

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра Металургії  
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

на тему „Аналіз та вдосконалення технології  
зведення гідроксиду алюмінію”

Виконав: студент 2 курсу, групи 8, 1369-мкм-з  
спеціальності 136 „Металургія”  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми „Металургія кольорових металів”  
(назва освітньої програми)

О. А. Агафонов

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, доцент, к.т.н. Костеренко Т. М.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф, с.н.с., д.т.н. Брутицьков Д. В.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_  
Кафедра Металургії \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Спеціальність 136 „Металургія“ \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма „Металургія карбонних металів“ \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ \_\_\_\_\_  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« 10 » жовтня 20 20 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Азарюков Олексій Андрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) „Аналіз та вдосконалення технології зневоднення гідроксиду алюмінію“

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

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » жовтня 20 20 року № 1586-С

2 Строк подання студентом роботи 30 листопада 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи Склад і властивості гідроксиду алюмінію відповідають гідроксиду алюмінію, що утворюється у виробництві шмибзону за способом Байєра

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ 1. Аналітична частина 2. Методика дослідження 3. Дослідницька частина 4. Висновок проїї та технічна безпека 5. Економічна частина Висновки Термін фізичен коштів

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. Аналітична частина - 5 л. 2. Методика дослідження - 1 л.  
3. Дослідницька частина - 5 л. 4. Висновок проїї та технічна безпека - 1 л. 5. Економічна частина - 1 л.



## 6 Консультанти розділів роботи

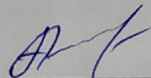
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гестеренко І. М., доцент	Месю 10.10.2020	Месю 12.10.2020
2	Гестеренко І. М., доцент	Месю 10.10.2020	Месю 30.10.2020
3	Гестеренко І. М., доцент	Месю 10.10.2020	Месю 30.10.2020
4	Гестеренко І. М., доцент	Месю 10.10.2020	Месю 21.11.2020
5	Гестеренко І. М., доцент	Месю 10.10.2020	Месю 25.11.2020

7 Дата видачі завдання 10 жовтня 2020 р.

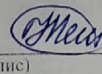
## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.10.2020	Виконано
2	Аналітична частина	20.10.2020	Виконано
3	Методика дослідження	26.10.2020	Виконано
4	Дослідницька частина	14.11.2020	Виконано
5	Варіанти праці та технічна безпека	19.11.2020	Виконано
6	Економічна частина	23.11.2020	Виконано
7	Графічна частина	30.11.2020	Виконано

Студент

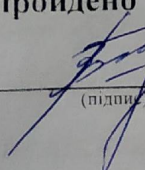
  
(підпис)D. A. Азарюков  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)

  
(підпис)І. М. Гестеренко  
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

  
(підпис)P. M. Волер  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 61 с., 22 табл., 8 рис., 27 джерел.

БАРАБАННИЙ ФІЛЬТР, ВОЛОГА, ВОЛОГИСТЬ, ГІДРАТ, ГІДРОКСИД АЛЮМІНІЮ, ГЛИНОЗЕМ, ЗНЕВОДНЮВАЧ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, РЕАГЕНТ.

Об'єкт дослідження: процес зневоднення гідроксиду алюмінію в виробництві глинозему.

Предмет дослідження: вплив технологічних умов зневоднення на зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію.

Мета роботи: дослідити особливості та вибрати технологічні умови зневоднення гідроксиду алюмінію із застосуванням зневоднювальних реагентів.

Методика дослідження: визначення вмісту твердої фази в алюмінатних розчинах та пульпі; спектральний і хімічний аналізи; визначення гранулометричного складу глинозему та гідроксиду алюмінію методом лазерної дифракції.

Одержані наслідки та їх новизна: експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність та економічність використання зневоднювачів для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію і стабілізації роботи вузла фільтрування. Для гідрату з поточними показниками гранулометричного складу експериментально обґрунтовано оптимальне еквівалентне дозування зневоднювачів: 50 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт»; 40 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача Nalko 85488.

Проведеними дослідженнями зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах 10–60 г/т глинозему встановлено, що при додаванні реагенту (50 г/т глинозему) вміст води у гідраті знижується на 2 %. Таким чином, підтверджено доцільність та економічність використання такого способу зневоднення гідроксиду алюмінію.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Виробництво глинозему за способом Байєра.....	8
1.2 Вимоги до глинозему.....	10
1.3 Зневоднення гідроксиду алюмінію. Фактори, що впливають на зневоднення гідроксиду алюмінію.....	12
1.4 Зміна характеристик оксиду алюмінію при нагріванні .....	15
2 Методика дослідження.....	19
2.1 Характеристики вихідних матеріалів і обладнання.....	19
2.2 Методика дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію, що надходить на прокалювання.....	19
2.3 Методика визначення масової концентрації оксиду алюмінію в алюмінатних, обігових розчинах, пульпах глиноземного виробництва.....	21
2.4 Методика гравіметричного визначення вмісту твердої фази в алюмінатних розчинах та пульпі.....	22
2.5 Методика визначення концентрації загального лугу.....	24
2.6 Методика визначення концентрації каустичного лугу.....	24
2.7 Методика визначення гранулометричного складу глинозему та гідроксиду алюмінію методом лазерної дифракції.....	25
3 Дослідницька частина.....	27
3.1 Про вплив зневоднювача на вміст води у гідроксиді алюмінію.....	27
3.2 Дослідження впливу зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію.....	28
3.3 Дослідження впливу зневоднювача POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію.....	33
3.4 Порівняння впливу зневоднювачів Nalko 85488 і POLYPAV-C16	

на вологість гідроксиду алюмінію.....	36
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	38
4.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на дослідника в металургійній лабораторії.....	38
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	40
4.3 Виробнича санітарія.....	42
5 Економічна частина.....	45
5.1 Організація виконання науково-дослідницької роботи.....	45
5.1.1 Планування етапів науково-дослідницької роботи.....	45
5.1.2 Визначення трудомісткості виконання НДР.....	46
5.1.3 Визначення числа виконавців НДР.....	47
5.1.4 Розрахунок тривалості етапів НДР.....	47
5.1.5 Побудова стрічкового графіка проведення науково-дослідної роботи.....	48
5.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження.....	50
5.2.1 Розрахунок витрат на основні матеріали.....	50
5.2.2 Розрахунок витрат на амортизацію обладнання.....	51
5.2.3 Розрахунок витрат на електроенергію.....	52
5.2.4 Розрахунок заробітної плати й відрахувань.....	53
5.2.5 Накладні витрати.....	55
5.2.6 Зведений кошторис витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	56
Загальні висновки.....	57
Перелік джерел посилання.....	59

## ВСТУП

Під час випалювання гідроксиду алюмінію послідовно відбуваються процеси його сушіння і прожарювання з частковою перекристалізацією  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . На якість отриманого глинозему впливає низка факторів, по-перше якість гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцинацію, а також температура і спосіб кальцинації, режим роботи печі, добавки мінералізаторів. Чистота глинозему визначається чистотою вихідного гідроксиду.

Для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію, зменшення витрати палива під час кальцинації, стабілізації роботи вузла фільтрування, підвищення продуктивності печей кальцинації і якості глинозему шляхом поліпшення відмивання гідроксиду алюмінію (зменшений вміст лугу, що відмивається) та зниження витрати води на промивання сучасні глиноземні підприємства використовують зневоднювачі [1]. Як зневоднювальні реагенти застосовують синтетичні поверхнево-активні речовини.

Реагенти в системі промивання фільтру поширено використовують у чорній металургії, проте для барабанних фільтрів почали застосовувати лише нещодавно. В промисловій практиці новітніх глиноземних підприємств використовують інші типи фільтрів (дискові, тарільчасті та ін.), в яких гостра пара (під тиском 0,6 МПа) подається на поверхню кеку без додавання будь-яких реагентів.

Таким чином, потрібно дослідити звикористання в промислових масштабах зневоднювача (реагенту) в лінії промивання конденсатної рампи.

*Мета роботи* – дослідити особливості та вибрати технологічні умови зневоднення гідроксиду алюмінію із застосуванням зневоднювальних реагентів.

*Завдання дослідження:*

1. Дослідити фактори, що впливають на зневоднення гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцинацію.

2. Експериментально дослідити особливості зневоднення гідроксиду алюмінію зневоднювачем Nalko 85488.

3. Експериментально дослідити особливості зневоднення гідроксиду алюмінію зневоднювачем POLYPAV-C16 (EO).

4. Вибрати оптимальну витрату зневоднювача за зміною вологості гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцінацію.

*Об'єкт дослідження* – процес зневоднення гідроксиду алюмінію в виробництві глинозему.

*Предмет дослідження* – вплив технологічних умов зневоднення на зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію.

*Наукова новизна:*

Експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність та економічність використання зневоднювачів для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію і стабілізації роботи вузла фільтрування.

*Практичне значення:*

1. Встановлено, що вітчизняний зневоднювач POLYPAV-C16 (EO) і закордонний зневоднювач Nalko 85488 є рівноцінними за своє дією.

2. Для гідрату з поточними показниками гранулометричного складу експериментально обґрунтовано оптимальне еквівалентне дозування зневоднювачів: 50 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт»; 40 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача Nalko 85488.

3. Проведеними дослідженнями зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах 10–60 г/т глинозему встановлено, що при додаванні реагенту (50 г/т глинозему) вміст води у гідраті знижується на 2 %.

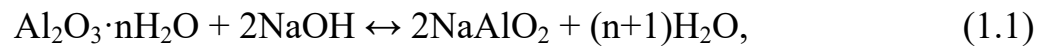
4. При дозуванні реагенту визначено незначне поліпшення відмивання гідрату на фільтрі (зменшений вміст лугу, що відмивається), зниження витрати води на промивання.



## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

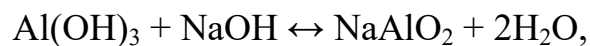
### 1.1 Виробництво глинозему за способом Байєра

Процес переробки бокситів за способом Байєра для отримання глинозему являє собою замкнутий цикл (рис. 1.1), в основі якого лежить оборотна хімічна реакція:

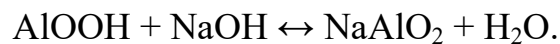


що йде в умовах вилуговування зліва направо, а в умовах декомпозиції – справа наліво:

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  $\text{Na}_2\text{O}$  не більше 150 г/л [2,3]. Для бокситів, що важко розкладаються, до складу яких входить беміт або діаспор, необхідні більш жорсткі умови вилуговування: вилуговування в автоклавах при температурі 230 °С, концентрація обігового розчину 300 г/л  $\text{Na}_2\text{O}$ , добавка вапна 3-5 % від маси бокситу. Після згущення та контрольного фільтрування з алюмінатного розчину гідролітичним розкладанням (декомпозицією) в присутності затравки гідроксиду алюмінію, отриманого в попередньому циклі, виділяють гідроксид алюмінію. 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

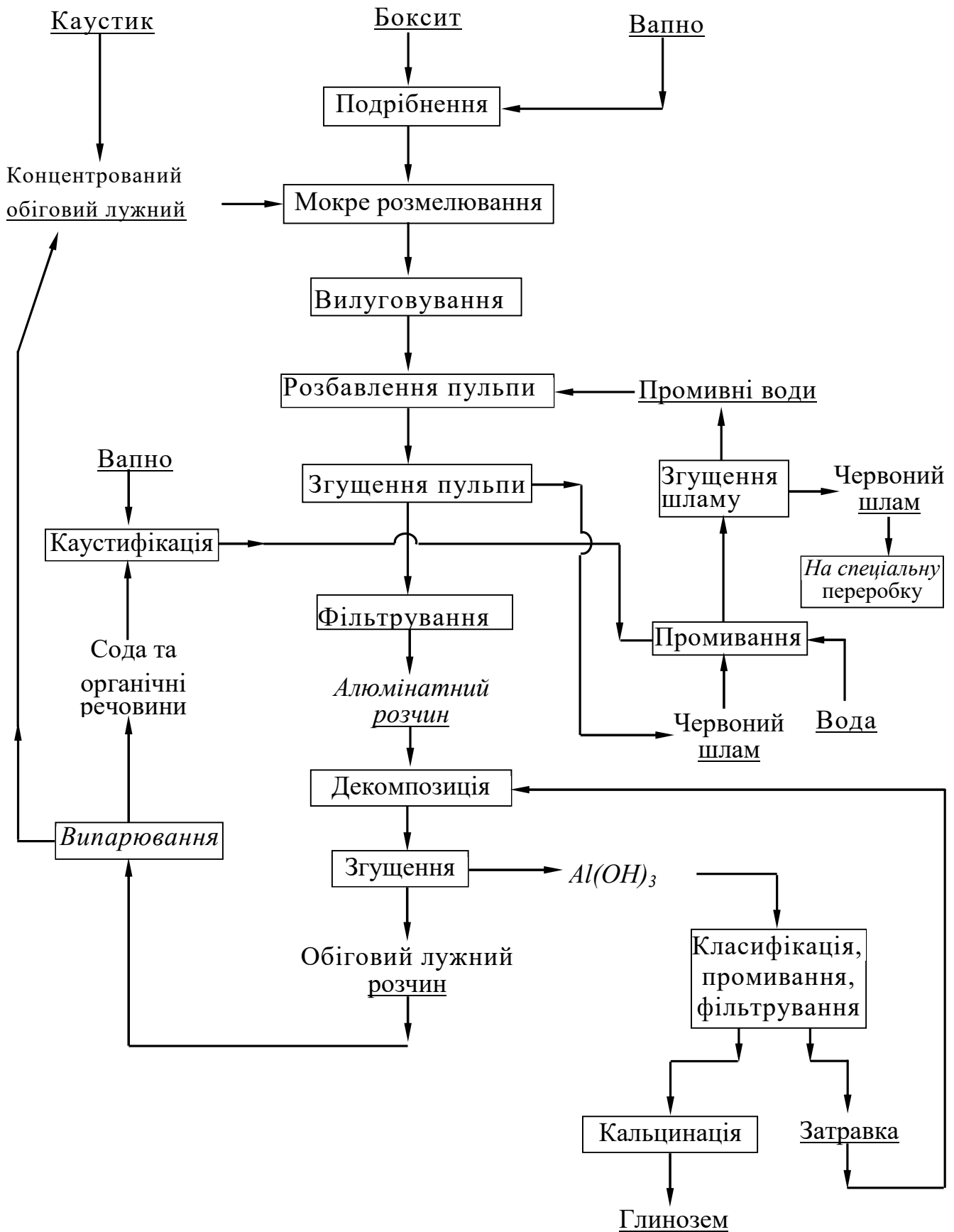


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва глинозему за способом Байєра [2]

наступного вилуговування.

## 1.2 Вимоги до глинозему

Глиноземна промисловість випускає в основному металургійний глинозем. Вимоги до глинозему приведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Вимоги до металургійного глинозему (ДСТУ 30558-98)

Марка	Масова частка домішки, %, не більше						Втрата маси при прожарюванні, не більше 300-1100 °С
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub> +V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + +Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MnO	ZnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сума N <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O в перерахунку на N <sub>2</sub> O	
Г-000	0,02	0,01	0,01	0,01	0,001	0,3	0,6
Г-00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,002	0,4	1,2
Г-0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,002	0,5	1,2
Г-1	0,05	0,04	0,02	0,03	0,002	0,4	1,2
Г-2	0,08	0,05	0,02	0,03	0,002	0,5	1,2

Металургійний глинозем застосовують для електролізу алюмінію в розплаві кріоліту, (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>). У зв'язку з цим такий глинозем повинний швидко розчинятися в електроліті, легко транспортуватися, забезпечувати мінімальні хімічні і механічні (пилові) втрати при електролізі, містити мінімальну кількість шкідливих домішок [2-8].

Розчинність глинозему в електроліті залежить від розміру його часток і вмісту модифікації  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Але із зменшенням розміру глинозему різко зростає пилоутворення. Краще мати непильний і легко розчинний глинозем. Цим умовам відповідає так званий глинозем піскового типу.

Із збільшенням вмісту  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> більш ніж 40%, розчинність глинозему в розплаві різко знижується. Частки глинозему, що не розчинилися, потрапляють у розплавлений алюміній, що приводить до механічного забруднення металу і зниженню виходу за струмом. Високий вміст  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(30...40%) обумовлено необхідністю одержати не-гігроскопічний глинозем, тому що відомо, що зі збільшенням ступеня прожарювання і ростом частки  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  гігроскопічні властивості, у т.ч. здатність до вологовбирання, знижуються.

При електролізі криоліт-глиноземних розплавів вода взаємодіє з  $\text{AlF}_3$ , що приводить до втрат дорогого фтористого алюмінію і виділення  $\text{HF}$ .

Гігроскопічність глинозему може бути зменшена за рахунок тривалої (більше 0,5 години) витримки його при  $1150 - 1200^\circ\text{C}$ . Такий глинозем навіть при зниженому вмісту  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , малогігроскопічний і легко розчиняється в електроліті.

Фізико-хімічні властивості глинозему залежать від вихідної сировини і технології виробництва:

- хімічний склад;
- фазовий склад;
- гранулометричний склад;
- втрати при прожарюванні (в.п.п.);
- щільність;
- кут відкоса;
- питома поверхня:
- індекс стирання;
- час витікання.

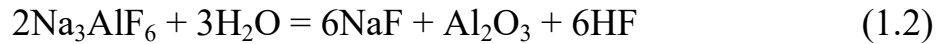
Типи вологи у глиноземі:

- фізично адсорбована волога, яка видаляється за температури  $110-130^\circ\text{C}$ ;
- хімічно адсорбована (хемосорбована) волога, яка видаляється за температури до  $300^\circ\text{C}$ ;
- гідратована волога у вигляді хімічних сполук (гібсит, беміт), яка видаляється при підвищенні температури до  $1000-1200^\circ\text{C}$ ;
- вода, яка входить до складу кристалічної ґратки (повністю не видаляється навіть при тривалому прожарюванні при температурі  $1000-1200^\circ\text{C}$ ).



Негативний вплив вологи на глинозем вияляється:

- взаємодія вологи з криолітом і фторидом алюмінію приводить до втрат фтор солей:



- електролітичне розкладання вологи;
- підвищується здатність глинозему до запилюваності.

Позитивний вплив вологи на властивості глинозему:

- збільшується швидкість розчинення глинозему;
- збільшується адсорбційна здатність глинозему.

### **1.3 Зневоднення гідроксиду алюмінію. Фактори, що впливають на зневоднення гідроксиду алюмінію**

Гідроксид алюмінію, одержуваний при розкладанні алюмінатних розчинів декомпозицією або карбонізацією, представлений гібситом (гідраргілітом) [2-9].

Продукти декомпозиції мають листувато-пластинчасту форму агрегатів. При карбонізації утворюють радіально-променисті сфероліти.

На термограмах нагрівання гібситу добре виявляються характерні три ендотермічних ефекти дегідратації й один слабкий екзотермічний ефект утворення  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  (рис.1.2).

Температурні інтервали протікання термоефектів і відповідні їм зміни маси зразків свідчать, що на першій стадії дегідратації ( $180\text{-}220^\circ\text{C}$ ) виділяється  $0,4\text{-}0,5$  молей води; на другій ( $220\text{-}420^\circ\text{C}$ ) –  $1,8\text{-}2,1$  моля і на третій стадії ( $420\text{-}580^\circ\text{C}$ ) –  $0,3\text{-}0,5$  молей води. Навіть при температурі до  $1050^\circ\text{C}$  в структурі прожареного продукту зберігається до  $0,2\%$  води, що, знаходиться у вигляді гідроксильних груп  $(\text{OH})^-$ .

