

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
(повне найменування факультету)
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня _____ бакалавр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

напряму підготовки _____ 16 – хімічна та біоінженерія _____
(шифр і назва напряму підготовки)

спеціальності _____ 161 – Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Проект виробництва калієвої селітри потужністю 18 тис. т/рік з
розробкою стадії конверсії

Виконав: студент групи _____ ХТ-17Д _____

_____ Краснопольський О.П. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник _____ Зубцов Є.І. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедрою _____ Суворін О.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Шаповалова І.М. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
Напрямок підготовки _____ 16 – хімічна та біоінженерія _____
(шифр і назва)
Спеціальність _____ 161 – Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

" _____ " _____ 2021р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Краснопольському Олегу Петровичу

1. Тема проекту (роботи):

Проект виробництва калієвої селітри
потужністю 18 тис. т/рік
з розробкою стадії конверсії

Керівник проекту (роботи) Зубцов Є.І., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. №54/15.25

2. Строк подання студентом проекту (роботи) – 14 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Вибір допоміжного обладнання. 7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці. Висновки. Література.

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

1. Технологічна схема виробництва калієвої селітристадія конверсії з КВПіА (1 аркуш).
2. Креслення основного апарату (1 аркуш).
3. Матеріальний баланс (1 аркуш).

6. Дата видачі завдання – 28 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.04.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	02.05.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	10.05.2021	
4	Опис технологічної схеми	17.05.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	24.05.2021	
6	Вибір і розрахунок основного апарату	31.05.2021	
7	Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	04.06.2021	
8	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	06.06.2021	
9	Охорона праці	08.05.2021	
10	Висновки	09.06.2021	
11	Креслення технологічної схеми	10.06.2021	
12	Креслення основного апарату	12.06.2021	
13	Матеріальний баланс	14.06.2021	

Студент

_____ (підпис)

Краснопольський О.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Зубцов Є.І.

Реферат

Дипломний проект за темою «Проект виробництва калієвої селітри потужністю 18 тис. т/рік з розробкою стадії конверсії» складається з пояснювальної записки, що містить 72 сторінки, 15 таблиць, 1 рисунок, використано 22 найменувань літературних джерел. Графічна частина – 3 листи.

ВАКУУМ–КРИСТАЛІЗАТОР, БАРАБАННИЙ КРИСТАЛІЗАТОР, НІТРАТ КАЛІЮ, ЕКВІМОЛЕКУЛЯРНИЙ РОЗЧИН, ХЛОРИД НАТРІЮ, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, ВОДА ЗВОРОТНА

Метою завдання є розробка стадії конверсії у виробництві калієвої селітри потужністю 18 тис. т/рік.

В дипломному проекті обрано конверсійний спосіб отримання нітрату калію. Очищення KNO_3 відбувається в результаті додаткової перекристалізації первинних кристалів, а потім їх сушки. Розроблена технологічна схема стадії конверсії, виконані матеріальний та тепловий баланси, показано що заміна барабанних кристалізаторів на вакуум – кристалізатори, які не мають охолоджуючих водяних пристроїв дозволить знизити витрати за зворотною водою. Проведений розрахунок основного апарату стадії конверсії і очищення – кристалізатор першого ступеня з примусовою циркуляцією суспензії, конструктивний та механічний розрахунки. Розглянуті питання, що стосуються автоматизації технологічного процесу та екології в проєктованому виробництві. Розглянуті характерні шкідливі виробничі чинники у виробництві та запропоновані способи захисту робітників.

Зміст

Вступ	7
1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	9
2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	19
3 Опис технологічної схеми	23
4 Матеріальні і теплові розрахунки	30
5 Вибір і розрахунок основного апарату	36
6 Вибір допоміжного обладнання	40
7 Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	42
8 Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	50
9 Охорона праці	60
Висновки	70
Література	71

Вступ

Хімічна промисловість є найважливішою галуззю народного господарства і визначає глибину використання досягнень науково-технічної революції в народному господарстві.

