De 104-304 [20,22].

Сокова пара, що отримується при розширенні конденсату на випарних батареях № 1, 2, 3 з Du 001 дає додатковий нагрівання Dv 003, з Du 002 дає додатковий нагрівання Dv 004, з Du 003 дає додатковий нагрівання Dv 005-006, з Du 0 нагрівання Dv 003, з Du 005 дає додаткове нагрівання Dv 004, з Du 006 дає додаткове нагрівання Dv 005 – 006.

Сокова пара, що отримується при розширенні конденсату на випарній батареї № 4 з Du 401 дає додатковий нагрів Dv 002, з Du 402 дає додатковий нагрівання Dv 003, з Du 403 дає додатковий нагрівання Dv 004, з Du 404 дає додатковий нагрів 405 дає додаткове нагрівання Dv 004, з Du 406 дає додаткове нагрівання Dv 005.

Конденсатна схема. Гостра пара, яка конденсується в Dv 001, дає чистий конденсат EDP. Конденсат стікає самопливом уздовж труб і виходить із Dv 001 через колодязь у нижній трубній плиті. Він проходить через конденсатовідвідник, потім охолоджується шляхом розширення в балоні Du 001, з Du 001 йде в Du 002, потім в Du 003. 350 відкачується на ТЕЦ.

Сокова пара конденсується в камерах, що гріють Dv 002 по Dv 006 і дає умовно брудний конденсат EDS. Конденсат, що виходить з Dv 002, розширюється в Du 004, туди надходить конденсат з Dv 003, з Du 004

конденсат йде в Dv 005, туди ж надходить конденсат з Dv 004. Конденсат, що виходить з Du 005, розширюється в Du 0 а надходить конденсат з Dv 005-006. На батареї № 4 додатково сокова пара конденсується НТR402 і йде в Du 405.

На випарних батареях № 1, 2 та 3 перед кожним Du 001-006 встановлені конденсатовідвідники типу «Жестра». На батареї №4 конденсатовідвідник типу «Жестра" встановлений на виході з окропу Dv 402. Перед балоном Du 401 встановлений конденсатовідвідник типу «Крона».

Умовно брудний конденсат EDS відкачується з Du 006 (на випарній батареї №4 з 402) насосами Pс 027-028 в баки умовно брудного конденсату 108-109 або в бак залуженого конденсату в 111 (якщо зміст луги).

Забруднений конденсат використовується для дозування в баки чистого конденсату Ва 115-116 через капфлекс Ø 100 мм для подачі на ТЕЦ [23].

Схема деаерації. Скупчення неконденсованих газів у міжтрубному просторі гріючого корпусу заважає процесу конденсації пари на зовнішній поверхні труб і тягне за собою зменшення теплообміну, надто рясна деаерація (надмірне відсмоктування пари) збільшує втрати тепла. Кожен гріючий корпус має верхню та нижню деаерацію. Після кожного пуску повітря, будучи важчим за пару, має тенденцію накопичуватися внизу апарата. І тут діє лише нижня деаерація. Неконденсовані гази, що надходять з нижньої частини Dv 001, направляються в Ер 001 (нижній вхід). Гази, що зібралися вгорі Ер 001, змішуються з вступниками з Dv 002 і направляються в Ер 002, що зібралися в Ер 003 і Dv 004 направляються в Ер 0 -006 направляються Ds 001.

Неконденсовані з De 001 надходять в Ер 002, з De 002 надходять в Ер 003, De 003 надходять в Ер 004, De 004 надходять в Ds 002.

Незконденсовані гази, що надходять з Dv 401, можуть направлятися в Dh 401 або Dv 402. Гази, що зібралися в Dv 402, надходять в Dv 403, що зібралися в Ер 401 і Dv 003 направляються в Ер 402, що зібралися в Ер 40 403, що зібралися в Ер 403 і Dv 405 направляються в Ер 404, що зібралися в Ер 404 та Dv 406 направляються в Ds 401.

Неконденсіруємі гази з De 401 надходять в Ер 401, De 402 надходять в Ер 402, De 403 надходять в Ер 403, De 404 надходять в Ер 404.

Вакуумний вузол. Кожна випарна батарея обладнана двома незалежними вакуумними вузлами: перший – відсмоктує гази, що не конденсуються, з Ds 001, що надходять з випарників і мережі охолоджуючої води. Другий відсмоктує неконденсовані гази Ds 002, що надходять з De 004, і мережі охолоджуючої води.

Пуск випарної батареї здійснюється пусковим ежектором Vj 001. При досягненні вакууму включаються робочі ежектори, а пусковий ежектор зупиняють. Неконденсовані гази, що відсмоктуються ежектором Vj 002 (1-й ступінь), проходять через Ds 003 (проміжний конденсатор) і відсмоктуються ежектором Vj 003 (2-й ступінь). Проміжний барометричний конденсатор Ds 003 конденсує робочий пар, розширений Vj 002, вихід ежектора Vj 003 з'єднаний з роздільною судиною, з якого про неконденсовані гази скидаються в атмосферу, а частина конденсату пари стікає в Ва 001 [22].

Принцип роботи другого ежекторного вузла аналогічний до першого, тобто. Vj 004 – 1-й ступінь. Ds 004 – проміжний конденсатор, Vj 005 – 2-й ступінь.

Вакуумні агрегати відсмоктують гази, що не конденсуються, постійно з метою підтримки постійного вакууму. У разі завищення вакууму його можна зменшити шляхом інжекції (відсмоктування) атмосферного повітря.

Для конденсації газів Ds 003, 004 використовується вода 3 В 5, а в теплий період року вода 1 В 5. Для конденсації газів Ds 003, 004 використовується вода 1 В 5, а неконденсовані гази викидаються в бак гідрозатвор 101 або атмосферу.

2.4 Методика визначення концентрації загального лугу

Хімічний аналіз на масову частку загального лугу проводять на технологічних водних розчинах різного складу, що одержують на різних ділянках під час виробництва глинозему: оборотному, алюмінатно-лужному,

маточному, різних промивних водах і інших рідких фазах [24].

Суть хімічного аналізу полягає в неповному титруванні алюмінатного розчину кислотою у присутності фенолфталеїну. При цьому відтитровують вільний (NaOH), алюмінатний (NaAlO₂) і карбонатний (у вигляді Na₂CO₃) луг:



Оксид алюмінію в цих умовах не реагує з соляною кислотою. Кислота, що звільняється, видаляється кип'ятінням. По кількості кислоти, витраченої на нейтралізацію NaOH (в тому числі у вигляді NaAlO₂ і Na₂CO₃), розраховують масову частку загального оксиду натрію. Тривалість визначення складає 20-25 хв. Похибка аналізу становить близько 2 % від визначуваної величини.

Для проведення аналізу потрібні мірні колби на 250 см³ або 500 см³, бюретки на 10 см³ і 50 см³, конічні колби, 0,5 н. розчин HCl; 0,5 н. розчин NaOH; 1 % розчин фенолфталеїну.

Для концентрованих (150-300 г/дм³ Na₂O_{заг}) розчинів 10-20 мл алюмінатного розчину, охолодженого до кімнатної температури, переносять в мірну колбу на 200-250 мл. При меншій масовій частці лугу (від 50 г/дм³ до 100 г/дм³) відбирають 20-25 мл розчину. У колбу додають воду до мітки, ретельно перемішують і, якщо необхідно, фільтрують в сухий стакан, відкидаючи перші порції фільтрату.

З розбавленого розчину відбирають пробу фіксованого об'єму (частіше 25 мл або 50 мл) залежно від концентрації вихідного розчину. Пробу переносять в конічну колбу на 250 мл, доливають дистильовану воду до об'єму 100 мл (наперед на колбі ставиться мітка на 100 мл олівцем по склу) і додають три краплі фенолфталеїну.

Титрування здійснюють з бюретки з 0,5 н. HCl до зникнення рожевого забарвлення розчину від однієї краплі розчину кислоти. Взаємодії з кислотою остаточно проходять при кипінні.

Для цього в ту саму колбу з тієї ж бюретки додають 3,0-3,5 мл 0,5 н. HCl і розчин кип'ятять протягом трьох хвилин (з моменту закипання). Потім розчин в колбі обережно перемішують і в гарячому вигляді титрують 0,5 н. NaOH надлишок соляної кислоти до появи слабо рожевого кольору, не зникаючого при збовтуванні. У гарячий забарвлений розчин обережно вводять декілька крапель 0,5 н. розчину HCl до зникнення рожевого кольору і додатково 5-7 крапель надлишку. Потім розчин знову кип'ятять три хвилини і по краплях титрують надлишок кислоти 0,5 н. розчином їдкого натру до появи слабо рожевого фарбування від однієї краплі NaOH.

Потім записують загальну кількість розчинів HCl і NaOH, що пішли на титрування. Значення масової частки загального лугу $\text{Na}_2\text{O}_{\text{заг}}$ в розчині (г/дм^3) розраховують за формулою:

$$\text{Na}_2\text{O}_{\text{заг}} = 0,0155 \cdot C \cdot (V - V_1), \quad (2.2)$$

де 0,0155 – титр 0,5 н. соляної кислоти (маса Na_2O , еквівалентна масі HCl, що міститься в 1 мл 0,5 н. розчину HCl, г);

C – коефіцієнт, який враховує розбавлення і дозволяє визначити при необхідності $\text{Na}_2\text{O}_{\text{заг}}$ у грамах на будь-яку задану одиницю об'єму;

V, V_1 – об'єм 0,5 н. HCl і 0,5 н. NaOH відповідно, що витрачені на титрування, мл.

2.5 Методика визначення концентрації каустичного лугу

У колбу місткістю 250 мл відібрати аліквотну частину за допомогою піпетки і гумової груші. Додати дистильованої води так, щоб по нижньому меніску рівень розчину збігався з рисою на горлечку колби. Розчин, що міститься у колбі, ретельно перемішати і відібрати другу аліквотну частину в дві конічні колби за допомогою піпетки і гумової груші. У конічні колби додати по 50 мл дистильованої води, по 10 мл 10 %-ного розчину BaCl_2 і по 1–2 краплі

фенолфталеїну. Розчин набуває фіолетового кольору. Потім провести титрування 0,1 н. розчином НСІ до зникнення фіолетового кольору. Концентрацію лугу розрахувати за формулою [25]:

$$C_{Na_2O_k} = \frac{V_T \cdot V_P \cdot K}{A_1 \cdot A_2}, \quad (2.3)$$

де $C_{Na_2O_k}$ – концентрація каустичного лугу Na_2O_k в розчині, г/л;

V_T – об'єм титранта, мл;

V_P – об'єм розведення, мл;

K – коефіцієнт (для Na_2O рівний 3,1);

A_1 – перша аліквотна частин, мл;

A_2 – друга аліквотна частина, мл.

2.6 Методика гідравлічного розрахунку системи самовипарювання розчинів

Продуктивність випарної батареї за випареною водою W (кг/год) визначають за формулою [26]:

$$W = G \cdot \left(\rho_{cl} - \frac{\rho_{yn} \cdot c_{cl}}{c_{yn}} \right), \quad (2.4)$$

де G – витрата слабкого розчину, м³/год;

ρ_{cl} – густина слабкого розчину, кг/м³;

ρ_{yn} – густина концентрованого розчину, кг/м³;

c_{cl} – концентрація слабкого розчину по Na_2O_k , г/дм³;

c_{yn} – концентрація концентрованого розчину по Na_2O_k , г/дм³.