У процесі зневоднювання і прожарювання структура гідроксидів алюмінію перетерплює складні перетворення. Відбувається триразова перебудова кристалічних ґрат з виділенням води, ущільненням і зменшенням кількості формульних одиниць (Z) на елементарний осередок за схемою:

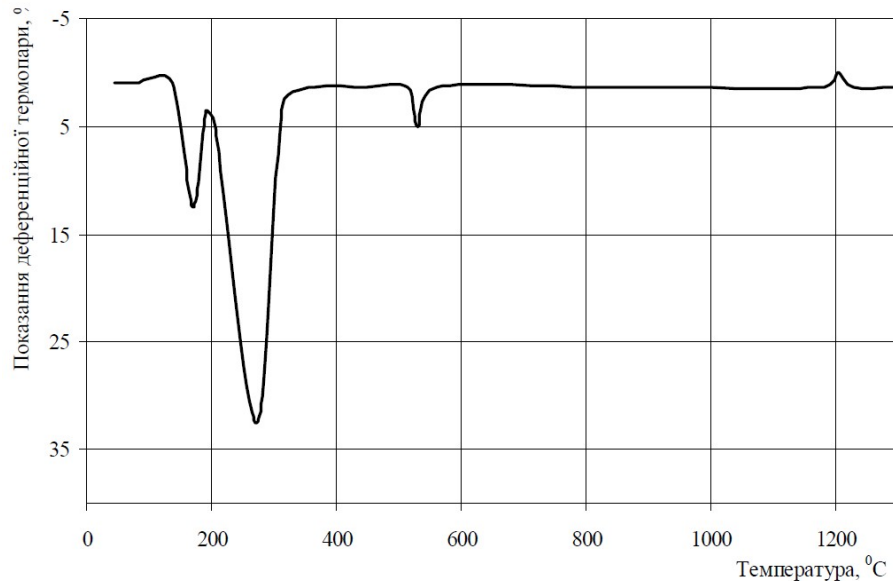
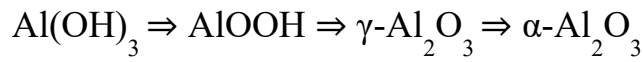


Рисунок 1.2 – Термограма нагрівання гібситу [3]

З трьохводневих сполук гідроксиду алюмінію при нагріванні до 180-220 °C утворюється беміт. Діаспор при атмосферному тиску не утворюється навіть при більш високих температурах. При подальшому нагріванні можуть бути отримані на-ступні модифікації  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :  $\chi$  (хі),  $\rho$  (ро),  $\gamma$  (гама),  $\eta$  (ню),  $\delta$  (дельта),  $\varepsilon$  (капа),  $\theta$  (тета),  $\alpha$  (альфа).

Крім того, існує модифікація  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ , яку вірніше назвати хімічною сполукою з лужними чи лужноземельними оксидами. Модифікація  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$  має склад  $\text{R}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  (де R – Na, K) чи  $\text{MO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$  (де M – Ca, Mg).

Температурні інтервали існування кожної з модифікацій залежать від швидкості нагрівання, розмірів часток, атмосфери і тиску при нагріванні, наявності домішок та ін.

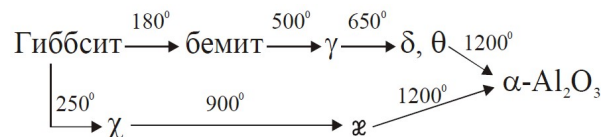
З огляду на температурні інтервали існування ці модифікації запропоновано об'єднати в низькотемпературні (область існування нижче  $600^{\circ}\text{C}$ ) і високотемпературні (вище  $600^{\circ}\text{C}$ ) ряди:

Низькотемпературний ( $\gamma$  - ряд):  $\chi, \rho, \gamma, \eta - \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Високотемпературний ( $\delta$  - ряд):  $\delta, \varepsilon, \theta, \alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Модифікація  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  – кінцева стійка високотемпературна форма оксиду алюмінію, що утворюється при прожарюванні вище  $1200^{\circ}\text{C}$ .

В умовах глиноземного виробництва термічні перетворення гідроксиду алюмінію можуть одночасно відбуватися у двох напрямках:



Найбільш важливе значення при кальцинації мають  $\gamma$  і  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  модифікації, що, в основному, і формують фазовий склад глинозему.

Під час випалювання гідроксиду алюмінію послідовно відбуваються процеси його сушіння і прожарювання з частковою перекристалізацією  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . На якість отриманого глинозему впливає низка факторів, по-перше якість гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцинацію, а також температура і спосіб кальцинації, режим роботи печі, добавки мінералізаторів. Чистота глинозему визначається чистотою вихідного гідроксиду [1,8].

Для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію, зменшення витрати палива під час кальцинації, стабілізації роботи вузла фільтрування, підвищення продуктивності печей кальцинації і якості глинозему шляхом поліпшення відмивання гідроксиду алюмінію (зменшений вміст лугу, що відмивається) та зниження витрати води на промивання сучасні глиноземні підприємства використовують зневоднювачі. Як зневоднювальні реагенти застосовують синтетичні поверхнево-активні речовини.

### 1.4 Зміна характеристик оксиду алюмінію при нагріванні

Нагрівання гідроксиду алюмінію супроводжується зміною ряду його основних фізико-механічних і хімічних характеристик: механічної міцності, дисперсного скла-ду і питомої поверхні, щирої щільності матеріалу, його фазового складу, гігроскопіч-ності, абразивних властивостей і хімічної активності.

Крупність і чистота глинозему визначається розмірами часток вихідного гідро-ксиду алюмінію і вмістом домішок у ньому.

В умовах повільного рівномірного нагрівання (до 8 град/хв) і відсутності меха-нічних навантажень оксид алюмінію, що утворюється, ізоморфний стосовно вихідного гідроксиду, тобто продукти випалу здатні зберігати форму вихідних кристалів. У результаті багаторазової перебудови кристалічних ґрат змінюється механічна міц-ність і питома поверхня глинозему (рис. 1.3).

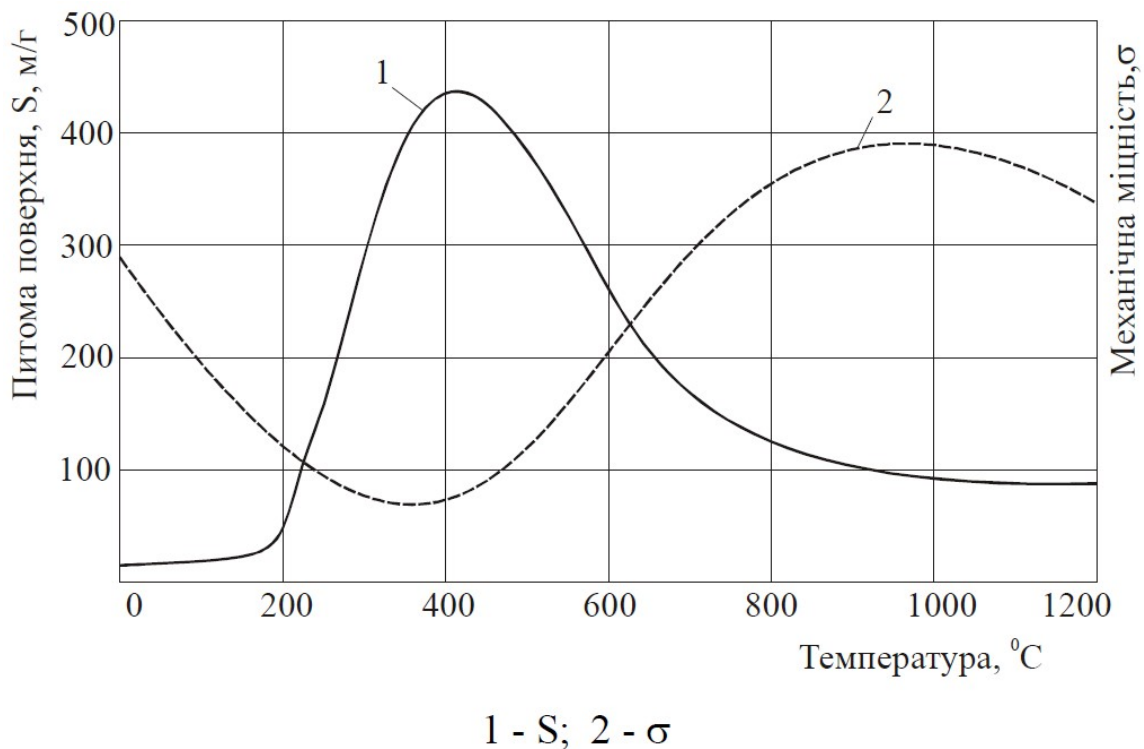


Рисунок 1.3 – Зміна питомої поверхні (S) і міцності (σ) зерен  $Al_2O_3$  під час випалювання [8]



Різке зростання питомої поверхні починається при  $250^{\circ}\text{C}$ , у період інтенсивно-го виділення основної частки гідратної вологи і початку утворення метастабільних  $\gamma$  і  $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Ці явища приводять до зниження механічної міцності часток оксиду і супро-воджуються появою деякої кількості дрібних фракцій. При завершенні дегідратації ( $500^{\circ}\text{C}$ ) питома поверхня зразків знижується, а міцність зростає. Особливий вплив в низькотемпературній області має швидкість нагрівання. При її збільшенні може спостерігатися руйнування і диспергування часток гідроксиду алюмінію аж до повного руйнування за рахунок тиску пар води в обсязі кристала.

Наступний етап зниження міцності глинозему спостерігається вище  $1100^{\circ}\text{C}$ , у період кристалізації  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Велике значення має гігроскопічність глинозему. За даними Т.А. Арлюк, вміст кристалогідратної води в глиноземі, отриманому при  $1150\text{-}1250^{\circ}\text{C}$  і його гігроскопічність зворотно-пропорційні вмісту  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  у зразках, але, в основному, залежать від відкрystalізованості проміжних модифікацій оксиду алюмінію ( $\epsilon$ ,  $\theta$ ,  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ). Наприклад, кількість гігроскопічної води в глиноземі, отриманому при  $1250^{\circ}\text{C}$ , може зростати через 3-15 діб на 0-4,0% (абс.).