Одним з калійних добрив є калієва селітра. Порівняно з іншими добривами калієва селітра має ряд переваг [1]:

- містить відразу два необхідних для зростання рослин елементи – азот і калій;
- містить азот у формі нітрату, який підсилює зростання рослин;
- не містить баластних речовин;
- не гігроскопічна.

Технічна калієва селітра (нітрат калію) ГОСТ 19790-74 містить 99,7 - 99,9% KNO_3 . Її застосовують в багатьох галузях промисловості і сільському господарстві. Продукт вищого сорту використовують у виробництві електровакуумного і оптичного скла. Калієва селітра входить до складу димних порохів (зміст солей кальцію і магнію не більше 0,002%) і піротехнічних композицій, використовується для виробництва емалей, гарту металів, в харчовій промисловості і як добрива.

Найбільший ефект досягається при внесенні KNO_3 під культури, що негативно відносяться до хлору: цукровий буряк, виноградники, тютюн, садові і ягідні культури, цитрусові та інші. Унаслідок високої вартості і дефіцитності калієва селітра доки в сільському господарстві має обмежене застосування.

Якість готового атестованого продукту регламентована ГОСТ 5.1138-71; він повинен містити в речовині не менш 99,9% KNO_3 ; вміст домішок не повинен перевищувати: вологи – 0,03%, хлоридів (NaCl) – 0,017%, карбонатів (K_2CO_3) – 0,01%, не розчинного у воді залишку – 0,01%, не розчинного в соляній

кислоті прокаленого залишку – 0,004%, речовин, що окисляються марганцевокислим калієм (у перерахунку на KNO_2) – 0,01%, солей Ca і Mg (у перерахунку на Ca) – 0,002%.

Розвиток калійної промисловості безпосередньо пов'язаний з основним споживачем солей калію – сільським господарством, оскільки більше 90% сполук калію, що виробляються промисловістю, використовується як добрива, а решта частини застосовується у вище перерахованих галузях промисловості.

Калій грає велику роль в регулюванні життєвих процесів, що відбуваються в рослинах. Зокрема він виконує наступні фізіологічні функції: впливає на вуглеводний обмін, тобто на утворення, розкладання і пересування крохмалю; впливає на азотний обмін і синтез білка в зелених рослинах; регулює активність інших мінеральних елементів живлення; нейтралізує органічні кислоти, що грають важливу фізіологічну роль, активізує різні ферменти; стимулює зростання молодих рослин і покращує їх водний режим.

Сучасне виробництво калійних добрив є однією з найбільш розвинених галузей хімічної промисловості. Кількість цих добрив, щорічно поставляються сільському господарству, вимірюється десятками мільйонів тонн [2].

Найбільшого поширення в промисловості набув конверсійний спосіб отримання KNO_3 , що полягає в обмінному розкладанні $NaNO_3$ і KCl . Основними недоліками даного способу є:

- висока собівартість готового продукту;
- утворення, як відхід, значної кількості розчину $NaCl$, який із-за домішок KNO_3 має обмежене застосування.

Таким чином, зниження собівартості калієвої селітри і зменшення кількості відходів в даний час особливо актуальні.

Даний дипломний проект присвячений розробці технології виробництва калієвої селітри, зокрема стадії конверсії.

1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва

1.1 Аналітичний огляд і патентний пошук

Нітрат калію (калієву селітру) можна одержати декількома методами. Порівняно простий метод - нейтралізація нітратної кислоти гідроокисом або карбонатом калію. Але KOH і K₂CO₃, які застосовуються як сировина містять багато домішок, тому для одержання чистого нітрату калію доводиться проводити перекристалізацію. За іншим методом вловлюють вихлопні нітрозні гази розчинами цих речовин. В останньому випадку отримують розчини нітрату та нітриту калію:

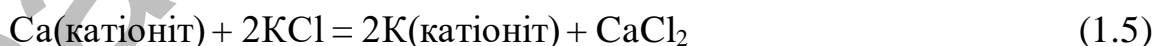


які інвертують нітратною кислотою за звичайною схемою



Однак названі способи виробництва нітрату калію нейтралізацією лугів нітратною кислотою або оксидами нітрогену через дефіцитність гідроокису калію й поташу застосовуються порівняно рідко [3].