За відомою кількістю випареної води випарною батареєю, визначають витрату розчину M_{S405} (т/год), що виходить з останнього п'ятого самовипарника (De405) за формулою [27]:

$$M_{S405} = G \cdot \rho_{cl} - W. \quad (2.5)$$

При даній витраті розчину визначають кількість випареної води W_{S405} (т/год) останнього самовипарника (De405) за формулою:

$$W_{405} = \frac{M_{S405} \cdot (T_E \cdot c_{PE} - T_S \cdot c_{PS})}{H - T_E \cdot c_{PE}}, \quad (2.6)$$

де T_E – температура розчину, що входить в апарат, °С;

T_S – температура розчину, що виходить з апарата, °С;

c_{PE} – питома теплоємність розчину, що входить в апарат, кДж/(кг·°С);

c_{PS} – питома теплоємність розчину, що виходить з апарата, кДж/(кг·°С);

H – ентальпія пари, кДж/кг [28,29].

Масову витрату розчину M_{E405} (т/год), що входить в останній самовипарник (De405) визначають за формулою [26]:

$$M_{E405} = W_{405} + M_{S405}, \quad (2.7)$$

Кількість розчину, що входить в останній п'ятий самовипарник (De405), M_{E405} (т/год) дорівнює кількості розчину, що виходить з попереднього четвертого самовипарника (De404):

$$M_{E405} = M_{S404}.$$

Кількість випареної води четвертого самовипарника (De404) W_{S404} (т/год) обчислюють аналогічно формулі (2.6):

$$W_{404} = \frac{M_{S404} \cdot (T_E \cdot c_{PE} - T_S \cdot c_{PS})}{H - T_E \cdot c_{PE}}. \quad (2.8)$$

Масову витрату розчину, що входить до четвертого самовипарника (De404), M_{E404} (т/год) обчислюють за формулою:

$$M_{E404} = W_{404} + M_{S404}. \quad (2.9)$$

Кількість розчину, що входить в четвертий самовипарник (De405), M_{E404} (т/год) дорівнює кількості розчину, що виходить з попереднього третього самовипарника (De403):

$$M_{E404} = M_{S403}.$$

Кількість випареної води третього самовипарника (De403) W_{S403} (т/год):

$$W_{403} = \frac{M_{S403} \cdot (T_E \cdot c_{PE} - T_S \cdot c_{PS})}{H - T_E \cdot c_{PE}}. \quad (2.10)$$

Масову витрату розчину, що входить до третього самовипарника (De403), M_{E403} (т/год) обчислюють за формулою:

$$M_{E403} = W_{403} + M_{S403} \cdot \quad (2.11)$$

Кількість розчину, що входить в третій самовипарник, M_{E403} (т/год) дорівнює кількості розчину, що виходить з попереднього другого самовипарника (De402):

$$M_{E403} = M_{S402} \cdot$$

Кількість випареної води другого самовипарника (De402) W_{S402} (т/год):

$$W_{402} = \frac{M_{S402} \cdot (T_E \cdot c_{PE} - T_S \cdot c_{PS})}{H - T_E \cdot c_{PE}} \cdot \quad (2.12)$$

Масову витрату розчину, що входить до другого самовипарника (De402), M_{E402} (т/год) обчислюють за формулою:

$$M_{E402} = W_{402} + M_{S402} \cdot \quad (2.13)$$

Для обчислення гідравлічних опорів розчинних і парових ліній між самовипарниками визначають коефіцієнт шляхового опору перетоків та гідравлічні опори трубопроводів, приймаючи величину коефіцієнта місцевого опору (поворот) $\xi_m = 0,5$ [30].

Коефіцієнт шляхового опору в трубах ξ визначають за формулою [26]:

$$\xi = \frac{\lambda \cdot L}{d}, \quad (2.14)$$

де λ – коефіцієнт тертя, $\lambda = 0,03$ [27];

L – довжина трубопровода, м;

d – діаметр труби, м.

Гідравлічні опори ΔP трубопроводів обчислюють за формулою [26]:

$$\Delta P = n \cdot \xi_m \cdot \omega^2 \cdot \gamma / (2 \cdot g), \quad (2.15)$$

де n – кількість поворотів у трубопровода;

γ – питома вага матеріалу трубопровода, кг/м³;

ω – швидкість розчину, м/с.

3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження впливу інгібіторів на ефективність роботи випарних батарей

Випарювання є важливою ділянкою у технологічному ланцюжку одержання глинозему за способом Байєра та визначає загальні техніко-економічні показники виробництва глинозему. Для концентрування маточного розчину та підготовки його до вилуговування нової порції бокситу видаляють воду, додану на промивання червоного шламу і гідроксиду алюмінію. Кількість води, яку слід випарити визначається різницею між обсягами алюмінатного та оборотного розчинів. Під час випарювання також відбувається очищення розчинів від соди, органічних сполук, гідроалюмосилікату натрію, сульфату натрію та ін. Енерговитрати на випарювання лужно-алюмінатних розчинів для одержання 1 т глинозему складають від 7 ГДж до 15 ГДж [2,3,12]. Використання в глиноземному виробництві багатокорпусних установок дозволяє значно зменшити витрату пари на випарювання маточних розчинів.

Переробка на глинозем бокситів з підвищеним вмістом карбонатів і сполук сірки призводить до забруднення содою та сульфатами розчинів. Внаслідок накопичення у розчинах таких домішок виникають технологічні ускладнення при випарюванні (зокрема заростання нагрівних труб випарних апаратів осадами содо-сульфатної суміші) через погіршення теплопередачі

Як показує практика експлуатації випарних батарей, ці апарати мають ряд істотних конструктивних недоліків, зумовлених кипінням розчину в трубках, що гріють. У процесі роботи трубки цих апаратів, що гріють, інтенсивно заростають содою і алюмосилікатним накипом. Крім того, заростання трубок, що гріють, сіллю знижує інтенсивність теплообміну в них, що веде до значного зниження продуктивності батареї. Внаслідок кипіння розчину в трубках випарних апаратів відбувається посилений абразивний і ерозійний знос трубок,

що гріють, термін служби яких становить близько 1,5-2 років, після чого їх доводиться міняти, що вимагає великих трудовитрат [6,19].

Для усунення утворення осадів солідатів на трубках, що гріють, випарних апаратів було розглянуто рішення про використання в промислових масштабах інгібітора (реагенту) в лінії випарювання маточних алюмінітно-лужних розчинів. Реагент змішують з конденсатом та у подальшому його розпилюють через форсунки на поверхню труб, що гріють. Використання реагенту не потребує додаткових операцій його приготування, оскільки дозування відбувається за допомогою мембранного насоса. Це дозволяє в повній мірі використовувати інгібітор всю робочу зону трубок випарних апаратів.

Поверхнево-активними речовинами (ПАР) є такі хімічні сполуки, молекули яких мають дифільну структуру. Молекули (найчастіше це вуглеводневий радикал) є гідрофобною і взаємодіє з гідрофобними речовинами, такими як парафіни, жири, масла, багато полімерних матеріалів типу поліетилену та ін. Внаслідок цього ПАР мають здатність адсорбуватися на міжфазних поверхнях і істотно впливати на такі процеси, як кристалізація, коагуляція золів або емульсій, піноутворення та ін. Так, широкого поширення в усьому світі набули синтетичні миючі засоби (алкілсульфати та сульфонати), які можуть бути прикладом типових ПАР. Однак найбільш вражаючих результатів ця галузь фізичної хімії досягла у використанні синтетичних інгібіторів [31].

Широкому використанню цих препаратів у процесах флотації, згущення різних суспензій кольорової металургії або водопідготовки сприяли такі фактори [31]:

- надійна сировинна база як результат прогресу нафтохімічної промисловості,
- легкість та порівняльна простота процесів полімеризації даного типу реагентів,
- висока ефективність дії при низьких дозах.

На першому етапі проводилися промислові випробування інгібітора алюмосилікатних відкладень та соди інгібітор МАХ НТ-550 виробництва компанії «Solvay». На другому етапі проводилися промислові випробування інгібітора алюмосилікатних відкладень та соди інгібітор Polyrav CO (SI) виробництва ТДВ Павлоградський хімічний завод (ПХЗ) «Коагулянт». Персоналом лабораторії проводилося тестування (вхідний контроль) якості кожної партії інгібіторів за стандартною методикою, та виявлено їхню високу ефективність.

На експериментальні випарні батареї №1 і №2 дозувався інгібітор МАХ НТ-550 виробництва компанії «Solvay» у кількості 20 г/т. Для порівняння на випарні батареї №3 і №4 подавався інгібітор Polyrav CO (SI) виробництва ТДВ Павлоградський хімічний завод (ПХЗ) «Коагулянт» у кількості 21 г/т у відповідність до різної щільності реагентів.

Ефективність інгібіторів, що досліджуються, оцінювалася за показниками роботи експериментальних та порівняльних випарних батарей: температури розчину на виході з апаратів DvDhX01, тиску і температури нагрівної пари в першому корпусі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Усереднені показники роботи експериментальних випарних батарей №1-№4 під час випробувань інгібіторів МАХ НТ-550 і Polyrav CO (SI)

Показники	Випарні батареї			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Температура розчину на виході із апарату DvDhX01, °C	136,9	134,2	133,1	124,5
2. Тиск пари у першому корпусі, МПа	0,31	0,30	0,30	0,30
Продуктивність батареї, м ³ /год	660,4	680,1	659,2	651,5

При дозуванні реагенту МАХ НТ-550 як інгібітора щодо утворення солідатів на трубках випарних апаратів відзначено наступні позитивні результати:

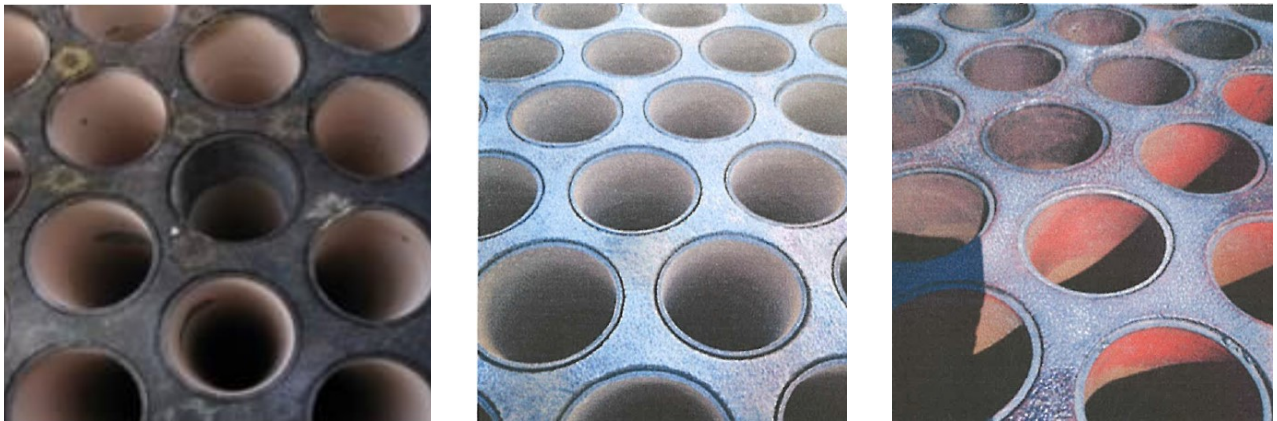
– середня продуктивність випарної батареї за період випробувань збільшилася на 50 т/год;

– середня концентрація оборотного розчину підвищилася на 18 г/дм^3 по загальному лугові ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{заг}}$);

– середній коефіцієнт теплопередачі по випарній батареї за період випробувань становив $7,71 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$;

– витрата пари на 1 т випареної води становила 0,256 т.