Домішки, що є присутніми у гідроксиді алюмінію, зберігаються при кальцинації. Домішка оксиду натрію гальмує утворення  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , сприяє зниженню механічної міцності часток і їхньому перездрібнюванню.

Для попереднього очищення гідроксиду алюмінію від  $\text{Na}_2\text{O}$  запропоновано за-стосовувати:

- багаторазове промивання;
- автоклавну перекристалізацію гідроксиду алюмінію при  $200\text{-}250^{\circ}\text{C}$  с одержанням беміту;
- промивання слабкими розчинами мінеральних кислот.

Використання цих методів дозволяє знизити вміст  $\text{Na}_2\text{O}$  у гідроксиді з 0,5 до 0,1%. [2-8].

До зниження механічної міцності і перездрібнювання при кальцинації приводять органічні домішки, що присутні у гідроксиді алюмінію. Присутність мінералізаторів, до яких відносять фтористі і хлористі сполуки алюмінію,  $\text{HF}$ , оксид бора, навпаки сприяють зниженню температури, збільшенню повноти і швидкості утворення фази  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  у глиноземі, або, при збереженні задано-го вмісту  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  знизити температуру кальцинації на  $100^\circ\text{C}$ .

Введення  $\text{B}_2\text{O}_3$  сприяє видаленню при кальцинації  $\text{Na}_2\text{O}$  у вигляді легколетучої бури ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) і прискорити фазові переходи. Недолік використання мінералізаторів полягає в тому, що різко зростає абразивна дія глинозему, збільшується схильність його до злипання, перездрібнювання, знижується розчинність глинозему в кріоліті.

*Висновки.* На підставі теоретичних досліджень встановлено, що чистота глинозему визначається чистого гідроксиду. Для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію, зменшення витрати палива під час кальцинації, стабілізації роботи вузла фільтрування, підвищення продуктивності печей кальцинації і якості глинозему шляхом поліпшення відмивання гідроксиду алюмінію (зменшений вміст лугу, що відмивається) та зниження витрати води на промивання сучасні глиноземні підприємства використовують зневоднювачі.

На якість отриманого глинозему впливає низка факторів, по-перше якість гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцинацію, а також температура і спосіб кальцинації, режим роботи печі, добавки мінералізаторів. Отже, в першу чергу необхідно зменшити вологість гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцинацію.

Завдання експериментального дослідження:

1. Експериментально дослідити сучасні зневоднювачі, їх вплив на вологість гідроксиду алюмінію, що надходить на кальцінацію.

2. Промислові випробування зневоднювача Nalko 85488 провести на фільтрації першої черги на барабанному фільтрі Kd 101. Оцінити вплив зневоднювача на змінення масової частки води в гідроксиді алюмінію (гідраті), що надходить на кальцінацію.

3. Оцінити вплив зневоднювача POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт» на змінення масової частки води в гідроксиді алюмінію (гідраті), що надходить на кальцінацію.

4. Порівняти ефективність застосування зневоднювачів Nalko 85488 та POLYPAV-C16 (EO).

5. Вибрати оптимальну витрату зневоднювача за зміною вологості гідроксиду.

## 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Характеристики вихідних матеріалів і обладнання

Для досліджень використано гідрат, гранулометричний склад якого наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Гранулометричний склад гідрату

Показник	Величина			
Діапазон розмірів частинок гідрату, мкм	понад 45	20-45	5-20	до 5
Масова частка фракції, %	57,2	32,9	7,4	2,5

Для дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію, що подається на кальцінацію, використовується барабанний вакуум-фільтр. Апаратурно-технологічна схема барабанного фільтра наведена на рис.2.1. На цих фільтрах відбувається розділення твердої і рідкої фази гідратної пульпи, також промивання конденсатом гідроксиду від луку та перешкоджання осіданню на днище бака твердих часточок, підтримка в їх зваженому стані.

### 2.2 Методика дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію, що надходить на прокалювання

Промислові випробування зневоднювача Nalko 85488 проводяться на фільтрації першої черги. Під час випробування оцінюється вплив зневоднювача на змінення масової частки вологи в гідроксиді алюмінію (гідраті), що надходить на прокалювання в піч КС №2.

Зневоднювач (реагент) подається в лінії промивання конденсатної рампи. Реагент змішують з конденсатом та у подальшому його розпилюють через форсунки на поверхню кеку. Використання реагенту не потребує додаткових операцій його приготування, оскільки дозування відбувається за допомогою мембранного насоса. Це дозволяє в повній мірі використовувати зневоднювач





### 2.3 Методика визначення масової концентрації оксиду алюмінію в алюмінатних, обігових розчинах, пульпах глиноземного виробництва

Визначення масової концентрації оксиду алюмінію виконують для двох, відібраних об'ємів технологічного розчину [10].

Об'єм технологічного розчину ( $V_a$ ) поміщають в мірну колбу місткістю  $100 \text{ см}^3$  ( $V$ ), доводять об'єм до позначки дистильованою водою та перемішують. Величина об'ємної частки технологічного розчину, в залежності від вмісту оксиду алюмінію, приведена в таблиці 2.3. Аліквотну частину ( $V_p$ ) розбавленого розчину поміщають в конічну колбу місткістю  $250 \text{ см}^3$ , розбавляють дистильованою водою до  $100 \text{ см}^3$ . Величина аліквотної частини розбавленого розчину, в залежності від вмісту оксиду алюмінію, приведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Величина аліквотних частин вихідного та розведеного технологічного розчину

Вміст $\text{Al}_2\text{O}_3$ в технологічному розчині, $\text{г/дм}^3$	Об'єм технологічного розчину ( $V_a$ ), $\text{см}^3$	Загальний об'єм розведення ( $V$ ), $\text{см}^3$	Аліквотна частина розведеного розчину ( $V_p$ ), $\text{см}^3$	Об'єм трилона Б, що додається до аналізованого розчину, $\text{см}^3$
1,0÷50,0	20	100	5	15
50,0÷180,0	10	100	5	20
Більше 180,0	10	100	5	35

Далі до аналізованого розчину додають з бюретки розчин трилона Б (0,2н), нагрівають до кипіння, додають 3-4 краплі індикатора ксиленолового помаранчевого та нейтралізують по краплям соляної кислоти (1:1) до переходу забарвлення індикатора у жовтий колір. Після нейтралізації додають  $15 \text{ см}^3$  ацетатного буферного розчину ( $\text{pH}=5,5$ ) та охолоджують. В охолоджений розчин прибавляють 2-3 краплі індикатора ксиленолового помаранчевого та відтитровують надлишок трилона Б розчином цинку оцетокислого (0,2 н) до переходу забарвлення розчину з жовтого в рожевий.

Значення масової концентрації оксиду алюмінію (X) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - K_1 * V_2) * T * V * 1000}{V_a * V_p}, \quad (2.1)$$

де X – вміст оксиду алюмінію в технологічному розчині, г/дм<sup>3</sup>;

V<sub>1</sub> – об’єм розчину трилона Б (0,2 н.), см<sup>3</sup>;

V<sub>2</sub> – об’єм розчину цинку оцетокислого (0,2 н.), витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

T – титр розчину цинку оцетокислого (0,2 н.), виражений в г/см<sup>3</sup> оксиду алюмінію;

V<sub>a</sub> – об’єм технологічного розчину, відібраний для визначення, см<sup>3</sup>;

V<sub>p</sub> – аліквотна частина розведеного розчину, см<sup>3</sup>;

V – загальний об’єм розведення технологічного розчину, см<sup>3</sup>;

K<sub>1</sub> – коефіцієнт поправки для розчину цинку оцетокислого (0,2 н.).

#### **2.4 Методика гравіметричного визначення вмісту твердої фази в алюмінатних розчинах та пульпі**

Визначення вмісту твердої фази виконують гравіметричним методом аналізу.

Метод визначення вмісту твердої фази в пульпі, шламах та суспензіях глиноземного виробництва заснован на відділенні твердої фази шляхом фільтрації аналізуючого об’єму проби, висушування до постійної маси та зважування отриманого залишку твердої фази. Для визначення вмісту твердої фази відбирають дві аліквоти аналізуючої проби. Фільтр зважують с похибкою 0,01 г. та поміщають в воронку Брюхнера.

Відбирають аліквоту 100 см<sup>3</sup> проби в три рази, після кожного разу ретельно перемішують методом “з склянки в склянку”. Причому основну частину аліквоти відбирають за два рази, а під час третього – обережно доводять до відмітки. Для проб з вмістом твердого – 800 г/дм<sup>3</sup> і більше

відбирають аліквоту 50 см<sup>3</sup>. Циліндр с аліквотою зважують з похибкою 0,01 г. Відібрану аліквоту переносять на воронку Бюхнера. Залишок на фільтрі промивають гарячою водою. Якість відмивки контролюють індикатором фенолфталеїном до зупинки забарвлення відмивної води в рожевий колір. Вапнякову суспензію після переносу на воронку Бюхнера однократно промивають 1 дм<sup>3</sup> гарячою дистильованою водою. Залишок разом с фільтром висушують у сушильному шкафі при (100±5) °С протягом 2-х годин до постійної маси, охолоджують на повітрі та зважують. Вміст твердої фази в технологічних розчинах, пульпі та суспензіях в масових концентраціях, г/дм<sup>3</sup>, визначають за формулою:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{V} * 1000, \text{ г/дм}^3, \quad (2.2)$$

де X – вміст твердої фази, г/дм<sup>3</sup>;

m<sub>1</sub> – маса фільтра, г;

m<sub>2</sub> – маса залишку з фільтром, г;

V – об'єм аліквоти, відібраної на аналіз, см<sup>3</sup>;

Вміст твердої фази пульпи в масових частках, %, визначають за формулою:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} * 100, \% \quad (2.3)$$

де X – вміст твердої фази в пульпі в масових долях, %;

m<sub>1</sub> – маса фільтра, г;

m<sub>2</sub> – маса залишку з фільтром, г;

m<sub>3</sub> – маса циліндру, г;

m<sub>4</sub> – маса циліндру з пульпою, г;

За результат аналізу приймають середнє арифметичне значення результатів двох аліквот проби.