Нітрат калію одержують також методом катіонного обміну з використанням нітрату кальцію й хлористого калію. Цей спосіб одержання нітрату калію схематично описується наступними рівняннями [4]:



Сутність методу полягає в обмінній гетерогенній реакції між катіоном твердої фази (катіонітом) і катіонами рідкої фази. У якості катіонітів застосовуються різні природні й штучні цеоліти, сульфуроване вугілля, органічні смоли. Основний процес одержання нітрату калію здійснюється в колонах, наповнених катіонітом (зерна розміром 1-2 мм, наприклад марки КУ-1), у яких

поперемінно проводиться обробка катіоніту розчином нітрату кальцію (операція катіонного обміну), а потім розчином хлористого калію (операція регенерації катіоніту). Розчин нітрату калію, отриманий на стадії катіонного обміну, при охолодженні одержують первинні кристали KNO_3 , а з них після перекристалізації – продукт зі змістом 99,8% KNO_3 .

Виробництво нітрату калію зазначеним методом - процес порівняно енергоємний, однак нескладний за технологічним й конструктивним оформленням, однак відрізняється значними об'ємами стоків.

Прямі способи одержання нітрату калію засновані на взаємодії хлориду калію з нітратною кислотою, рідкими або газоподібними оксидами нітрогену:



При розкладанні хлориду калію 30-40%-ою нітратною кислотою при температурі нижче 333 К основним газоподібним продуктом реакції є хлорид водню. При концентрації HNO_3 вище 40-50% і температурі 333-373К виявляється помітний вплив реакції (1.2) і в газову фазу виділяються більш легкі, чим хлорид водню, хлор і хлористий нітрозіл. Реакція (1.7) зворотна, вона зрушується вправо із збільшенням кислотності розчину й підвищенням температури. При розкладанні хлориду калію надлишком 65% HNO_3 при температурі 353-373К реакція (1.2) практично повністю направлена у бік утворення NOCl і Cl_2 .

Різновидом прямого методу є спосіб одержання нітрату калію, розроблений в Австралії, де замість нітратної кислоти із хлористим калієм взаємодіє двоокис нітрогену, що застосовують для того, щоб запобігти утворенню води в процесі й у такий спосіб зменшити корозію. Процес

проводять при кімнатній температурі середовища. Нітратна кислота, що бере участь у реакції, не є окислювачем вона лише розчиняє вихідні продукти. Весь процес одержання нітрату калію складається із чотирьох етапів.

1. Одержання нітрату калію і його відділення:



2. Реакція взаємодії HCl і N₂O₄ з утворенням газоподібного нітрозилхлориду й рециркуляція HNO₃, що утворилася на перший етап:



3. Окислювання нітрозилхлориду киснем і виділення чистого хлору шляхом дистиляції; рециркуляція зливу дистиляційної колони на другий етап процесу:



4. Одержання N₂O₄.

Розроблено промисловий спосіб одержання нітрату калію з нітратної кислоти й хлористого калію в середовищі органічного розчинника. Така установка потужністю 100 тис. т KNO₃ у рік працює в Ізраїлі. За цим способом реакція (1.10) протікає при порівняно низьких температурах, що виключає можливість утворення хлористого нітрозилу та усуває деякі проблеми, пов'язані із сильною корозією. У присутності розчинника реакція стає необоротною, а нітрат калію виділяється у твердому вигляді. Як органічне середовище можуть бути використані бутиловий, ізоаміловий спирт.

Великий інтерес представляє метод одержання нітрату калію, заснований на здійсненні реакції між твердим хлористим калієм і газоподібним або рідким двоокисом нітрогену:



Ця реакція каталітично прискорюється в присутності незначних кількостей води і йде з великою швидкістю при низькій температурі (273K).