Візуальний огляд поверхні труб, що гріють, показав практично повну відсутність відкладення і осадів при застосуванні інгібітора МАХ НТ-550 в (рис.3.1 б). За відповідний період хімічне очищення відкладень не виконувалось.



а

б

в

а – без застосування реагента;

б – із застосуванням інгібітора МАХ НТ-550;

в – із застосуванням інгібітора Polypav CO (SI)

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд поверхні нагрівних трубок випарних батарей

Візуально оцінювали чистоту поверхні трубних пучків у корпусах, що гріють, експериментальних і порівняльних випарних батарей після закінчення трьох місячного циклу роботи (рис. 3.1). Осад з нагрівних поверхонь випарних батарей №1 і №3 ідентичний за хімічним та мінералогічним складом. В осадах з трубок апаратів DvDhX01 випарних батарей №1 і №3 був присутній гідроалюмосилікат натрію, сода, гідроксид алюмінію та інші домішки.

На діаграмах (рис. 3.2 – рис. 3.4) показано зміну продуктивності, температури та тиску впродовж проведення першого та другого етапів промислових випробувань. На початку випробувань при рівні соди в маточному розчині нижче 10 % період між промиваннями експериментальних та порівняльних батарей був однаковим і становив 30 днів. У міру збільшення соди в маточному розчині до 12 % період між промиваннями випарних батарей, що працюють з реагентом МАХ НТ-550, залишився на тому ж рівні, а працюючих з реагентом Polurav CO (SI) скоротився в 3 рази.

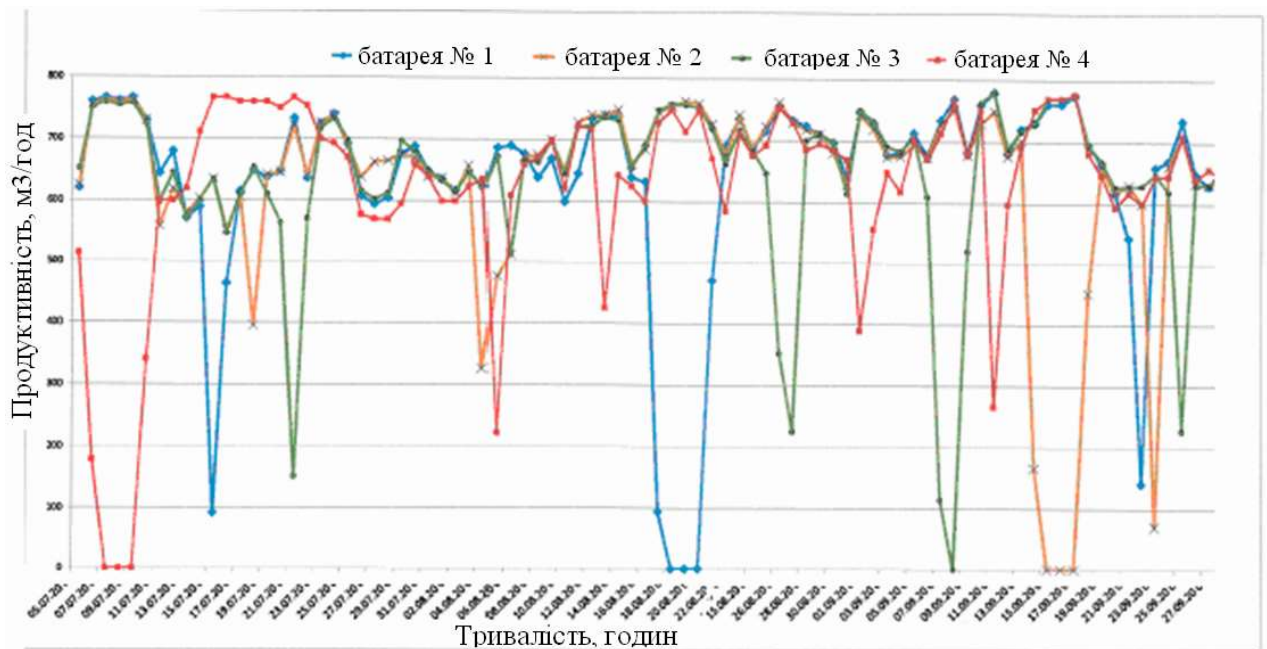


Рисунок 3.2 – Продуктивність експериментальних випарних батарей № 1 – №4 під час випробування інгібіторів МАХ НТ-550 і Polurav CO (SI)

Після проведення промивання тиск у першому корпусі випарних батарей знижувався, показники роботи батарей відновлювалися. Це вказує на те, що реагент Polurav CO (SI) запобігає осадженню алюмосилікатних відкладень на поверхні трубок, що гріють, випарних апаратів так само ефективно, як і інгібітор МАХ НТ-550. Проте інгібітор Polurav CO (SI) не запобігає осадженню

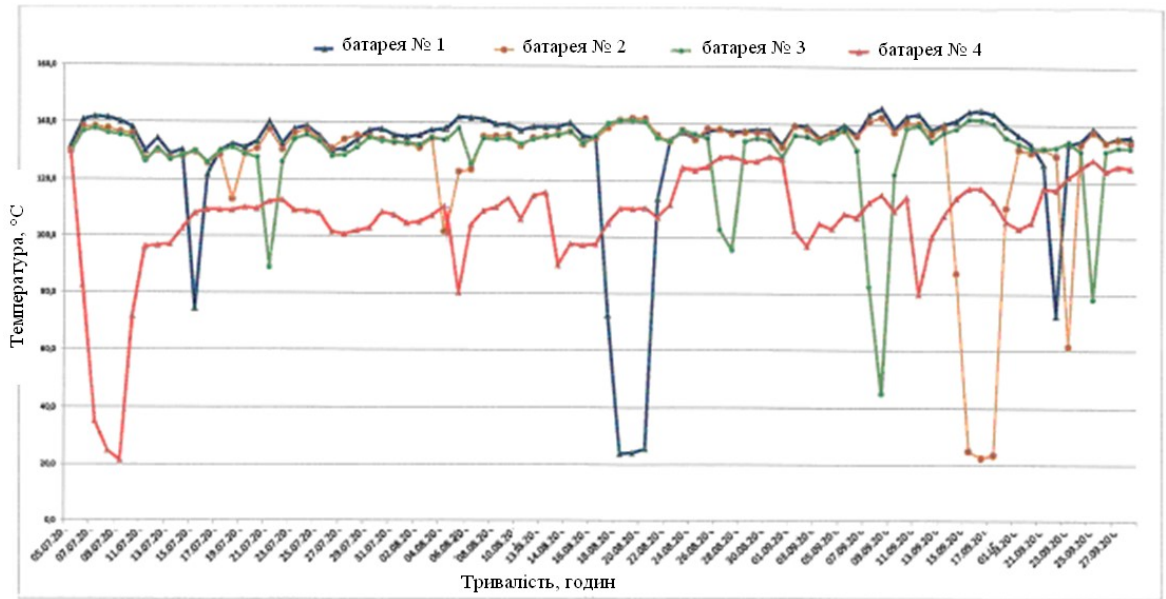


Рисунок 3.3 – Температура розчину у експериментальних випарних батареях №1 – №4 під час випробування інгібіторів MAX HT-550 і Polyrav CO (SI)

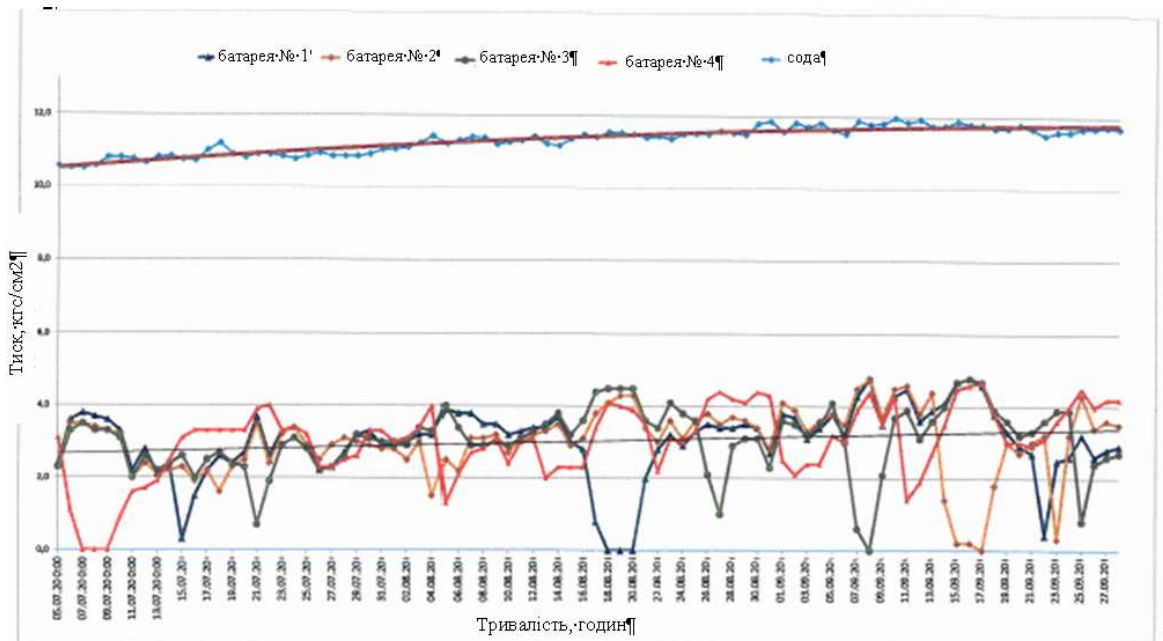


Рисунок 3.4 – Тиск пари у експериментальних випарних батареях №1 – №4 під час випробування інгібіторів MAX HT-550 і Polyrav CO (SI)

на поверхню соди, що гріє, при концентрації соди в маточному розчині понад 10 %. Запропонований інгібітор Polyrav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550.

Таким чином, встановлено, що при концентрації соди в розчині, що упарюється, до 10 %, інгібітор Polyrav CO (SI) (виробництво ТДВ ПХЗ «Коагулянт») може застосовуватися для запобігання осадженню відкладень алюмосилікатів на нагрівні поверхні випарних апаратів як рівноцінна альтернатива для інгібітора MAX HT-550 (виробництва компанії «Solvay»).

При концентрації соди в розчині, що упарюється більше 10 %, вітчизняний інгібітор Polyrav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550В, оскільки можливість запобігати відкладанню содового осаду ефективність інгібітора Polyrav CO (SI) не велика.