## 2.5 Методика визначення концентрації загального 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 – у дві конічні колби за допомогою піпетки і гумової груші. У конічні колби додати по 50 мл дистильованої води 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:

$$C_{Na_2O_{заг}} = \frac{V_T \cdot V_P \cdot K}{A_1 \cdot A_2}, \quad (2.4)$$

де  $C_{Na_2O_{заг}}$  – концентрація загального лугу  $Na_2O_{заг}$  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 частина, мл;

$A_2$  – друга аліквотна частина, мл.

## 2.6 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 HCl до зникнення фіолетового кольору. Концентрацію лугу розрахувати за формулою [15]:

$$C_{Na_2O_k} = \frac{V_T \cdot V_P \cdot K}{A_1 \cdot A_2}, \quad (2.5)$$

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.

## 2.7 Методика визначення гранулометричного складу глинозему та гідроксиду алюмінію методом лазерної дифракції

Визначення гранулометричного складу виконують методом лазерної дифракції, який полягає в дифракції монохроматичного випромінювання на частинках матеріалу, визначенні кутового розсіювання випромінювання і розрахунку інтегрального розподілу вмісту фракцій.

Під час визначення гранулометричного складу необхідно дотримуватись таких вимог:

- Температура довкілля -  $(20 \pm 5)$  °С.
- Відносна вологість атмосферного повітря – до 80 % при температурі  $(20 \pm 5)$  °С.
- Напруга струму  $(220 \pm 20)$  В.
- Приміщення не повинно піддаватися механічним коливанням.
- Вимірювальна техніка не повинна піддаватися односторонньому нагріву чи охолодженню, а також потужному світловому потоку.
- Модулі аналізатора повинні бути розміщені горизонтально.

Визначення гранулометричного складу проби виконують в двох навісках проби. Усереднений матеріал наважки подають шпателем в резервуар диспергатора у кількості, що забезпечує оптимальну та стабільну степінь ослаблення лазерного променю (затемнення). Затемнення контролюють візуально на дисплеї монітору. Через 20-30 секунд, після стабілізації рівня затемнення, виконують обчислення кутового розподілу інтенсивності розсіяного випромінювання лазера частинками матеріалу проби. Результати розрахунку виводять на екран монітора та заносять у архів методики у вигляді графіка інтегрального розподілу. Вихід фракції більше, ніж 125-150 мкм виводяться програмним забезпеченням окремим рядком на монітор. Розрахунок складу виходу фракції в аналізуючому діапазоні визначається програмним забезпеченням автоматично. Результат визначення гранулометричного складу оформляють в робочий журнал. Результат аналізу записують у вигляді:

$$X = X_{\text{cp}} \pm \Delta, \quad (2.6)$$

де  $X$  – склад виходу фракції, масова доля, %;

$X_{\text{cp}}$  – середнє арифметичне значення результатів складу вихода фракції;

$\Delta$  – похибка аналізу, г/см<sup>3</sup>.

## 3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Про вплив зневоднювача на вміст вологи у гідроксиді алюмінію

Основним завданням барабанних вакуумних фільтрів на ділянці кальцинації є відокремлення твердої від рідкої фаз гідроксидної пульпи (суспензії), а також промивання конденсатом гідроксиду алюмінію від луку. Відмитий гідроксид алюмінію як очищена тверда фаза (кек) прямує по конвеєрному тракту до установки киплячого шару (УКШ).

Для забезпечення нормальної економічної роботи УКШ остаточна вологість кеку на фільтрі має бути на рівні 10-11 %. Важелів для зниження вмісту вологи в кекі, а, як наслідок, зниження питомих витрат на паливо для УКШ без суттєвих капіталовкладень не було. Для зниження вологості кеку на стадії фільтрування та зневоднення запропоновано застосовувати реагент, який є сумішшю нейоногенних поверхнево активних речовин [14].

Реагенти в системі промивання фільтру поширено використовують у чорній металургії, проте для барабанних фільтрів почали застосовувати лише нещодавно. В промисловій практиці новітніх глиноземних підприємств використовують інші типи фільтрів (дискові, тарільчасті та ін.), в яких гостра пара (під тиском 0,6 МПа) подається на поверхню кеку без додавання будь-яких реагентів.

Таким чином, було розглянуто рішення про використання в промислових масштабах зневоднювача (реагенту) в лінії промивання конденсатної рампи. Реагент змішують з конденсатом та у подальшому його розпилюють через форсунки на поверхню кеку. Використання реагенту не потребує додаткових операцій його приготування, оскільки дозування відбувається за допомогою мембранного насоса. Це дозволяє в повній мірі використовувати зневоднювач на всю робочу зону барабана.

Реагент, потрапивши на пульпу, адсорбується на поверхні мінеральних частинок та сприяє гідрофобізації їх поверхонь. Завдяки гідрофобізації поверхні мінеральних частинок відбувається різке зниження їх здатності змочуватися водою або водними розчинами при збереженні паро- та газопроникності. Додавання реагенту сприяє інтенсифікації видалення гравітаційної та капілярної вологи.

Для визначення оптимальної витрати реагенту під час розпилення на поверхню кеку проведено декілька етапів дослідження зі зміненням кількості реагенту.

### **3.2. Дослідження впливу зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію**

На фільтрації першої черги проводилися промислові випробування зневоднювача Nalko 85488. Під час випробування намагалися оцінити вплив зневоднювача на змінення масової частки вологи в гідроксиді алюмінію (гідраті), що надходить на прокалювання в піч КС №2 [10,15].

На першому етапі випробувань встановлювалася залежність вмісту вологи в гідраті алюмінію від дозування реагенту. Проводилось змінення дозування реагенту від мінімальної кількості – 10 г/т глинозему до максимальної – 80 г/т глинозему з кроком 10 г/т. При кожному режимі, включаючи холостий, знімалися показання технологічних параметрів фільтра і відбиралися 3 проби гідрату алюмінію. У гідратах алюмінію визначалася масова частка вологи і отмивного луку. Результати наведені в таблиці 3.1.

З наведених даних випливає, що при збільшенні дозування від 0 до 40 г/т  $Al_2O_3$  з кроком 10 г/т відбувалося помітне зниження вмісту вологи. При режимі без подачі реагенту вміст вологи в гідраті в середньому склало 10,8 %. При дозуванні 30 г/т зневоднювача Nalko 85488 вміст вологи знизився до 8,8 %, при дозуванні 40 г/т – до 8,7 %. При наступних режимах зі збільшенням



Таблиця 3.1 – Результати 1 етапу дослідження впливу зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію (продуктивність фільтра за гідратом 61 т/год)

Номер досліджу	Параметри фільтра				Вологість гідрату, %		Продуктивність за Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , т/год
	Дозування реагенту		Витрата конденсату		поточна	середня	
	дм <sup>3</sup> /год	г/т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
1	0	0	26,6	0,75	11,0	10,7	35,5
2		0	26,6	0,75	10,6		35,6
3		0	26,6	0,75	10,6		35,6
4	0,338	9,9	26,8	0,74	9,0	9,0	36,3
5		9,9	26,8	0,74	9,2		36,2
6		9,9	26,8	0,74	8,8		36,4
7	0,676	19,6	27,4	0,75	8,2	7,9	36,6
8		19,6	27,4	0,75	8,2		36,6
9		19,4	27,4	0,74	7,4		36,9
10	1,01	29,4	27,1	0,74	8,2	8,3	36,6
11		29,7	27,1	0,75	9,0		36,3
12		29,3	27,1	0,74	7,8		36,8
13	1,69	49,1	28,8	0,79	8,4	8,2	36,5
14		49,0	28,8	0,79	8,2		36,6
15		48,9	28,8	0,79	8,0		36,7
16	2,03	0,0	27,5	0,75	7,6	8,3	36,8
17		0,0	27,5	0,75	8,6		36,4
18		0,0	27,5	0,75	8,6		36,4
19	2,37	68,6	27,5	0,75	8,0	7,9	36,7
20		68,6	27,5	0,75	8,0		36,7
21		68,3	27,5	0,75	7,6		36,8
22	2,70	78,1	27,3	0,74	8,0	7,8	36,7
23		77,6	27,3	0,74	7,4		36,9
24		78,1	27,3	0,74	8,0		36,7

дозування до 50, 60, 70 і 80 г/т вміст вологи істотно не змінювався і знаходився в діапазоні 7,8–8,3 %. Далі була досліджена залежність вологи від дозування реагенту в діапазоні 30–40 г/т глинозему з кроком зміни 5 г/т. Визначено оптимальне дозування зневоднювача Nalko 85488 – 35 г/т Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при цьому на 1 етапі випробувань в глиноземі вміст фракції з розміром зерен <45 мкм був на рівні 40 %.

Таблиця 3.2 – Результати 2 етапу дослідження впливу зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію (продуктивність фільтра за гідратом 62,8 т/год)

Номер досліджу	Параметри фільтра				Вологість гідрату, %		Продуктивність за $Al_2O_3$ , т/год
	Дозування реагенту		Витрата конденсату		поточна	середня	
	дм <sup>3</sup> /год	г/т $Al_2O_3$	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /т $Al_2O_3$			
1	0	0	30,2	0,81	10,4	10,4	37,5
2		0	30,2	0,81	10,4		37,5
3		0	30,2	0,81	10,4		37,5
4	0,712	19,9	30,2	0,80	9,2	9,3	38,0
5		19,9	30,2	0,80	9,2		38,0
6		20,0	30,2	0,80	9,6		37,8
7	1,07	30,1	30,2	0,80	8,0	8,1	37,8
8		30,1	30,2	0,80	8,0		37,8
9		30,1	30,2	0,80	8,2		37,7
10	1,41	39,9	30,2	0,80	8,6	8,4	37,5
11		39,7	30,2	0,80	8,2		37,7
12		39,8	30,2	0,80	8,4		37,6
13	1,78	50,8	30,2	0,81	9,4	9,3	37,2
14		50,6	30,2	0,81	9,0		37,4
15		50,8	30,2	0,81	9,4		37,2

На 2-м, 3-м, 4-м етапах намітилася тенденція укрупнення гідрату, і в глиноземі вміст фракції <45 мкм знизився в середньому до 38,6 %. Щоб оцінити вплив укрупнення гідрату на дозування реагенту було досліджено залежність вмісту води в гідраті від дозування реагенту. Дозування змінювалися в межах 40–70 г/т глинозему, паралельно оцінювався режим без подачі зневоднювача.