Реакція з газоподібним двоокисом нітрогену може проводитися в кульових або трубчастих млинах, а з рідкої - в автоклаві.

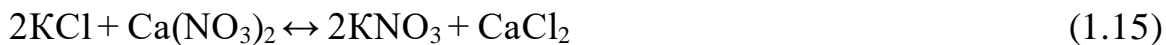
Одержання нітрату калію описаними вище прямими методами економічно вигідно лише тоді, коли використовується газ, що відходить, утримуючий хлор у вигляді HCl , Cl_2 і NOCl . При цьому особливо важливо утилізувати хлористий нітрозіл. Він може бути окислений до NO_2 і Cl_2 киснем повітря в присутності концентрованої нітратної кислоти, а також киснем повітря в присутності каталізатору (Mn , Fe_2O_3 і інші). Існують і інші способи переробки хлористого нітрозілу. Всі ці способи одержання нітрату калію із хлористого калію й нітратної кислоти (або окислів нітрогену) не знайшли поки широкого промислового застосування через труднощі, зв'язані головним чином, зі значною корозією апаратури. Але вони становлять значний інтерес, оскільки не вимагають витрат дефіцитної сировини - гідроокису калію й поташу [3].

Найбільше промислове поширення знайшов конверсійний метод, що полягає в обмінному розкладанні між нітратами натрію, кальцію або амонію й хлоридом, сульфатом або карбонатом калію. У Франції розроблений і здійснений на практиці процес, заснований на реакції:



Істотним недоліком даного способу є необхідність після виділення нітрату калію при низьких температурах випарювати надзвичайно агресивні розчини хлориду амонію. Тому все встаткування, що перебуває в контакті з NH_4Cl виготовляється з вуглецевомолібденової сталі.

Розроблений у Швейцарії спосіб одержання калієвої селітри полягає в обмінному розкладанні хлориду калію з нітратом кальцію:



Спосіб відрізняється багатостадійністю: після виділення при температурі (263К) нітрату калію матковий розчин випарюють, а виділяється при охолодженні до 293 К подвійну сіль $\text{KNO}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ повертають на першу стадію. Із цієї солі при охолодженні розчину до 263К може бути виділений $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Вихід нітрату калію в даному способі не перевищує 76%, при утилізації маткового розчину та відділення хлориду кальцію вихід KNO_3 може бути підвищений до 92%.

Запропоновано проводити конверсію в середовищі ізопропілового спирту, а також поліспиртів і кетонів, у яких KNO_3 практично нерозчинний, а CaCl_2 порівняно добре розчинний.

На основі нітрату кальцію й сульфату калію розроблений конверсійний процес одержання нітрату калію:



У даному способі гіпс фільтрують при 333 К, а з фільтрату при охолодженні до 293К кристалізується нітрат калію. Для запобігання втрат калію у вигляді подвійної солі $\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при кристалізації гіпсу в розчин вводять надлишок нітрату кальцію й ретельно контролюють цей надлишок. Домішки сульфатів і хлоридів магнію й натрію, що втримуються в сировині, виводять при розпарюванні маткового розчину. Одержаний у такий спосіб продукт містить до 99,9% KNO_3 .

Всі ці способи одержання калієвої селітри не знайшли широкого промислового застосування через труднощі, зв'язаних головним чином зі значною корозією апаратури.

Найбільше промислове поширення одержав, що став традиційним, спосіб одержання KNO_3 , заснований на обмінному розкладанні NaNO_3 і KCl :



Рівноважний зміст солей, що беруть участь у цій реакції, сильно залежить від температури процесу.

При низьких температурах розчинність калієвих солей нижче, ніж натрієвих, а при високих температурах – навпаки. Необхідно відмітити, що у всьому інтервалі температур 278 - 373К нітрат натрію не утворює подвійних сполук. Це пояснюється структурними перебудовами розчинів при підвищенні концентрації нітратів у воді й утворенні іонних асоціатів. Найбільш оптимальною температурою для даного процесу є 393 - 408К. Виробництво нітрату калію зазначеним методом - процес технологічно простий й пов'язаний із застосуванням недефіцитної сировини. Одержуваний у такій спосіб продукт містить 99,9% KNO_3 .