3.2 Дослідження гідравлічної системи самовипарників розчинів

Досліджувалася доцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї при підвищенні продуктивності з 600 м³/год до 700 м³/год маточного розчину шляхом гідравлічних розрахунків за методикою, наведеною розділі 2, та використання спеціальної програми ТЕТРА.

Результати обчислення гідравлічних опорів розчинних та парових ліній надано в табл.3.2.

На підставі аналітичних досліджень і розрахунків гідравлічної системи самовипарників розчинів встановлено, що перепади тисків між самовипарниками становили 11–44 кПа (табл.3.2) та набагато перевищували розрахункові значення гідравлічного опору переточних труб (5 – 7 кПа). У цьому випадку можливі проходи значної кількості пари з розчином, що в свою чергу може викликати підвищений знос труб, особливо на вхідній ділянці у самовипарювач, а також істотно збільшувати питому витрату пари на 1 т

випареної води. Для зменшення проходу пари або повного усунення слід на вхідній ділянці встановити дросельні пристрої з використанням набору діафрагм, оскільки зробити точний розрахунок опору при русі двофазного потоку неможливо. Незначним також був гідравлічний опір парових ліній після самовипарників.

Таблиця 3.2 – Показники роботи самовипарників та результати обчислення гідравлічних опорів

Показники		Самовипарники			
		De402	De403	De404	De405
Тиск у сепараторі, кПа	1	92	49	25	17
	2	99	55	29	17
	3	99	54	29	17
	сер.	97	56	28	17
Температура вихідного розчину, °С	1	104	90	78	65
	2	106	92	79	64
	3	106	92	79	64
	сер.	105	91	79	64
Кількість випареної води, т/год	1	11,2	10,5	10,1	14,5
	2	12,7	11,2	11,9	17,1
	3	12,7	11,2	11,9	17,1
	сер.	12,2	11,0	11,3	16,2
Швидкість пари у сепараторі, м/с	1	1,05	1,45	2,12	2,76
	2	1,16	1,52	2,55	3,00
	3	1,16	1,52	2,55	3,00
	сер.	1,12	1,50	2,41	2,92
Гідравлічний опір ліній пари, кПа	1	3,1	3,6	3,5	9,8
	2	3,4	3,8	4,2	1,04
	3	3,4	3,8	4,2	10,4
	сер.	3,3	3,7	4,0	10,2
Гідравлічний опір ліній перетоку до самовипарників, кПа	1	5,0	7,0	6,0	4,5
	2	6,0	7,0	6,0	5,0
	3	6,0	7,0	6,0	5,0
	сер.	5,7	7,0	6,0	4,8

Зі збільшенням продуктивності батареї понад досягнуту величину (610-620 м³/год маточного розчину) спостерігалось підвищене винесення розчину з останнього за рухом розчину самовипарника (De405). В результаті масова

частка лугу в барометричній воді другого конденсатора піднімалася до гранично допустимої величини – 1 г/дм^3 (рис.3.5).

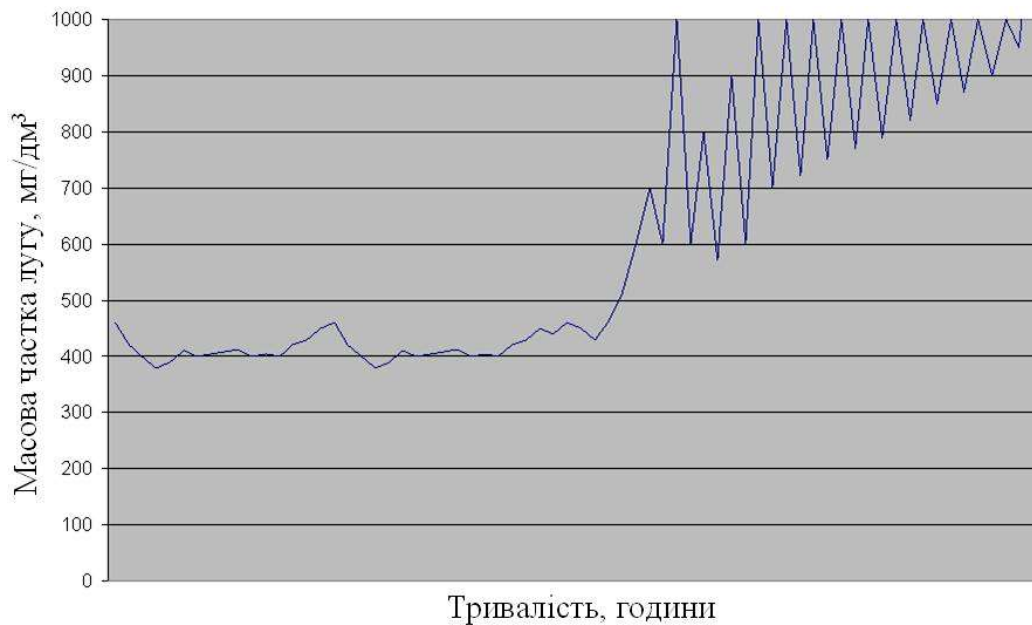


Рисунок 3.5 – Масова частка лугу у барометричній воді

Для збільшення пропускної здатності самовипарника потрібно збільшити розміри сепараційної частини (діаметр, висоту) або знизити вакуум в апараті до 15–20 кПа залишкового тиску. У випарних апаратах, включаючи п'ятий корпус, що працює під глибоким вакуумом (8–10 кПа) підвищеного винесення та залуження барометричної води не спостерігалось.

При цьому кількість випареної води в п'ятому корпусі (один випарний апарат) досягала приблизно 50 т/год, відповідно швидкість пари в сепараторі 8,85 м/с.

Таким чином, виконані гідравлічні розрахунки та результати попередніх випробувань підтвердили висновок про недоцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї №4.

Для підвищення продуктивності до $700 \text{ м}^3/\text{год}$ маточного розчину достатньо збільшити пропускну здатність самовипарника, останнього по ходу

розчину, не допускаючи залуження барометричної води у другому конденсаторі.

3.3 Напрями вдосконалення випарювання розчинів у виробництві глинозему

Зниження витрати теплоти на випарювання зі збереженням глибини випарювання алюмінатно-лужних розчинів є актуальним завданням у виробництві глинозему.

Для випарювання розчинів у глиноземному виробництві використовують трубчасті випарні апарати вертикального типу, що працюють під вакуумом, Серед них раціональнішими виявилися апарати з падаючою плівкою і поверхнею нагрівання до 2500 м² [3].

При конструюванні апаратів для випарювання розчинів, що кристалізуються, щоб уникнути заростання нагрівних поверхонь було винесено зону кипіння з нагрівних труб, створено інтенсивну циркуляцію розчину та умови для зняття залишкового пересичення розчинів до надходження розчину в нагрівні трубки.

У конструкціях циклонно-плівкових апаратів з падаючою плівкою застосовано циркуляцію розчину. Розчин і пара в трубі рухаються окремими потоками, не змішуючись. Теплообмін в основному здійснюється у падаючій плівці при кипінні та нагріванні через утворення бульбашок пари. В суцільному потоці розмір і час існування бульбашок пари менші, ніж у випадку плівкового потоку. Цим пояснюється утворення більш пухких і пористих осадів при випарюванні в апаратах з падаючою плівкою.

Впровадження у виробництво глинозему таких випарних апаратів з інтенсивною теплопередачею та з поверхнею теплообміну 2500 м² дозволило комплексно вирішити завдання щодо зменшення витрати технологічної пари, кип'ятільних труб, виробничих площ і експлуатаційних витрат на ділянці

випарювання, збільшити продуктивність. Проте залишилося вирішити завдання щодо збільшення міжремонтного часу експлуатації випарних апаратів

Застосування п'ятикорпусної випарної установки з циклонно-плівковими апаратами з падаючою плівкою та поверхнею нагрівання 2500 м^2 дозволяє зменшити витрату пари до $0,3 \text{ кг}$ на 1 кг випареної води [3,13].

Інтенсифікацію теплообміну для випарювання алюмінатно-лужних розчинів під вакуумом проведено двома способами: впливом на режим течії потоку в нагрівних трубках апарата; створенням по всій довжині трубок падаючої плівки. Штучна турбулізація потоку завдяки піддуванню пароповітряної суміші в трубки вплинула на режим течії потоку, дозволила підвищити коефіцієнт теплопередачі в нагрівних трубах апарата на 25% . Створення падаючої плівки по всій довжині трубок здійснено зрошуванням розчину додатковим пристроєм. Зміненням в певних межах щільності зрошування можна уникнути відкладання осадів соди в трубках.

Проведені випробування [14] підтвердили ефективність основних концепцій, покладених в основу модернізації барометричного конденсатора та поліпшення його показників, що полягають не тільки в гранично можливому зменшенні опору парового тракту конденсатора, а й у використанні енергії охолоджувальної води, що подається в конденсатор для просування пари по апарату та одночасно для зменшення тиску і температури вторинної пари в останньому корпусі випарної установки і підвищення за рахунок цього її продуктивності по воді, що випаровується.

Під час розробки апаратів для концентрування таких розчинів слід вирішувати низку складних технічних завдань: зменшення корозійного зносу нагрівних труб при високих концентраціях розчину, запобігання заростанню нагрівних поверхонь содою та алюмосилікатами, одержання великих кристалів соди, що добре осаджуються, видалення з розчину органічних сполук.

Подальше підвищення ефективності роботи випарних батарей здійснювати не за рахунок підвищення кратності використання пари, а за

рахунок застосування теплових компресорів (метод рекомпресії пари) та технології зворотного резонансного впливу для економії пари.

Висновки.

1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що вітчизняний інгібітор Polurav CO (SI) запобігає осадженню алюмосилікатів натрію на поверхні нагрівних трубок випарних апаратів так само ефективно, як і інгібітор MAX HT-550. Проте інгібітор Polurav CO (SI) не запобігає осадженню соди на нагрівну поверхню при концентрації соди в маточному розчині понад 10 %. Запропонований інгібітор Polurav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550.

2. Виконані гідравлічні розрахунки та результати попередніх випробувань підтвердили недоцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї. Для підвищення продуктивності з 600 м³/год до 700 м³/год маточного розчину достатньо збільшити пропускну здатність самовипарника, останнього за рухом розчину, не допускаючи залуження барометричної води у другому конденсаторі.

3. Виявлено напрями інтенсифікації випарювання розчинів у глиноземному виробництві: застосування випарних установок з термокомпресією та технології зворотного резонансного впливу для економії пари, впровадження циклонно-плівкових випарних апаратів, замінення протитечійних барометричних конденсаторів прямотечійними.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на дослідника в металургійній лабораторії

Під час роботи в приміщенні лабораторії і на ділянці випарювання на дослідника процесу випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів можуть негативно впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі чинники за ГОСТ 12.0.003-74 [32]:

- можливий викид лужних розчинів, що перекачуються;
- наявність обертових і рухомих частин механізмів;
- можливість ураження електричним струмом;
- підвищена температура поверхонь трубопроводів, апаратів (понад 45°C);
- вміст у повітрі робочої зони аерозолів луку;
- виробничий шум.

При роботі в лабораторії [33-35] слід важати, що всі хімічні речовини в тому чи іншому ступеню є отруйними. За ступенем впливу на організм шкідливі речовини поділяються на чотири класи безпеки. При роботі з хімічними речовинами слід запобігти можливості їх проникнення в організм людини через легені, шкіру та рот.