Результати наведені в таблицях 3.2–3.4.

Встановлено, що при продуктивності фільтра 59,4–64 т/год відфільтрованого гідроксиду алюмінію (гідрату) оптимальне дозування зневоднювача Nalko 85488 становить 40 г/т  $Al_2O_3$  (рис. 3.1).

Без дозування реагенту вологість гідрату становила 11,0 % і 10,6 %, з дозуванням реагенту 40 г/т глинозему – 8,8 % (середня), тобто вологість гідрату при використанні зневоднювача Nalko 85488 знизилася в середньому на 2,0 %.

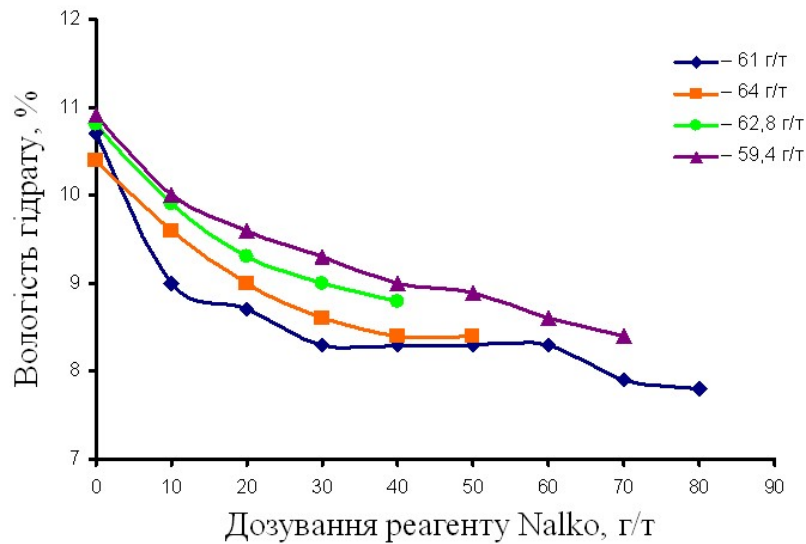


Рисунок 3.1 – Впливу дозування зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію за різної продуктивності фільтра за гідратом

Таблиця 3.3 – Результати 3 етапу дослідження впливу зневоднювача Nalko 85488 на вологість гідроксиду алюмінію (продуктивність фільтра за гідратом 64 т/год)

Номер досліджу	Параметри фільтра				Вологість гідрату, %		Продуктивність за Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , т/год
	Дозування реагенту		Витрата конденсату		поточна	середня	
	дм <sup>3</sup> /год	г/т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
1	0	0	26,4	0,71	10,8	10,9	37,3
2		0	26,4	0,71	11,0		37,2
3		0	26,4	0,71	10,9		37,3
4	1,07	30,3	26,4	0,70	8,6	8,8	37,5
5		30,3	26,4	0,71	8,8		37,4
6		30,4	26,4	0,71	9,0		37,4
7	1,41	39,8	26,4	0,70	8,4	8,6	37,6
8		40,0	26,4	0,71	8,8		37,4
9		39,9	26,4	0,70	8,6		37,5
10	1,78	50,6	26,4	0,71	9,0	9,1	37,4
11		51,4	26,4	0,72	10,4		36,8
12		50,0	26,4	0,70	8,0		37,8

Під час дослідів з додаванням зневоднювача NaIco 85488 дещо покращили показники роботи. Так, витрата конденсату становила: 0,81 м<sup>3</sup>/т на 2-му етапі, 0,76 м<sup>3</sup>/т на 3-му етапі, 0,75 м<sup>3</sup>/т на 4-му етапі. Без застосування

Таблиця 3.4 – Результати 4 етапу дослідження впливу зневоднювача NaIco 85488 на вологість гідроксиду алюмінію (продуктивність фільтра за гідратом 59,4 т/год)

Номер дослідів	Параметри фільтра				Вологість гідрату, %		Продуктивність за Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , т/год
	Дозування реагенту		Витрата конденсату		поточна	середня	
	л/час	г/т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	м <sup>3</sup> /час	м <sup>3</sup> /т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
1	0	0	28,6	0,80	10,6	11,1	35,6
2		0	28,6	0,81	11,2		35,4
3		0	28,6	0,81	11,6		35,2
4	1,01	30,6	26,8	0,77	9,8	9,7	35,0
5		30,6	26,8	0,77	9,8		35,0
6		30,5	26,8	0,76	9,4		35,2
7	1,35	40,4	26,8	0,76	8,6	9,2	35,5
8		40,7	26,8	0,76	9,4		35,2
9		40,8	26,8	0,76	9,6		35,1
10	0	0	26,8	0,75	10,4	10,3	35,7
11		0	26,8	0,75	10,6		35,6
12		0	26,8	0,75	10,0		35,9
13	1,01	30,6	26,8	0,77	9,8	9,8	35,0
14		30,5	26,8	0,76	9,8		35,1
15		30,6	26,8	0,77	9,8		35,0
16	1,35	30,4	26,8	0,76	9,2	9,0	35,3
17		30,3	26,8	0,76	9,0		35,3
18		30,3	26,8	0,76	8,8		35,4
19	0	0	25,0	0,71	11,4	11,1	35,3
20		0	25,0	0,70	11,0		35,5
21		0	25,0	0,70	10,8		35,6
22	1,01	30,3	25,0	0,71	8,8	8,3	35,4
23		30,1	25,0	0,70	8,2		35,7
24		30,0	25,0	0,70	8,0		35,4
19	1,35	39,9	25,0	0,70	7,6	8,3	35,9
20		40,3	25,0	0,70	8,4		35,6
21		40,5	25,0	0,71	8,8		35,4

зневоднювача вміст отмивного луку складав 0,022 % і 0,021 %, із застосуванням NaIco 85488 вміст отмивного луку – 0,018 %. Витрата газу на третьому етапі

при подачі Nalko 85488 склала 86,9 м<sup>3</sup>/т глинозему проти 88,2 м<sup>3</sup>/т і 87,6 м<sup>3</sup>/т при роботі печі без дозування зневоднювача. Дозування реагенту Nalko 85488 не зробило помітного впливу на викиди пилу.

### **3.3 Дослідження впливу зневоднювача POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію**

З метою замінення зневоднювача Nalko 85488 дешевшим реагентом POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт» на барабанному фільтрі Kd 101 виконано промислові пробування, щоб оцінити вплив українського зневоднювача на вологість гідроксиду алюмінію, що надходить на прокалювання в піч КС №1.

У період промислових випробувань встановлювалася залежність вмісту вологи в гідроксиді алюмінію залежно від дозування реагенту, і одночасно оцінювалися показники роботи без подачі зневоднювача. Проводилось змінення дозування реагенту від мінімальної кількості – 10 г/т глинозему, до максимальної – 100 г/т глинозему, з кроком 10 г/т. При кожному режимі, включаючи холостий, знімалися показання технологічних параметрів фільтра і відбиралися 3 проби гідрату з інтервалом в 2 хв. У гідратах визначалися вологість, в усередненій пробі – вміст отмивного луку і гранулометричний склад. Отримані результати відображені в таблиці 3.5 і рис.3.2.

Експериментально встановлено, що вологість в відфільтрованому гідраті на рівні 8,0 % досягається при дозуванні реагенту POLYPAV-C16 50 г/т глинозему. У період випробування піч КС №1, і відповідно, експериментальний фільтр, працювали з різною продуктивністю: від 57 до 62 т/год по вологому гідрату. Вихідна волога при зміні продуктивності також змінювалася.

При обробці зневоднювачем POLYPAV-C16 із дозуванням 50 г/т Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> гідрату з нормальним фракційним складом, який становить: вміст фракції < 5 мкм – 3, 3%, < 20 мкм – 7,4 %, < 45 мкм – 31,4 % (гідрат 1) вологість

відфільтрованого гідрату знижується до 8,0 %, що на 2 % нижча за вологості вихідного гідрату при (рис. 3.2).

При обробці зневоднювачем POLYPAV-C16 дрібнішого гідрату 2 з фракційним складом, який становить: вміст фракції < 5 мкм – 4,9 %, < 20 мкм – 12,3%, < 45 мкм – 37,8 % з вищевказаної дозуванням, вологість відфільтрованого гідрату знижується до 8,8 %, що на 1,8 % менша за вологості вихідного гідрату.