Патентний пошук по темі «Стадія конверсії у виробництві калієвої селітри» представлений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Патентний пошук

Країни, по яким проведено пошук	Індекс патентної кваліфікації	Вид використаних джерел	Глибина пошуку	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4	5
Білорусь	C 01B 25/45, C 05G 1/00	findpatent.com	2010-2015	Патент а20100532 від 30.06.2012 Спосіб отримання калійаммонійфосфату і гранульованих комплексних добрив.
Білорусь	C 01 D 9/10, C 05 C 5/02	findpatent.com	2000-2010	Патент а 20000815 від 30.03.04 Спосіб отримання нітрату калію.
Білорусь	C05 D1/02	findpatent.com	2000-2005	Патент а20020313 від 30.09.2005 Спосіб отримання водорозчинних безхлорних добрив і спосіб отримання суспендованих рідких комплексних добрив.
Білорусь	C05 G1/06	findpatent.com	2000-2005	Патент а20020526 від 30.09.2005 Спосіб отримання водорозчинних NPK добрив з низьким вмістом хлору і спосіб отримання суспендованих рідких комплексних добрив.
Білорусь	C 01D 9/10, C 05D 1/02, C 05 C 5/02, 9/00	findpatent.com	2000-2010	Патент а 20020223 від 30.12.05 Спосіб отримання нітрату калію і спосіб отримання рідкого комплексного добрива.
Білорусь	C 01 D 9/10, C 05 G 1/00	findpatent.com	2010-2015	Патент а 20100238 від 18.01.12 Спосіб отримання нітрату калію і комплексних NK і NPK добрив.

Продовження табл. 1.1.

1	2	3	4	5
Російська Федерація	C01D9/04	ru-patent.info	1999- 2001	<p>Патент 2159738 від 27.11.2000</p> <p>Спосіб отримання нітрату натрію. Винахід відноситься до хімічної промисловості та може бути використаний на підприємствах з виробництва солей нітратної кислоти. Сутність: спосіб отримання нітрату натрію складається в тому, що реакцію нітратної кислоти з розчином соди і (або) їдкою натру проводять в дві стадії, причому на першій стадії процес проводять в кислому середовищі при постійному продуванні повітря через реактор, що забезпечує видалення з зони реакції газових домішок, підтримуючи кислотність розчину на виході з реактору 30-80 г/л HNO_3, а на другій стадії розчин нейтралізують содою і (або) їдким натром до рН 8-10.</p>
Російська Федерація	C05C5/04	findpatent.com	1999- 2001	<p>Патент 2146663 від 20.03.2000</p> <p>Спосіб отримання азотно-калійного добрива, що містить нітрат кальцію, його продукти. Винахід відноситься к способу отримання НК-добрив, за змістом з кальцій нітратного добрива і нітрату калію, і к гомогенним продуктам НК-добрив. Кальційнітратні добрива зплавляють разом з нітратом калію з утворенням їх розплаву або суспензії, які перетворюються в частки з утворенням гомогенного НК-добрива.</p>

1.2 Обґрунтування вибраного способу

Отримання нітрату калію нейтралізацією лугів нітратною кислотою, унаслідок необхідності витрати дорогої сировини – гідроокису калію або поташу і нітратної кислоти – здійснюють рідко. Для нейтралізації береться 30 - 35% розчин КОН і 50% нітратна кислота або сухий поташ, що містить 85 - 87% K_2CO_3 і близько 5% $KHCO_3$, і 25 - 30% нітратна кислота.

Спосіб отримання нітрату калію абсорбцією калійними лугами нітрозних газів також застосовується в обмежених масштабах через дефіцитність гідроокису калію і особливо поташу.