Основними шкідливими чинниками в приміщенні лабораторії і ділянці випарювання розчинів є отруєння хімічними речовинами та їх сполуками в разі аварії та безпека ураження електричним струмом [35].

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці для робочого місця дослідника щодо випарювання маточних розчинів надано в табл. 4.1 [32-39].

Перевищення гранично припустимого рівня (ГПР) шуму викликає у людини підвищену втому, дратівливість. Тривале вплив підвищеного шуму з часом може викликати ослаблення слуху. На ділянці випарювання ГПР

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого та трудового процесу

№	Чинники виробничого середовища і процесу праці	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ 1-2 клас безпеки: луг	0,5	0,52	–	–	–	50
	3-4 клас безпеки гідроксид алюмінію	6,0	0,32	–	–	–	50
2	Шум, дБА	80	92	3			90
3	Неіонізуючі випромінювання: - діапазон промислової частоти, кВ/м	20	10	–	–	–	35
4	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С	15-30	29	–	6	–	100
	- швидкість руху повітря, м/с	до 0,2	0,1	–	–	–	90
	- відносна вологість повітря, %	до 75	69	–	–	–	100
5	Категорія важкості і напруженість праці	Категорія праці – середньої важкості, категорія напруженості праці – напружена					

еквівалентного шуму становить 80 дБА [32]. Якщо на робочому місці фактичний рівень шуму перевищує ГПР необхідно застосовувати засоби захисту органів слуху (вкладиші протишумні або навушники);

Характеристика лугу (розчин каустичної соди, маточний розчин, випарений розчин). Лужні розчини діють припікаюче на шкірні покриви та слизові оболонки. Гранично припустимі концентрації (ГПК) аерозолів лугу у повітрі робочої зони становить 0,5 мг/м³ [34]. Луг може викликати опіки та

хронічні захворювання шкірних покривів та слизових оболонок. Особливо небезпечно попадання лугу в очі.

Таким чином, проведений аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок про перевищення нормативного показнику по рівню шуму і вмісту аерозолів лугу. Все це дозволяє віднести умови праці в металургійній лабораторії під час дослідження випарювання розчинів до середньої важкості до Па класу. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і важкими умовами праці.

4.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища

Для поліпшення умов праці та очищення повітря лабораторію потрібно обладнати загальнообмінною примусовою вентиляцією, а місця можливого накопичення шкідливих хімічних речовин – витяжними шафами.

Всі роботи з хімічними газоподібними речовинами, а також леткими рідинами або тими, які димлять слід проводити тільки у витяжних шафах. Під тягою слід розмістити також сушильні шафи, в яких проводять сушіння речовин від органічних розчинників. Для створення достатнього освітлення витяжні шафи повинні бути обладнані світильниками у вибухобезпечному виконанні. Штепсельні розетки і вимикачі повинні бути розташовані поза витяжною шафою [40]. Постійно діюча вентиляція повинна забезпечувати п'ятиразовий повітрообмін.

Для створення і автоматичної підтримки оптимальних значень температури, вологості і швидкості руху повітря в холодну пору року в лабораторії потрібно використовувати водяне опалення, в теплу пору року застосовувати для охолодження повітря кондиціонери, які за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримують в приміщенні задані параметри повітряного середовища.

Для того щоб поліпшити природне освітлення лабораторії, що здійсню-

ється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці слід застосовувати також й штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають за потреби, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які трапляються при проведенні дослідження особливостей випарювання, надано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів [41]

Найменування шкідливого виробничого фактору	Параметр (норма)	Значення параметра на робочому місці	Характер дії на організм людини	Засоби захисту
Електричний струм	0,01А	Опір заземлення має бути не більше 10 Ом, опір ізоляції по паспорту на устаткування	Електрошок, електротравма, електроудар, термічні опіки тіла, зупинка роботи серця і дихання	Діелектричні рукавиці
Шум	80 дБА	92 дБА	Підвищена втома, дратливість, ослаблення слуху	Вкладиші протишумні або навушники
Аерозолі лугу	0,50 мг/м ³	0,52 мг/м ³	Опіки та хронічні захворювання шкірних покривів та слизових оболонок. Особливо небезпечно попадання лугу в очі	Спецодяг, спецвзуття, захисні окуляри, захисну каску, балончик з 2 % розчином борної кислоти

Джерело: Електрична піч опору, муфільна електропіч.

Заходи запобігання: Корпуси печей мають бути надійно заземленими.

Строго стежити за станом електроізоляції і заземлення устаткування.

Всі поверхні устаткування мають бути чистими і сухими.

Для захисту і попередження шкідливої дії хімічних речовин слід застосовувати засоби індивідуального захисту (халат, нарукавники, рукавиці гумові, рукавиці бавовняні, захисні окуляри), виконувати правила гігієни і працювати під витяжною шафою.

Перед початком роботи досліднику слід перевірити та упорядкувати спецодяг, спецвзуття, захисні окуляри, захисну каску, балончик з 2 % розчином борної кислоти [35-39].

Під час роботи з кислотою додатково використовувати: гумові рукавички; костюм із кислотостійкої тканини (вовняний); фартух прогумований; балончик з 2 % розчином соди.

4.3 Виробнича санітарія

Мікроклімат визначається сукупністю фізичних параметрів повітряного середовища, таких як температура, швидкість руху, вологість і барометричний тиск повітря, температура поверхонь, що оточують людину, та інтенсивність інфрачервоного випромінювання. Кількість тепла, що утворюється в організмі людини, залежить від фізичних навантажень, а рівень тепловіддачі – від мікрокліматичних умов, переважно температури повітря.

Освітлення виробничих приміщень. Вплив світла спостерігається на функцію зору та на діяльність організму в цілому (посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу). Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски – тимчасове засліплення.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним [38]. Для створення сприятливих умов зорової роботи

для виконання роботи середньої точності використовуємо такі норми освітлення, які зазначені в табл. 4.3 і табл. 4.4.

Таблиця 4.3 – Нормовані значення природного освітлення для виробничих процесів за СНіП І-4-79

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту для розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Коефіцієнт природного освітлення e_n , %	
			При верхньому і комбінованому освітленні	При звичайному освітленні
Середньої точності	0,5-0,1	IV	3,6	1,4

Таблиця 4.4 – Норми освітлення штучним світлом за СНіП ІІ-4-79

Характеристика роботи	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд роботи	Під-розряд роботи	Контраст об'єкта з фоном	Фон	Найменше освітлення, Лк			
						При газорозрядних		При лампах розжарювання	
						Комбіноване	Загальне	Комбіноване	Загальне
Середньої точності	0,5-1	IV	Г	Великий	Світлий	300	150	300	100

Вентиляція є сукупністю заходів і пристроїв, необхідних для забезпечення заданої якості повітряного середовища в робочих приміщеннях. В умовах виробництва вентиляція може бути: природна та механічна (за способом переміщення повітря), місцева та загальна (за формою організації повітрообміну). Вентиляційні установки можуть бути витяжними, що призначені для видалення повітря, та припливними, які здійснюють подачу повітря [].

Повітрообмін при природній вентиляції відбувається за рахунок різниці температур, а отже, і питомої маси повітря всередині виробничого приміщення і поза ним. Природна вентиляція виробничих приміщень може бути неорганізованою (провітрювання) і організованою (аерація). На відміну від природної механічна дозволяє виробляти попередню обробку припливного повітря (зволоження, нагрів або охолодження і очищення). Загальна

вентиляція застосовується коли шкідливі речовини, надлишкове тепло і волога виділяються розосереджено по всьому робочому приміщенню і видалити їх за допомогою місцевих відсмоктувань технічно не можливо, а також в тих випадках, коли необхідно розбавити до ГДК залишки повітря, що не видаляється місцевими відсмоктуваннями. Рециркуляція повітря в системах припливно-витяжної вентиляції застосовується в холодну і перехідну пору року. При рециркуляції частина повітря, що видаляється з приміщення після відповідного очищення від шкідливих речовин, знову прямує в приміщення.

Висновки. Проведений аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок про перевищення нормативного показнику по рівню шуму, вміст лугу та його аерозолів. Все це дозволяє віднести умови праці в лабораторії і на ділянці випарювання під час дослідження випарювання розчинів до середньої важкості до ІІа класу. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і важкими умовами праці.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Організація виконання науково-дослідницької роботи

5.1.1 Планування етапів науково-дослідницької роботи

Планування науково-дослідницької роботи (НДР) включає визначення складу та послідовності виконання етапів і робіт по них, їх трудомісткості, тривалості і календарних строків виконання [42,43].

У проведенні дослідження щодо випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів можна виділити наступні етапи, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Етапи НДР з дослідження випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів

Номер етапу	Етап НДР	Зміст етапу
1	Літературний огляд і постановка задачі	1.1 Видача завдання. 1.2 Збір, вивчення, аналіз інформації по вітчизняним й закордонним джерелам. 1.3 Узгодження й твердження мети й завдання дослідження. 1.4 Виявлення можливих напрямків дослідження. 1.5 Затвердження програми дослідження. 1.6 Вибір состава виконавців.
2	Теоретичні дослідження	Розробка методики дослідження
3	Експериментальні дослідження	Проведення досліджень щодо випарювання маточних алюмінатно-лужних розчинів
4	Узагальнення й оцінка результатів дослідження	4.1 Аналіз й обробка експериментальних даних 4.2 Виконання графічної частини
5	Завершальний	5.1 Приймання дослідницької роботи 5.2 Захист дослідницької роботи

5.1.2 Визначення трудомісткості виконання НДР

Для визначення трудомісткості запланованих робіт найбільш часто застосовується метод імовірних оцінок. Його суть полягає в тому, що безпосередній виконавець робіт оцінює максимальну $T_{\max i}$ і мінімальну $T_{\min i}$ трудомісткість роботи. На основі цих оцінок визначається очікувана трудомісткість $T_{\text{оч}i}$ (чол.днів) робіт за формулою [43]:

$$T_{\text{оч}i} = \frac{3T_{\min i} + 2T_{\max i}}{5}, \quad (5.1)$$

де $T_{\max i}$ – максимальна трудомісткість роботи;

$T_{\min i}$ – мінімальна трудомісткість роботи;

$T_{\text{оч}i}$ – очікувана трудомісткість.

Визначаємо трудомісткість першого етапу:

$$T_{\text{оч}1} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10}{5} = 8 \text{ чол.днів.}$$

Визначаємо трудомісткість другого етапу:

$$T_{\text{оч}2} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 7 \text{ чол.днів.}$$

Визначаємо трудомісткість третього етапу:

$$T_{\text{оч}3} = \frac{3 \cdot 22 + 2 \cdot 26}{5} = 24 \text{ чол.днів.}$$

Визначаємо трудомісткість четвертого етапу:

$$T_{\text{оч}4} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10}{5} = 9 \text{ чол.днів.}$$

Визначаємо трудомісткість п'ятого етапу:

$$T_{\text{оч}5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} = 5 \text{ чол.} \cdot \text{днів.}$$

5.1.3 Визначення числа виконавців НДР

У таблиці 5.2 наведена кількість виконавців необхідних для виконання НДР.