Таблиця 3.5 – Результати дослідження впливу зневоднювача POLYPAV C-16 (ЕО) на вологість гідроксиду алюмінію (продуктивність фільтра за гідратом 57,2 т/год)

Номер досліджу	Параметри фільтра				Вологість гідрату, % середня	Продуктивність за Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , т/год
	Дозування реагенту		Витрата конденсату			
	дм <sup>3</sup> /год	г/т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /т Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
1	0	0	27,2	0,80	10,6	33,6
2						
3						
4	3,35	90,8			8,8	35,1
5						
6						
7	2,68	78,3			7,9	35,1
8						
9						
10	2,35	68,3			7,9	35,8
11						
12						
13	2,01	58,7			8,0	35,5
14						
15						
16	1,68	49,4			8,0	36,0
17						
18						
19	1,34	39,3			8,2	37,1
20						
21						
22	1,01	29,7			8,8	37,1
23						
24						

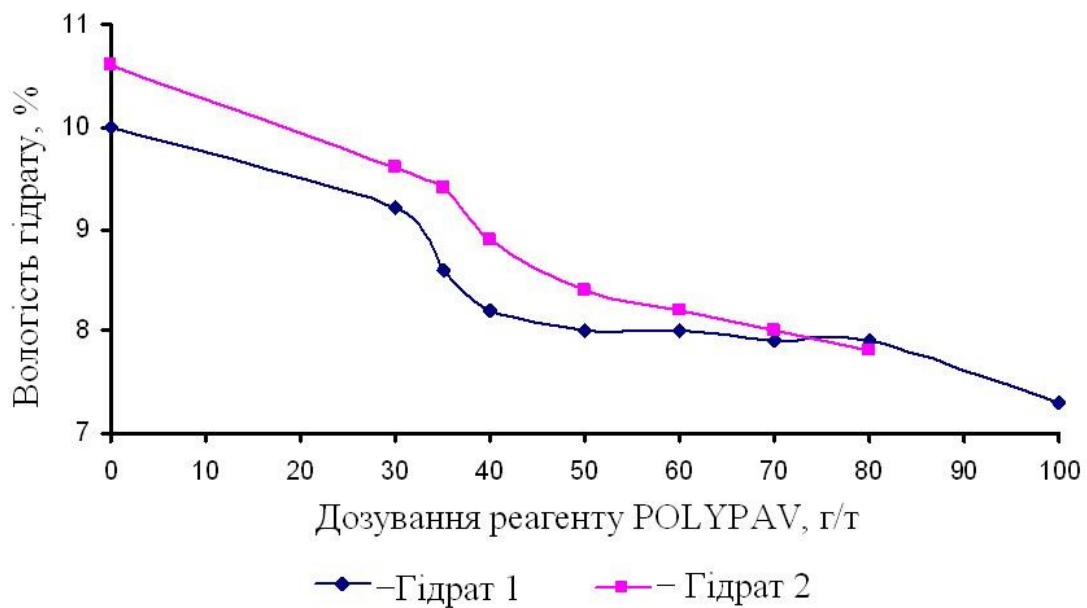


Рисунок 3.2 – Впливу дозування зневоднювача POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію при різних за складом гідратах

Далі була досліджена залежність вологості від дозування реагенту в діапазоні 40–50 г/т глинозему при різній продуктивності за гідратом (рис. 3.3). Підтверджено оптимальне дозування зневоднювача POLYPAV-C16 – 50 г/т  $Al_2O_3$ .

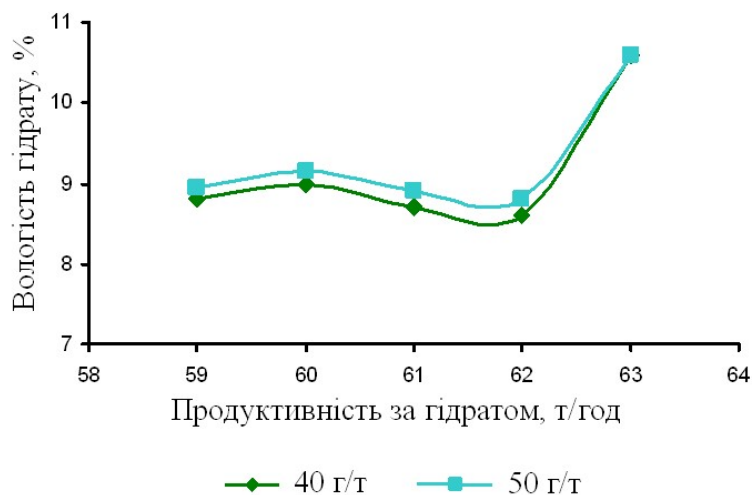


Рисунок 3.3 – Впливу дозування зневоднювача POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію при різній продуктивності за гідратом



### 3.4 Порівняння впливу зневоднювачів Nalco 85488 і POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію

Щоб максимально виключити вплив різних чинників порівнювалися показники застосування зневоднювача Nalco85488 і POLYPAV-C16, обидва реагенту перевірялися по черзі на одному і тому ж фільтрі Kd 101. Знімалися показання технологічних параметрів фільтрів, що працюють з реагентами POLYPAV-C16 і Nalco 85488. На заключних етапах випробувань в оброблюваному реагентами гідраті вміст фракції < 45 мкм збільшився до 37,8 %. У зв'язку з цим вологість вихідного гідрату склала 10,6 % замість 10,0 %, отриманих при фільтрації гідрату з вмістом фракції < 45 мкм – 31,4%. Різниця між вологою в вихідному і обробленому зневоднювачами гідраті склала 1,7–1,8 %. При такому фракційному складі гідрату, з урахуванням допустимої похибки аналізу, однакова вологість в відфільтрованому гідраті 8,8–8,9 % отримана при дозуванні 50 г/т  $Al_2O_3$  реагенту POLYPAV-C16 і при дозуванні 40 г/т  $Al_2O_3$  реагенту Nalco 85488 (рис. 3.4).

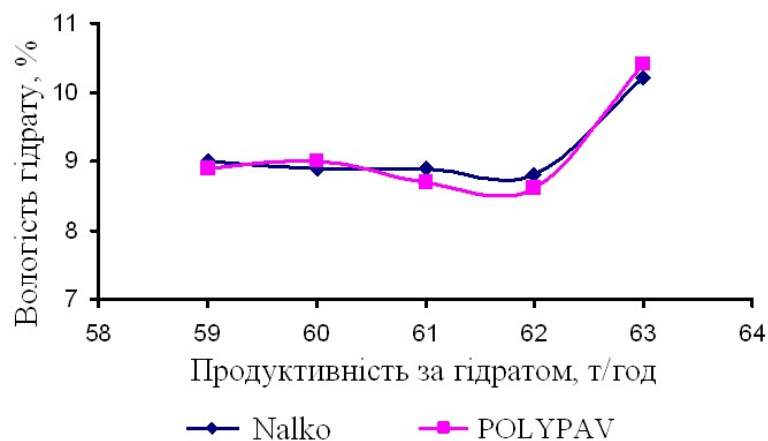


Рисунок 3.4 – Порівняння впливу зневоднювачів Nalco 85488 і POLYPAV-C16 на вологість гідроксиду алюмінію при різній продуктивності за гідратом

### *Висновки.*

1. На підставі даних, отриманих в результаті промислових випробувань, встановлено, що вітчизняний зневоднювач POLYPAV-C16 (EO) і закордонний зневоднювач Nalko 85488 є рівноцінними за своє дією. Для гідрату з поточними показниками гранулометричного складу експериментально обґрунтовано оптимальне еквівалентне дозування зневоднювачів:

– 50 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт»;

– 40 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача Nalko 85488.

2. У період випробувань при середньому гранулометричному складі гідрату алюмінію:  $<^{\circ}5$  мкм – 2,5 %,  $<^{\circ}20$  мкм – 7,4 %,  $<^{\circ}45$  мкм – 32,9 %, і продуктивності по вологому гідрату близько 61 т/год масова частка води в гідраті на порівняльному етапі склала 10,8 %, при використанні реагенту вологість 8,8 %, тобто на 2 % менша.

3. При дозуванні реагенту визначено незначне поліпшення відмивання гідрату на фільтрі.

4. При роботі печі з байпасом витрата газу за рахунок застосування реагентів знизилася в середньому на 1 м<sup>3</sup>/т глинозему.

5. Погіршення показників роботи печі киплячого шару при використанні реагентів не помічено, основні технологічні параметри зберігалися на заданому рівні.

6. Дозування реагентів істотного не вплинуло на викиди пилу.

Для визначення оптимальної витрати реагенту під час розпилення на поверхню кеку проведено декілька етапів дослідження зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах від 10 г до 60 г на 1 т глинозему. Після тривалих випробувань, на основі отриманих даних, встановлено, що при додаванні реагенту в кількості 50 г/т глинозему вміст води у гідраті знижується на 2 %. Таким чином, підтверджено доцільність та економічність використання такого способу зневоднювання гідроксиду алюмінію.

## 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 металургійної лабораторії на людину можуть негативно впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі чинники за ГОСТ 12.0.003-74 [16]: а) небезпека ураження електричним струмом; б) підвищена або знижена температура повітря; в) надмірна запиленість і загазованість повітря; г) підвищена або знижена вологість повітря; д) підвищений рівень тепловиділення; е) небезпека отруєння парами хімічних речовин; є) недостатня освітленість робочого місця.

При роботі в металургійній лабораторії [17-19] слід важати, що всі хімічні речовини в тому чи іншому ступеню є отруйними. За ступенем впливу на організм шкідливі речовини поділяють на чотири класи небезпеки. При роботі з хімічними речовинами слід запобігти можливості їх проникнення в організм людини через легені, шкіру та рот.

Робота з скляним посудом є також небезпечним чинником. Нещасні випадків при роботі зі склом, а саме порізи рук, призводять до мікротравм (після яких можна продовжувати роботу) і легких травм (втрата працездатності на один або кілька днів), а також опіки рук при перенесенні скляного посуду з киплячою рідиною.

Основними шкідливими чинниками в приміщенні металургійній лабораторії [28] є отруєння хімічними речовинами та їх сполуками в разі аварії та небезпека ураження електричним струмом.

Металургійна лабораторія є приміщенням легкої категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги:

- оптимальна температура повітря – 22 °С (допустима – 20–24 °С);
- оптимальна відносна вологість повітря – 40–60 % (допустима – не більше 75 %);

– швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці для робочого місця дослідника щодо зневоднення гідроксиду алюмінію надано в табл. 4.1 [20-23].

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 <sup>3</sup> 1-2 клас безпеки: луг	0,5	0,05	–	–	–	50
	3-4 клас безпеки гідроксид алюмінію	6,0	0,32	–	–	–	50
2	Шум, дБА	80	83	3			90
3	Неіонізуючі випромінювання: - діапазон промислової частоти, кВ/м	20	10	–	–	–	35
4	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С	21-25	22	–	6	–	100
	- швидкість руху повітря, м/с	до 0,2	0,1	–	–	–	90
	- відносна вологість повітря, %	до 75	60	–	–	–	100
5	Категорія важкості і напруженість праці	Категорія праці – середньої важкості, категорія напруженості праці – напружена					

Таким чином, проведений аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок про перевищення нормативного показнику по рівню шуму. Все це дозволяє віднести умови праці в металургійній лабораторії під час дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію до середньої важкості до Па

класу. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і важкими умовами праці.