Представляє інтерес отримання нітрату калію з оксидів азоту і хлористого калію. Проте для його промислового застосування необхідне рішення питань пов'язаних із значною корозією апаратури.

Процес отримання калієвої селітри катіонообмінним способом не вимагає застосування дефіцитної сировини, нескладний за технологічним і конструктивним оформленням, проте відрізняється великими об'ємами стоків, що також не дозволяє застосовувати його в промислових масштабах.

Найбільше промислове розповсюдження має конверсійний спосіб отримання нітрату калію, який приймається до подальшої розробки в дипломному проекті, зокрема стадія конверсії.

Очищення KNO_3 відбувається в результаті додаткової перекристалізації первинних кристалів, а потім їх сушки.

У діючому виробництві на стадії кристалізації використовуються барабанні кристалізатори, у яких випадіння кристалів відбувається за рахунок охолодження водою. Витрата зворотної охолоджуючої води відповідно до технологічного регламенту виробництва становить 90 м^3 на 1 т готового продукту.

Пропонується заміна застарілого обладнання (барабанних кристалізаторів) на вдосконалені вакуум - кристалізатори. Вакуум - кристалізатори не мають охолоджуючих водяних пристроїв. Зниження температури кипіння реакційного розчину відбувається за рахунок зниження тиску, що приводить до кипіння розчину за всім об'ємом. Крім того, при розрідженні у кристалізаторі температура кипіння розчину знижується. Тому вони застосовують для чутливих до високої температури розчинів, а також для висококиплячих розчинів, коли температура гріючого агента не дозволяє вести процес під атмосферним тиском. Використання вакууму також дозволяє збільшити різницю температур між гріючим агентом і киплячим розчином, а, отже, зменшити витрату гріючого агента і поверхню теплообміну.

Великою перевагою вакуумних апаратів є їх герметизація, що дозволяє створити санітарно-гігієнічні умови праці, що дуже важливо для хімічних виробництв, пов'язаних з переробкою не тільки корозійно-активних, але і токсичних розчинів [6].

Впровадження технічного рішення по заміні обладнання дозволяє знизити витрати за зворотною водою на: $90 - 62 = 28 \text{ м}^3$.

2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції

Основною сировиною для виробництва калієвої селітри конверсійним методом є нітратна кислота, кальцинована сода, повітря, вода.

Нітратна кислота (HNO_3) – безводна, являє собою безбарвну рідину, щільність $1,35 \text{ кг/дм}^3$ із сильним їдким запахом, на повітрі нітратна кислота димить. З водою змішується у всіх відношеннях. У виробництві калієвої селітри застосовується нітратна кислота концентрацією не менш 56% (мас.).

Вона має яскраво виражені окисні властивості. Окиснюючи інші речовини, нітратна кислота віддає їм частину кисню, а сама при цьому розпадається з виділенням оксидів азоту.

Молекулярна маса	63,01г/моль
Щільність при 288К	1,53кг/м ³
Температура кипіння	359К
Температура плавлення	231К
Теплота плавлення	39,8 кДж
Теплота випаровування	412кДж

Сода кальцинована або вуглекислий натрій – безводний карбонат натрію (Na_2CO_3), у чистому виді являє собою білий кристалічний порошок. Щільність $2,53 \text{ кг/дм}^3$. У воді сода розчиняється добре з виділенням тепла. Кальцинована сода повинна задовольняти наступним вимогам: масова частка Na_2CO_3 у %: 1 сорт – не нижче 98,4; 2 сорт – не нижче 97,5, масова частка хлоридів у перерахуванні на NaCl у %: 1 сорт – не більше 0,5; 2 сорт – не більше 0,8.

Повітря являє собою суміш багатьох газів.

Склад повітря, %:

Азот

- за об'ємом

78,2

- за масою	75,5
Кисень	
- за об'ємом	20,9
- за масою	23,2
Інертні гази	
- за об'ємом	0,9
- за масою	3

При температурі мінус 413 К і тиску близько 4 МПа повітря конденсується в безбарвну прозору рідину.