Таблиця 5.2 – Кількість виконавців НДР

Номер етапу	Виконавець НДР	Кількість виконавців
1	Дослідник	1
2	Дослідник, провідний інженер	2
3	Дослідник, провідний інженер, старший науковий співробітник, лаборант-вимірник	4
4	Дослідник, провідний інженер	2
5	Дослідник	1

5.1.4 Розрахунок тривалості етапів НДР

Тривалість етапів дослідження $t_{\text{оч}i}$ розраховується за формулою:

$$t_{\text{оч}i} = \frac{T_{\text{оч}i}}{P_i \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (5.2)$$

де $T_{\text{оч}i}$ – очікувана трудомісткість виконання даної роботи, чол.-днів;

P_i – кількість виконавців, чол.;

$K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт виконання норми, $K_{\text{вн}}=0,95$.

Тривалість 1 етапу:

$$t_{\text{оч1}} = \frac{8}{1 \cdot 0,95} = 8,42 \approx 8 \text{ дн.}$$

Тривалість 2 етапу:

$$t_{\text{оч2}} = \frac{7}{2 \cdot 0,95} = 3,68 \approx 4 \text{ дн.}$$

Тривалість 3 етапу:

$$t_{\text{оч3}} = \frac{24}{4 \cdot 0,95} = 6,32 \approx 6 \text{ дн.}$$

Тривалість 4 етапу:

$$t_{\text{оч4}} = \frac{9}{2 \cdot 0,95} = 4,74 \approx 5 \text{ дн.}$$

Тривалість 5 етапу:

$$t_{\text{оч5}} = \frac{5}{1 \cdot 0,95} = 5,26 \approx 5 \text{ дн.}$$

5.1.5 Побудова стрічкового графіка проведення науково-дослідної роботи

При невеликій кількості робіт з етапів і виконавців, основним документом планування виконання НДР є стрічковий графік.

Відрізком горизонтальної прямої показується тривалість етапу роботи від першого до останнього дня роботи. За розрахованими даними будемо стрічковий графік, що наведений у табл. 5.3.

Загальна тривалість робіт склала 28 днів.

5.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження

Кошторисну калькуляцію складають на весь обсяг робіт по темі. Для визначення витрат для проведення дослідження необхідно розрахувати:

- витрати на основні матеріали;
- витрати на заробітну плату;
- витрати на амортизацію використаного обладнання;
- витрати на електроенергію;
- накладні витрати.

5.2.1 Розрахунок витрат на основні матеріали

У дану статтю включаються всі витрати на придбання матеріалів, покупних виробів і напівфабрикатів, необхідних для безпосереднього виконання роботи з теми.

Транспортно-заготівельні витрати $S_{ТЗ}$ становлять 2 % від суми основних матеріалів і розраховуються по формулі:

$$S_{ТЗ} = \frac{\sum S_M \cdot 2}{100}, \quad (5.3)$$

де S_M – витрати на основні матеріали, грн.

$$S_{ТЗ} = \frac{38400,00 \cdot 2}{100} = 768,00 \text{ грн.},$$

де 36200,00 – сума витрат на основні матеріали, грн.

Витрати на основні матеріали при виконанні НДР показано в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок вартості матеріалів по НДР

Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за кг, грн	Усього витрат, грн
Їдкий натр	кг	50,0	148,00	7400,00
Пара	м ³	7000	2,40	16800,00
МАХ НТ-550	кг	1,0	10000,00	10000,00
Ролурав СО (SI)	кг	1,0	4200,00	4200,00
Транспортно-заготівельні витрати				768,00
Разом				39168,00

5.2.2 Розрахунок витрат на амортизацію обладнання

Витрати на амортизацію $S_{ам}$ використаного при дослідженнях обладнання визначаються за формулою:

$$S_{ам} = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_{амі}}{100} \cdot K_i \cdot \frac{T_{др}}{T_p}, \quad (5.4)$$

де $\alpha_{амі}$ – норма амортизаційних відрахувань для даного виду обладнання або приладу приймаємо 15 %;

K_i – вартість обладнання або приладу i -го виду, грн;

$T_{др}$ – тривалість використання даного i -го виду обладнання або приладу в дослідницькій роботі, години;

T_p – можливе число годин використання обладнання або приладів на протязі року.

При однозмінній роботі T_p приймається 2000 годин.

Розрахунок витрат на амортизацію обладнання й приладів наведений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Витрати на амортизацію обладнання

Найменування обладнання	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн.	Норма амортизації, %	Тривалість використання, год.	Усього, грн.
Випарна батарея	1	50000000	10	30	75000,00
Самовипарники	5	90000	15	30	1012,50
Разом					76012,50

5.2.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Вартість електроенергії S_e витраченої на проведення дослідження визначають за формулою:

$$S_e = \sum_{i=1}^N T_e \cdot N_{ci} \cdot T_{vi} \cdot m_i, \quad (5.5)$$

де T_e – тариф за кожен споживаний кВт/годину, грн;

N_{ci} – середня споживана потужність і-го виду обладнання, кВт;

T_{vi} – час використання і-го виду обладнання або приладу, година/цикл;

m_i – кількість обладнання і-го виду, примірників.

Тариф за 1 кВт електроенергії з урахуванням ПДВ становить 2,40 грн.

Розрахунок витрат на електроенергію та природний газ наведений у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Витрати на електроенергію та природний газ

Найменування обладнання	Кількість одиниць	Одиниця виміру	Потужність, кВт	Число годин використання, год.	Тариф за 1кВт-год, грн.	Усього витрат, грн.
Випарна батарея	1	м ³	885,0	30	2,40	63720,00
Самовипарники	5	кВт	27,0	30	2,40	9720,00
Разом						73440,00

5.2.4 Розрахунок заробітної плати й відрахувань

У розрахунок заробітної плати входять наступні статті: основна заробітна плата наукових, інженерно-технічних і допоміжних працівників, зайнятих виконанням робіт з теми; додаткова заробітна плата, що включає виплати по оплаті чергових і додаткових відпусток, на виконання державних і суспільних доручень, винагороди.

Величина заробітної плати по темі може бути розрахована за формою представленої в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Величина заробітної плати

Виконавець	Кількість, чол.	Оклад, грн.	Тривалість, дні	Оплата праці, грн.
Провідний інженер	1	12000	15	8571,43
Лаборант	1	7600	6	2171,43
Старший науковий співробітник	1	16000	6	4571,43
Разом				15314,29

Заробітна плата виконавців НДР $Z_{\text{осн}}$ розраховується за формулою:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{Z_{\text{окл}}}{T_{\text{міс}}} \cdot T_{\text{ет}}, \quad (5.6)$$

де $Z_{\text{окл}}$ – посадовий оклад, грн;

$T_{\text{міс}}$ – кількість робочих днів у місяці, днів;

$T_{\text{ет}}$ – тривалість певного етапу, днів.

Заробітна плата провідного інженера $Z_{\text{осн}}^{\text{і-к}}$:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{і-к}} = \frac{12000}{21} \cdot 15 = 8571,43 \text{ грн.}$$

Заробітна плата лаборанта-технолога $Z_{\text{осн}}^{\text{л-в}}$:

$$З_{\text{осн}}^{\text{л-г}} = \frac{7600}{21} \cdot 6 = 2171,43 \text{ грн.}$$

Заробітна плата старшого наукового співробітника $З_{\text{осн}}^{\text{пл.}}$:

$$З_{\text{осн}}^{\text{с.н.с.}} = \frac{16000}{21} \cdot 6 = 4571,43 \text{ грн.}$$

Премія $З_{\text{пр}}$ становить 20 % від основної заробітної плати і розраховується за формулою:

$$З_{\text{пр}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot 20}{100}. \quad (5.7)$$

Премія виконавців НДР:

$$З_{\text{пр}}^{\text{i-к}} = \frac{8571,43 \cdot 20}{100} = 1714,29 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{пр}}^{\text{л-г}} = \frac{2171,43 \cdot 20}{100} = 434,29 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{пр}}^{\text{с.н.с.}} = \frac{4571,43 \cdot 20}{100} = 914,29 \text{ грн.}$$

Загальна заробітна плата виконавців НДР розраховується по формулі:

$$З_{\text{заг}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{пр}} + З_{\text{дод}}, \quad (5.8)$$

де $З_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата виконавців (10 % від $(З_{\text{осн}} + З_{\text{пр}})$).

$$З_{\text{заг}} = 15314,29 + 1837,72 = 17152,01 \text{ грн.}$$

Нарахування на фонд оплати праці $З_{\text{нар}}^{\text{ФОП}}$ становить 37,5 %:

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФОП}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 37,5}{100}. \quad (5.9)$$

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФОП}} = \frac{17152,01 \cdot 37,5}{100} = 6432,00 \text{ грн.}$$

З них:

– у фонд державного соціального страхування $З_{\text{нар}}^{\text{ФДСС}}$ становить 2,5 %:

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФДСС}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 2,5}{100}. \quad (5.10)$$

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФДСС}} = \frac{17152,01 \cdot 2,5}{100} = 428,80 \text{ грн.};$$

– у пенсійний фонд $З_{\text{нар}}^{\text{ПФ}}$ становить 32 %:

$$З_{\text{нар}}^{\text{ПФ}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 32,0}{100}. \quad (5.11)$$

$$З_{\text{нар}}^{\text{ПФ}} = \frac{17152,01 \cdot 32,0}{100} = 5488,64 \text{ грн.};$$

– у фонд безробіття $З_{\text{нар}}^{\text{ФБ}}$ становить 1,5 %:

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФБ}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 1,5}{100}. \quad (5.12)$$

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФБ}} = \frac{17152,01 \cdot 1,5}{100} = 257,28 \text{ грн.};$$

– у фонд соціального страхування від нещасного випадку $З_{\text{нар}}^{\text{ФНВ}}$ становить 1,5 %:

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФНВ}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 1,5}{100}. \quad (5.13)$$

$$З_{\text{нар}}^{\text{ФНВ}} = \frac{17152,01 \cdot 1,5}{100} = 257,28 \text{ грн.}$$

5.2.5 Накладні витрати

Накладні витрати $H_{\text{в}}$ становлять 40 % від фонду оплати праці:

$$H_{\text{в}} = \frac{З_{\text{заг}} \cdot 40}{100}. \quad (5.14)$$

$$H_B = \frac{17152,01 \cdot 40}{100} = 6860,80 \text{ грн.}$$

5.2.6 Зведений кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Кошторис витрат на науково-дослідну роботу визначається на весь обсяг виконаних робіт.

Кошторис витрат наведений у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи

Статті витрат	Усього витрат	
	грн.	%
1. Витрати на матеріали	39168,00	17,88
2. Основна заробітна плата	15314,29	6,99
3. Додаткова заробітна плата	1837,72	0,84
4. Нарахування на фонд оплати праці (37,5 %):	6432,00	2,94
– на держ. соцстрах (2,5 %)	428,80	0,20
– пенсійний фонд (32 %)	5488,64	2,50
– у фонд безробіття (1,5 %)	257,28	0,12
– у фонд соц. страхування від нещасного випадку (1,5 %)	257,28	0,12
5. Амортизаційні відрахування	76012,50	34,70
6. Витрати на електроенергію	73440,00	33,52
7. Накладні витрати	6860,80	3,13
Разом	219065,31	100,00

В результаті проведення науково-дослідної роботи в організаційній частині був побудований стрічковий календарний план. Загальна тривалість виконання науково-дослідної роботи склала 28 днів. В економічній частині розрахований зведений кошторис витрат на проведення науково-дослідницької роботи. Загальні витрати на проведення роботи склали 219065,31 грн.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано особливості випарювання розчинів у глиноземному виробництві. Встановлено, що на випарювання алюмінатно-лужних розчинів впливають такі фактори: концентрація лугу у розчині, в'язкість, крупність осаду, температура процесу, домішки, присутні у алюмінатно-лужному розчині.