#### **4.2 Заходи з поліпшення умов праці**

Для поліпшення умов праці та очищення повітря металургійну 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. Постійно діюча вентиляція повинна забезпечувати п'ятиразовий повітрообмін.

Для створення безпечної роботи зі скляним посудом і приладами слід переконатися у цілісності посуду (повинно бути без тріщин і інших ушкоджень), не класти на край столу, краї стола забезпечити захисною смугою, щоб зачіпливий ліктями чи рукавами халату скляний посуд не перекинувся. При складанні приладів не слід застосовувати великих зусиль. Нагрівати на електроплитці потрібно тільки термостійкі склянки і колби, простеживши попередньо, щоб зовнішня поверхня судини була сухою.

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 здійснюється 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 зневоднення, надано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів

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
<p>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.</p>				

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.

### 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.

Згідно з категорії виконуваних робіт, важкості та характеристикою приміщення стосовно надлишку тепловипромінювання, з урахуванням періоду року встановлюють значення показників мікроклімату, базуючись на вимогах санітарних норм зведених в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормовані величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Пе-ріод року	Ка-те-го-рія ро-біт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Опти-маль-на	Допустима				Опти-маль-на	Допус-тима на робочих місцях постій-них і непостій-них, не більш	Опти-маль-на	Допустима на робо-чих місцях постійних і непостій-них
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
по-стій-них	не-по-стій-них	по-стій-них	не-по-стій-них							
Хо-лод-ний	Лег-ка	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	не більше 0
Теп-лий	Лег-ка	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1-0,3

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 [24]. Для створення сприятливих умов зорової роботи для виконання роботи середньої точності використовуємо такі норми освітлення, які зазначені в табл. 4.4 і табл. 4.5.

Таблиця 4.4 – 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 4.5 – Норми освітлення штучним світлом за СНіП ІІ-4-79

Характеристика роботи	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд роботи	Підрозряд 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 [25].

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. Все це дозволяє віднести умови праці в металургійній лабораторії під час дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію 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 [26,27].

У проведенні дослідження щодо зневоднення гідроксиду алюмінію можна виділити наступні етапи, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Етапи НДР з дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію

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 зневоднення гідроксиду алюмінію
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 [26]:

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

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.

$$S_{ТЗ} = \frac{36200,00 \cdot 2}{100} = 724,00 \text{ грн.},$$

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
Гідроксид алюмінію	кг	10000,0	3,40	34000,00
Nalko 85488	кг	1,0	1500,00	1500,00
POLYPAV	кг	1,0	700,00	700,00
Транспортно-заготівельні витрати				724,00
Разом				36924,00

### 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.
Піч киплячого шару	1	25000000	10	30	37500,80
Барабанний фільтр	1	84000	15	30	189,00
Разом					37689,00

### 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.
Піч киплячого шару	1	м <sup>3</sup>	200,0	30	10,00	60000,00
Барабанний фільтр	1	кВт	52,0	30	2,40	3744,00
Разом						63744,00

### 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  $Z_{\text{осн}}^{\text{л-в}}$ :

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

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

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

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

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

Премія виконавців НДР:

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

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

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

Загальна заробітна плата виконавців НДР розраховується по формулі:

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

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

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

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

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

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

З них:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 5.2.5 Накладні витрати

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

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

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

### 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	36924,00	21,88
2. Основна заробітна плата	15314,29	9,07
3. Додаткова заробітна плата	1837,72	1,09
4. Нарахування на фонд оплати праці (37,5 %):	6432,00	3,81
– на держ. соцстрах (2,5 %)	428,80	0,26
– пенсійний фонд (32 %)	5488,64	3,25
– у фонд безробіття (1,5 %)	257,28	0,15
– у фонд соц. страхування від нещасного випадку (1,5 %)	257,28	0,15
5. Амортизаційні відрахування	37689,00	22,33
6. Витрати на електроенергію	63744,00	37,76
7. Накладні витрати	6860,80	4,06
Разом	168801,81	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 168801,81 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі даних, отриманих в результаті промислових випробувань, встановлено, що вітчизняний зневоднювач POLYPAV-C16 (EO) і закордонний зневоднювач Nalko 85488 є рівноцінними за своє дією. Для гідрату з поточними показниками гранулометричного складу експериментально обґрунтовано оптимальне еквівалентне дозування зневоднювачів:

– 50 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача POLYPAV-C16 (EO) виробництва ТДВ «Пологівський хімічний завод «Коагулянт»;

– 40 г/т  $Al_2O_3$  для зневоднювача Nalko 85488.

2. У період випробувань при середньому гранулометричному складі гідрату алюмінію:  $<^{\circ}5$  мкм – 2,5 %,  $<^{\circ}20$  мкм – 7,4 %,  $<^{\circ}45$  мкм – 32,9 %, і продуктивності по вологому гідрату близько 61 т/год масова частка води в гідраті на порівняльному етапі склала 10,8 %, при використанні реагенту вологість 8,8 %, тобто на 2 % менша.

3. При дозуванні реагенту визначено незначне поліпшення відмивання гідрату на фільтрі (зменшений вміст луґу, що відмивається), зниження витрати води на промивання.

4. При роботі печі з байпасом витрата газу за рахунок застосування реагентів знизилася в середньому на 1 м<sup>3</sup>/т глинозему.

5. Погіршення показників роботи печі киплячого шару при використанні реагентів не помічено, основні технологічні параметри зберігалися на заданому рівні. Дозування реагентів істотного не вплинуло на викиди пилу.

6. Проведеними дослідженнями зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах 10–60 г/т глинозему встановлено, що при додаванні реагенту (50 г/т глинозему) вміст води у гідраті знижується на 2 %.

7. Експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність та економічність використання зневоднювачів для зниження вологості продукційного гідроксиду алюмінію і стабілізації роботи вузла фільтрування.

Таким чином, підтверджено доцільність та економічність використання такого способу зневоднення гідроксиду алюмінію.

Проведений аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок про перевищення нормативного показнику по рівню шуму. Все це дозволяє віднести умови праці в металургійній лабораторії під час дослідження зневоднення гідроксиду алюмінію до середньої важкості до Па класу. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і важкими умовами праці.

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 168801,81 грн.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Агафонов О.А., Нестеренко Т.М. Аналіз та вдосконалення технології зневоднення гідроксиду алюмінію. *Металургія як основа сучасної промисловості* : матеріали XXV наук.-техн. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, м.Запоріжжя, 24-27 лист. 2020 р. Запоріжжя : ІННІ ЗНУ, 2020. С. 6.
2. Насекан Ю. П. Виробництво глинозему : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 190 с.
3. Исаева Л. А., Поляков П. В. Текучесть глинозема с различными физико-химическими свойствами. *Цветные металлы*. 1996. № 11. С.29-32.
4. Иванов А. И., Насекан Ю. П., Иванова Л. П. Технология производства глинозема : монография. Запорожье : ЗГИА, 2005 . 262 с.
5. Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А. Металлургия легких металлов : учебник. Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. 416 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/65688/> (дата звернення: 14.09.2020).
6. 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: 14.09.2020).
7. Иванов А. И. Производство глинозема. Николаев : НГЗ, 1998. 140 с.
8. Иванов А. И., Кириченко Р. И., Кожевников Г. Н., Полещук А. А. Бокситы – комплексное сырье. Запорожье : Лана-друк, 2005. 220 с.
9. Абрамов В. Я., Стельмакова Г. Д., Николаев И. В. Физико-химические основы комплексной переработки алюминиевого сырья (щелочные способы). Москва : Металлургия, 1985. 288 с.
10. 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.

11. Троицкий И.А., Железнов В.А. *Металлургия алюминия*. Москва:Металлургия,1977. 392 с.
12. Беляев А.И. *Металлургия легких металлов*. Москва:Металлургия, 1970. 368 с.
13. Гопиенко Г. Н., Заварницкая Т. А., Пашкевич Л. А. Влияние различных минерализаторов на образование  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  из гидраргиллита и бемита. *Цветные металлы*. 2000. №4. С. 43-46.
14. Агафонов О.А., Нестеренко Т.М. Про вплив зневоднювача на вміст вологи у гідроксиді алюмінію. *Металургія як основа сучасної промисловості : матеріали XXIV наук.-техн. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, м.Запоріжжя, 26-29 лист. 2019 р. Запоріжжя : ІІ ЗНУ, 2019. С. 7,27.*
15. Нестеренко Т. М. *Металургія легких металів : метод. вказівки до лабораторних занять по розділу “Металургія первинних легких металів”*. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 60 с.
16. 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.
17. Волков В. С., Пелькис П. С. *Справочник физико-химических характеристик различных веществ*. Киев : Наукова думка, 1987. С.73–87.
18. *Краткий справочник физико-химических величин : справочник / Н. М. Барон и др. ; под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой*. Ленинград : Химия, 1998. 232 с.
19. Захаров Л. Н. *Техника безопасности в химических лабораториях*. 2-е изд., перераб. Ленинград : Химия, 1991. 336 с.
20. *Охрана праці : навч. посіб. / Я. І. Бедрій та ін*. Львів : Афіша , 1997. 258 с.
21. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халимовський М. О. *Основи охорони праці : підручник*. Київ : Каравела, 2005. 393 с.
22. Жидецький В. Ц. *Основи охорони праці : підручник*. Львів : Афіша, 2002. 318 с.

23. 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.
24. Правила устройства электроустановок. Москва : Энергоиздат, 1982. 89 с.
25. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ : Держгірпромнагляд України, 2001. 17 с.
26. Тюріна Н. М., Ведерніков М. Д., Капінос Г. І. Економіка промислового підприємства : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 311 с.
27. Іващенко О. М. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 31 с.