Маса 1 л повітря при 273 К і нормальному атмосферному тиску 1,293 г

Температура кипіння 83 К

Температура плавлення кисню 54,2 К

Щільність сухого повітря при температурі 293 К 1,205 кг/м³

Теплоємність при температурі 293 К 4,18 Дж/(кг·К)

Вода. Чиста вода являє собою безбарвну прозору рідину. Щільність води при переході її із твердого стану в рідке не зменшується, як майже у всіх інших речовин, а зростає. При 277 К вода має максимальну щільність, і лише при подальшому нагріванні її щільність зменшується

Температура кипіння 283 К

Температура плавлення 273 К

Хлористий калій (KCl) – ГОСТ 568-83 «дрібний», 1-й або 2-й сорт із масовою часткою калію в перерахуванні на K₂O не менш 60 і 50 відповідно.

У чистому виді являє собою білий кристалічний порошок. Щільність 1,99 г/см³. Розчинність у воді значно змінюється з температурою: в 100 г води при температурі 293 К розчиняється 34 г KCl, а при 273 К – 56,7 г KCl.

Калієва селітра являє собою безводну кристалічну сіль білих кольорів з жовтувато-сіруватим відтінком.

Відносна молекулярна маса	101,103 кг/кмоль
Щільність	2,11 т/м ³
Температура плавлення	605,8 К
Теплота плавлення	11,89 кДж/моль
Ентальпія утворення при 298°К	493 кДж/моль

Термічне розкладання нітрату калію починається при температурі 806–834 К і відбувається з утворенням нітрату калію, кисню й слідів окису азоту. Зі збільшенням температури від 933 К до 1073 К різко збільшується ступінь дисоціації нітрату калію, і в розплаві з'являється не тільки нітрит, але й оксид калію K₂O.

Нітрат калію – сильний окиснювач. При температурі вище 613 К він інтенсивно розкладається у власному розплаві з утворенням атомарного кисню й KNO₂.

Нітрат калію не розчиняється в етиловому спирті, діетиловому ефірі, розчиняється в гліцерині, етиленгліколі.

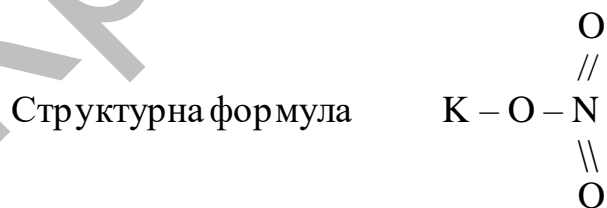
Калієва селітра застосовується:

- марка Б – для виробництва спеціальних сумішей, для знебарвлення й посвітління кришталевого скла, для зміцнення виробів зі скла;

- марка В – для виробництва емалей, термосолей, теплоносіїв, для знебарвлення й посвітління технічного скла, для роздрібної торгівлі.

Калієва селітра є коштовним добривом. Особливо гарним добривом KNO₃ є для овочевих, плодових, ягідних культур і картоплі.

Калієва селітра. Емпірична формула – KNO₃.



У таблиці 2.1 наведені марки й норми вмісту речовин у калієвій селітрі.

Таблиця 2.1 – Технічні норми KNO_3 [3]

№п/п	Найменування показників	Норма для марок	
		Б	В
1.	Зовнішній вигляд	Білі кристали з жовтувато-сіруватим відтінком	
2.	Масова частка азоткислого калію, % не менш	99,90	99,85
3.	Масова частка води, % не більше	0,08	0,1
4.	Масова частка хлористих солей у перерахуванні на NaCl, % не більше	0,017	0,03
5.	Масова частка вуглекислих солей у перерахуванні на K_2CO_3 , % не більше	0,01	0,01
6.	Масова частка нерозчинного у воді залишку, % не більше	0,01	0,03
7.	Масова частка речовин, що окиснюються марганцевокислим калієм, у перерахуванні на KNO_2 , % не більше	0,01	0,01
8.	Масова частка солей кальцію й магнію в перерахуванні на Ca, % не більше	0,002	0,02
9.	Масова частка заліза, % не більше	0,005	---