2. Проаналізовано конструкції випарних апаратів і причини погіршення теплопередачі під час випарювання маточного розчину. Встановлено, що під час розробки апаратів для випарювання розчинів слід вирішувати низку складних технічних завдань: зменшення корозійного зносу нагрівних труб при високих концентраціях розчину, запобігання заростанню нагрівних поверхонь содою та алюмосилікатами, одержання великих кристалів соди, що добре осаджуються, видалення з розчину органічних сполук.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено, що вітчизняний інгібітор Polurav CO (SI) запобігає осадженню алюмосилікатів натрію на поверхні нагрівних трубок випарних апаратів так само ефективно, як і інгібітор MAX HT-550. Проте інгібітор Polurav CO (SI) не запобігає осадженню соди на нагрівну поверхню при концентрації соди в маточному розчині понад 10 %. Запропонований інгібітор Polurav CO (SI) поступається інгібітору MAX HT-550.

4. Виконані гідравлічні розрахунки та результати попередніх випробувань підтвердили недоцільність розширення розчинних та парових ліній у системі багатоступінчастого самовипарювання розчину у випарній батареї. Для підвищення продуктивності з 600 м³/год до 700 м³/год маточного розчину достатньо збільшити пропускну здатність самовипарника, останнього за рухом розчину, не допускаючи залуження барометричної води у другому конденсаторі.

5. Виявлено напрями інтенсифікації випарювання розчинів у глиноземному виробництві: застосування випарних установок з термокомпресією та технології зворотного резонансного впливу для економії

пари, впровадження циклонно-плівкових випарних апаратів, замінення протитечійних барометричних конденсаторів прямотечійними.

6. Проведений аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок про перевищення нормативного показнику по рівню шуму, вміст луку та його аерозолів. Все це дозволяє віднести умови праці в лабораторії і на ділянці випарювання під час дослідження випарювання розчинів до середньої важкості до Па класу. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і важкими умовами праці.

7. В результаті проведення науково-дослідної роботи в організаційній частині побудований стрічковий календарний план. Загальна тривалість виконання науково-дослідної роботи склала 28 днів. В економічній частині розрахований зведений кошторис витрат на проведення науково-дослідницької роботи. Загальні витрати на проведення роботи склали 219065,31 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Litvinova T. E., Vasilyev V. V., Fedorov A. T. Development the means of modeling the processes and the systems of alumina production. *Non-Ferrous Metals & Minerals – 2019* : Book of Papers of the Eleventh International Congress (September 16-20, 2019). Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2020. P. 126–132.
2. Шелегін А. В., Нестеренко Т. М. Особливості випарювання розчинів у виробництві глинозему. *Молода наука-2022* : матеріали XV університетської наук.-техн. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, м.Запоріжжя, 18-22 квіт. 2022 р. Т. 5. Запоріжжя, 2022. С. 120–121.
3. Шелегін А. В., Нестеренко Т. М. Про випарювання розчинів у глиноземному виробництві. *Актуальні питання сталого розвитку науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. за участю молодих науковців, м.Запоріжжя, 18-20 жовт. 2022 р. Запоріжжя : ЗНУ, 2022. С. 237–238.
4. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 190 с.
5. Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А. *Металлургия легких металлов* : учебник. Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. 416 с.
6. Иванов А. И., Насекан Ю. П., Иванова Л. П. *Технология производства глинозема* : монография. Запорожье : ЗГИА, 2005 . 262 с.
7. *Металлургия алюминия* : учеб. пособие / Ю. В. Борисоглебский и др. Новосибирск : Наука, 1999. 438 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi12/0009536.djvu> (дата звернення: 11.09.2022).
8. Иванов А. И. *Производство глинозема*. Николаев : НГЗ, 1998. 140 с.
9. Нестеренко Т. М., Червоний І. Ф., Грицай В. П. *Теоретичні основи гідрометалургійних процесів* : підручник. Київ : Вища школа, 2013. 408 с.

10. Логинова И. В., Кырчаков А. В., Пенюгалова Н. П. Технология производства глинозема ; под общ. ред. И. В. Логиновой : учеб. пособ. Екатеринбург : УУ, 2015. 336 с.
11. Троицкий И. А., Железнов В. А. Металлургия алюминия. Москва : Metallurgy, 1977. 392 с.
12. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Москва : Химия, 1973. 752 с.
13. Вислякова Л. Ф., Свинин П. А., Чернабук Ю. Н. Мощная пятикорпусная выпарная батарея для концентрирования кристаллизующих растворов. *Цветные металлы*. 2000. № 2. С.43–46.
14. Прямопоточный барометрический конденсатор / В. А. Никулин и др. *Цветные металлы*. 2008. № 1. С.51–55.
15. Perestoronin A. V., Tokarev G. V., Pechyonkin M. N., Mitrofanova E. N. Study of crystal growth of recycled soda at Bogoslovsk refinery. *Non-Ferrous Metals & Minerals – 2017 : Book of Papers of the International Congress, XXIII Conference “Aluminium of Siberia”*. Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2017. P. 71–77.
16. Yang Ni, Inwei Bai Combined leaching-evaporation process at the CHALIECO GAMI alumina refinery. *Non-Ferrous Metals & Minerals – 2019 : Book of Papers of the Eleventh International Congress (September 16-20, 2019)*. Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2020. P. 183–187.
17. Francois Delannoy. Mechanical vapour recompressor of recycled liquors. *Non-Ferrous Metals & Minerals – 2019 : Book of Papers of the Eleventh International Congress (September 16-20, 2019)*. Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2020. P. 173–182.
18. Ронкин В. М., Ковзель В. М. Подогреватели для накипеобразующих растворов. *Non-Ferrous Metals of Siberia 2009 : Book of Papers of the First International Congress of Siberia*. Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2009. P. 160–161.
19. Malofeev M.N. , et. Al. Improvement of spent liquor evaporation technology at BAZ. *Non-Ferrous Metals & Minerals – 2019 : Book of Papers of the Eleventh*

- International Congress (September 16-20, 2019). Krasnoyarsk : Science and Innovation Center Publishing House, 2020. P. 43–54.
20. ТИ 89:2012. Процесс концентрации маточного раствора : Технологическая инструкция ООО «Николаевский глиноземный завод» / В. В. Красноярский, Е. В. Ковалев. [Чинна від 2012-03-01]. Николаев : ООО «НГЗ», 2012. 24 с.
 21. ТРП 89.001:2015. Управление процессом пуска выпарной батареи : Техническое руководство процессом ООО «Николаевский глиноземный завод» / В. В. Жмурков, Д. Ю. Каширов. [Чинна від 2015-04-02]. Николаев : ООО «НГЗ», 2015. 9 с.
 22. ТРП 89.002:2012. Управление процессом остановки выпарной батареи : Техническое руководство процессом ООО «Николаевский глиноземный завод» / В. В. Жмурков, Д. Ю. Каширов. [Чинна від 2012-07-05]. Николаев : ООО «НГЗ», 2012. 7 с.
 23. ТИ 84:2014. Производство глинозема на Николаевском глиноземном заводе : Технологическая инструкция ООО «Николаевский глиноземный завод» / В. В. Красноярский, В. В. Жмурков. [Чинна від 2014-03-01]. Николаев : ООО «НГЗ», 2014. 43 с.
 24. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : метод. вказівки до лабораторних занять по спецкурсу. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 40 с.
 25. Нестеренко Т. М. Металургія легких металів : метод. вказівки до лабораторних занять по розділу “Металургія первинних легких металів”. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 60 с.
 26. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособ. по проектированию / Под ред. Ю. И. Дытнерского. Москва : Химия, 1985. 272 с.
 27. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков Н. А. Примеры и задачи по курсу процес сов и аппаратов химической технологи : учеб. пособ. / Под ред. П. Г. Романкова ; 9-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Химия, 1981. 560 с.
 28. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономаревой. 8-е изд., перераб. Ленинград : Химия, 1983. 232 с.
 29. Справочник химика : В 6 т. Т. III. Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы / Под ред. Б. П. Никольского и др. ; 2-е изд., перераб. и доп. Москва-Ленинград : Химия, 1965. 1008 с.

30. Воробьева Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. Москва : Химия, 1975. 844 с.
31. Кузнецов С. И., Деревянкин В. А. Физическая химия производства глинозема по способу Байера. Москва : Металлургия, 1984. 352 с.
32. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация : нормативный документ. [Чинний від 2008-03-15]. Москва : Гос. ком. СССР по стандартам, 1980. 4 с.
33. Волков В. С., Пелькис П. С. Справочник физико-химических характеристик различных веществ. Киев : Наукова думка, 1987. С.73–87.
34. Краткий справочник физико-химических величин : справочник / Н. М. Барон и др. ; под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. Ленинград : Химия, 1998. 232 с.
35. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. 2-е изд., перераб. Ленинград : Химия, 1991. 336 с.
36. Охорона праці : навч. посіб. / Я. І. Бедрій та ін. Львів : Афіша , 1997. 258 с.
37. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халимовський М. О. Основи охорони праці : підручник. Київ : Каравела, 2005. 393 с.
38. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2002. 318 с.
39. 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.
40. Правила устройства электроустановок. Москва : Энергоиздат, 1982. 89 с.
41. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ : Держгірпромнагляд України, 2001. 17 с.
42. Тюріна Н. М., Ведерніков М. Д., Капінос Г. І. Економіка промислового підприємства : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 311 с.
43. Івашенко О. М. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 31 с.

ДОДАТОК А

**ТЕЗИ НА XV УНІВЕРСИТЕТСЬКУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНУ
КОНФЕРЕНЦІЮ СТУДЕНТІВ, АСПРАНТІВ, ДОКТОРАНТІВ І
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ «МОЛОДА НАУКА-2022»**

«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

ЗБІРНИК
наукових праць студентів,
аспірантів, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2022»

Том V

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

Запоріжжя
2022

Шелегін Андрій
магістрант І курсу ІННІ ЗНУ
Наук. кер.: канд. техн. наук, доц. Нестеренко Т.М.

ОСОБЛИВОСТІ ВИПАРЮВАННЯ РОЗЧИНІВ У ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ

Випарювання є важливою ділянкою у технологічному ланцюжку одержання глинозему за способом Байера та визначає загальні техніко-економічні показники виробництва глинозему. Для концентрування маточного розчину та підготовки його до вилугування нової порції бокситу видаляють воду, додану на промивання червоного шламу і гідроксиду алюмінію. Кількість води, яку слід випарити визначається різницею між об'єктами алюмініатного та оборотного розчинів. Під час випарювання також відбувається очищення розчинів від соди, органічних сполук, гідралюмосилікату натрію, сульфату натрію та ін. Енерговитрати на випарювання лужно-алюмініатних розчинів для одержання 1 т глинозему складають від 7 ГДж до 15 ГДж [1]. Використання в глиноземному виробництві багатокорпусних установок дозволяє значно зменшити витрату пари на випарювання маточних розчинів.

Переробка на глинозем бокситів з підвищеним вмістом карбонатів і сполук сірки призводить до забруднення содою та сульфатами розчинів. Внаслідок накопичення у розчинах таких домішок виникають технологічні ускладнення при випарюванні (зокрема заростання нагріваних труб випарних апаратів осадами содо-сульфатної суміші) через погіршення теплопередачі.

Зниження витрати теплої пари на випарювання зі збереженням глибини випарювання розчинів є актуальним завданням у виробництві глинозему. Для випарювання розчинів у глиноземному виробництві використовують трубчасті випарні апарати вертикального типу, що працюють під вакуумом, серед них раціональнішими виявилися апарати з падаючою плівкою і поверхнею нагрівання до 2500 м².

При конструюванні апаратів для випарювання розчинів, що кристалізуються, щоб уникнути заростання нагріваних поверхонь було винесено зону кипіння з нагріваних труб, створено інтенсивну циркуляцію розчину та умови для зняття залишкового пересичення розчинів до надходження розчину в нагрівні трубки.

У конструкціях циклонно-плівкових апаратів з падаючою плівкою застосовано циркуляцію розчину. Розчин і пара в трубі рухаються окремими потоками, не змішуючись. Теплообмін в основному здійснюється у падаючій плівці при кипінні та нагріванні через утворення бульбашок пари. В суцільному потоці розмір і час існування бульбашок пари менші, ніж у випадку плівкового потоку. Цим пояснюється утворення більш пухких і пористих осадів при випарюванні в апаратах з падаючою плівкою.

Впровадження у виробництво глинозему таких випарних апаратів з інтенсивною теплопередачею та з поверхнею теплообміну 2500 м² дозволило комплексно вирішити завдання щодо зменшення витрати технологічної пари,

кип'ятильних труб, виробничих площ і експлуатаційних витрат на ділянку випарювання, збільшити продуктивність. Проте залишилося вирішити завдання щодо збільшення міжремонтного часу експлуатації випарних апаратів

Для підприємств, що переробляють боксити, розроблено конструкції випарних апаратів з природною і примусовою циркуляцією. Серед апаратів з природною циркуляцією та винесеною зоною кипіння найбільшого поширення набув двоходовий випарний апарат з поверхнею нагрівання 1000 м² і 1500 м². Серед апаратів з примусовою циркуляцією поширення набув циклонно-плівковий апарат, який є різновидом апарату з падаючою плівкою. Для підприємств, що переробляють нефеліни, розроблено апарати з примусовою циркуляцією та нагрівною поверхнею 1500 м² замість апаратів з нагрівною поверхнею до 800 м², що використовуються.

Застосування п'ятикорпусної випарної установки з циклонно-плівковими апаратами з падаючою плівкою та поверхнею нагрівання 2500 м² дозволяє зменшити витрату пари до 0,3 кг на 1 кг випареної води [2].

Інтенсифікацію теплообміну для випарювання лужно-алюмініатних розчинів під вакуумом проведено двома способами: впливом на режим течії потоку в нагріваних трубах апарата; створенням по всій довжині трубок падаючої плівки. Штуarna турбулізація потоку завдяки піддуванню пароповітряної суміші в трубки вплинула на режим течії потоку, дозволила підвищити коефіцієнт теплопередачі в нагріваних трубах апарата на 25 %. Створення падаючої плівки по всій довжині трубок здійснено зрошуванням розчину додатковим пристроєм. Зміненням в певних межах щільності зрошування можна уникнути відкладання осадів соди в трубах.

Таким чином, під час розробки апаратів для концентрування таких розчинів слід вирішувати низку складних технічних завдань: зменшення корозійного зносу нагріваних труб при високих концентраціях розчину, запобігання заростанню нагріваних поверхонь содою та алюмосилікатами, одержання великих кристалів соди, що добре осаджуються, видалення з розчину органічних сполук.

Висновки.
1. Проаналізовано конструкції випарних апаратів і причини погіршення теплопередачі під час випарювання маточного розчину.

2. Виявлено напрямки інтенсифікації випарювання розчинів у виробництві глинозему.

Література

1. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДА, 2008. 190 с.
2. Пятикорпусная выпарная батарея для алюминатных растворов с повышенным содержанием соды / АО «Всероссийский алюминиево-магнийный институт». URL: <https://project.vami.spb.ru> (дата звернення: 15.02.2022).

ДОДАТОК Б

ТЕЗИ НА ІІ ВСЕУКРАЇНСЬКУ НАУКОВО-ПРАКТИЧНУ
КОНФЕРЕНЦІЮ ЗА УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦЕВ
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО- ТЕХНІЧНОГО
ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ» (18-20 жовтня 2022 року)

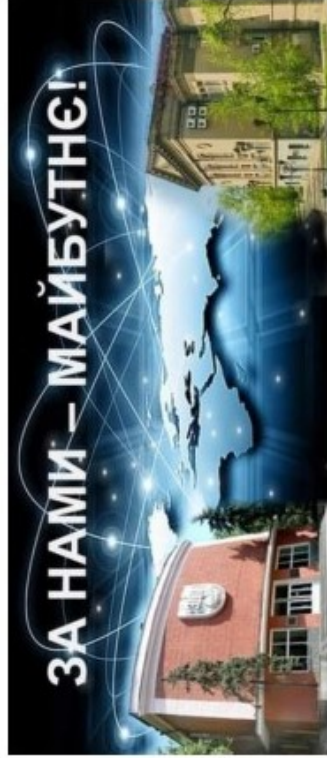
Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет

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



МАТЕРІАЛИ

II ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА
УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»



Запоріжжя
2022

Матеріали представлені у авторській редакції. Автори несуть повну відповідальність за зміст тез, а також добір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

Оргкомітет конференції.

Коректор: Бєлоконь К.В.

МАТЕРІАЛИ
II ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА
УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»

18-20 жовтня 2022 року

Для вивчення впливу відповідних параметрів валків і опорних роликів на жорсткість валкового вузла в роботі застосовувалося математичне планування експерименту по методу Уілсона - Боксу.

Результатом роботи стала побудова номограм оптимізації діаметрів валків, рекомендації по отриманню мінімальної товщини штаби.

Список використаних джерел

1. Yavtushenko A.V., Protzenko V.M., Belokon' Y.A., Bondarenko Y.V. Productivity optimization of cold rolling mills. *Steel in Translation*. 2020. 50(5). P. 335-339.
2. Серєда Б.П., Кругляк І.В., Бєлоконь Ю.О., Жеребцов О.А. Розробка номограм оптимізації діаметрів валків на багатовалкових станах холодної прокатки. *Обработка металлов давлением*. 2008. № 1 (19). С. 352.

УДК 669.71

Шелегін А.В., магістрант 2 курсу

Науковий керівник – к.т.н., доцент Нестеренко Т.М.

ПРО ВИПАРЮВАННЯ РОЗЧИНІВ У ГЛІНОЗЕМНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Виробництво глинозему з бокситів за гідрохімічним лужним способом Байєра є замкненим циклом по розчиннику [1]. Актуальним завданням у глиноземному виробництві є зниження витрати теплоти на випарювання зі збереженням глибини випарювання розчинів.

Вода в процес Байєра надходить разом з вологою боксенту, водою, що йде на промивання червоного шלאму та гідроксиду алюмінію, у вигляді конденсату гострої пари у разі обігрівання автоклавів гострою парою. Вода з процесу Байєра видаляється з парою самовипарювання під час охолодження автоклавної пульпи; з червоним шלאмом, що направляють у відвал; з гідроксидом алюмінію, що піддають кальцинації, та під час випарювання. Кількість води, що видаляється за першими трьома напрямками порівняно невелика, тому основну кількість води, що потрапляє в процес, видаляють під час випарювання маточного розчину. За практичними даними визначено, що під час переробки діаспоро-бемітових бокситів за способом Байєра доводиться на 1 т глинозему випарювати до 7 т води, що необхідна для розбавлення автоклавної пульпи [2]. Значна частина такої води у вигляді барометричного конденсату повертається у процес. Випарювання супроводжується також очищенням розчинів від солей, органічних домішок, гідралюмосилікату натрію, сульфату натрію та інших солей.

Інтенсифікацію теплообміну у випарних установках з циклонно-плівковими апаратами та падаючою плівкою для випарювання лужно-

237

алюмінатних розчинів під вакуумом проведено впливом на режим течії потоку в нагрівних трубах апарата та створенням по всій довжині трубок падаючої плівки.

Висновки.

1. Проаналізовано особливості випарювання розчинів у глиноземному виробництві.
2. Виявлено напрями інтенсифікації випарювання розчинів у глиноземному виробництві.

Список використаних джерел

1. Насєкан Ю.П. Виробництво глинозему: навч. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. 190 с.
2. Иванов А.И., Насєкан Ю.П., Иванова Л.П. Технологія производства глинозема: монографія. Запорожье: ЗГИА, 2005. 262 с.

УДК 621.771 (076)

Шибєко М.П., магістрант 2 курсу,

Науковий керівник – к.т.н., доцент Проценко В.М.

СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ ШТАБА ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ НА НЕПЕРЕВНОМУ СТАНІ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

До основних показників якості гарячекатаних штаб відносяться точність геометричних розмірів та рівень механічних властивостей металу. Діючі стандарти обумовлюють допустимі відхилення по товщині і ширині штаб, а також відхилення від площинності. Актуальність роботи полягає у зменшенні поля розкиду розмірів штаб, що дозволяє заощаджувати значну кількість металу. До металу, призначеного для подальшої холодної прокатки (підкагу), пред'являються особливо високі вимогами. Норми, передбачені, наприклад, у ГОСТ 19903, не забезпечують стабільність процесу холодної прокатки та високу якість готової продукції. Насамперед додаткові вимоги відносяться до профілю поперечної перетину гарячекатаних штаб.

Досвід показує [1], що найбільш раціональна форма поперечного перерізу гарячекатаного штабового підкагу – сочевцеподібна. Випуклість профілю повинна становити 0,05-0,12 мм залежно від ширини, товщини та призначення холоднокатаних штаб. Так, підкат для жерсті шириною 700-900 мм повинен мати опуклість трохи більше 0,05 мм, для автомобільного листа – 0,08 мм. Максимальна опуклість підкагу товщиною до 3 мм, шириною до 1250 мм – 0,08 мм, товщиною понад 3 мм та шириною від 1250 до 1500 мм – 0,12 мм. В узагальненому вигляді можна вважати, що раціональна величина опуклості

238

ДОДАТОК В

**ГРАМОТА ЗА ПІМІСЦЕ У РОБОТІ ПІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА УЧАСТЮ
МОЛОДИХ НАУКОВЦЕВ «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО
НАУКОВО- ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**



Грамота

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

НАГОРОДЖУЄТЬСЯ

Шелегін Андрій Валерійович

студент групи 8.1361-мкм-3

ЗА II МІСЦЕ

*у роботі II Всеукраїнської науково-практичної конференції за
участю молодих науковців «Актуальні питання сталого
науково-технічного та соціально-економічного розвитку
регіонів України»*

Секція «Металургія, обробка металів тиском»

26 жовтня 2022 р.

Ректор ЗНУ



Запоріжжя

М.О. Фролов

2022