3 Опис технологічної схеми

Технологічний процес виробництва калієвої селітри складається з наступних стадій:

- приготування лугів нітрату натрію;
- приготування розчину хлористого калію і нітрату натрію в еквімолекулярному співвідношенні і фільтрація розчину;
- конверсія хлористого калію і нітрату натрію;
- відділення від реакторного розчину шламу хлористого натрію і приготування розсолу;
- отримання первинного кристалу калієвої селітри;
- приготування розпареного розчину;
- отримання вторинного кристалу калієвої селітри;
- центрифугування суспензії;
- сушка і пакування готового продукту.

Луги нітрату натрію (рис. 3.1, табл. 3.1, 3.2) з сховища самопливом подаються в розчинник хлористого калію поз. 1, в якому підігріваються парою, що подається в змійовик розчинника. При досягненні температури 353-368 К в розчинник завантажується технічний хлористий калій із змістом 95-98% KCl. Передбачено автоматичне відключення подачі лугів нітрату натрію в розчинник хлористого калію поз. 1 при зростанні рівня до 80 % шкали приладу.

Під час завантаження проводиться перемішування розчину мішалкою від електроприводу і температура розчину підтримується в межах 353-368 К. Процес розчинення вважається закінченим досягши еквімолекулярного співвідношення. Еквімолекулярний розчин KCl і NaNO_3 концентрацією 50-55%.

Таблиця 3.1 – Умовні позначення і найменування трубопроводів

Умовне графічне позначення	Найменування середовища в трубопроводі
———— 1 ————	Розчин KCl і NaNO ₃
———— 2 ————	Освітлений маточний розчин
———— 3 ————	Суспензія
———— 4 ————	Первинні кристали KNO ₃
———— 5 ————	Розчин з відстійника
———— 6 ————	Суспензія KNO ₃
———— 7 ————	Розчин з відст. зон кристал.
———— 8 ————	Маточник
———— 9 ————	Кристали KNO ₃
———— 10 ————	Оборотна вода
———— 11 ————	Пара

Таблиця 3.2 – Умовні позначення і найменування обладнання

Позначення	Найменування	Кількість
1	2	3
1	Розчинник	1
2	Фільтрпрес	1
3	Підігрівник	1
4	Випарний апарат	1
5	Гріюча камера	1
6	Ліхтар	1
7	Сепаратор	1
8	Конденсатор	1
9	Збірник	1
10	Центрифуга	1
11	Збірник	1
12	Збірник	1
13	Кристалізатор I ступеню	1
14	Ліхтар	1
15	Конденсатор	1
16	Відстійник	1
17	Центрифуга	1
18	Розпарник кристалів	1
19	Збірник	1
20	Фільтрпрес	1
21	Переливні ємності	1
22	Кристалізатор II ступеню	1
23	Конденсатор	1
24	Розчинник	1
25	Відстійник	1

Продовження табл. 3.2.

1	2	3
26	Центрифуга	1
27	Збірник	1
28	Сушарка	1
29 ₁₋₈	Насос	8

Кількість хлористого калію, що завантажується в розчинник поз. 1 визначається розрахунковим шляхом, за щільністю і об'ємом лугів нітрату натрію в розчиннику хлористого калію і заданого еквімолекулярного співвідношення.

Приготований розчин з розчинника насосом через фільтрпрес поз. 2 перекачується в підігрівач поз. 3.

З підігрівача свіжого розчину поз. 3 фільтрований розчин KCl + NaNO₃ періодично перекачується в реактор (вакуумний випарний апарат) поз. 4, що є вертикальною циліндричною судиною з конічним днищем, що має всередині гріючу камеру і циркуляційну трубу.

Об'єм свіжого розчину, що закачується в реактор, контролюється по трьом оглядовим склам, встановленим на реакторі і приладам, встановленим по місцю і в щитовій.

Необхідний для оптимального процесу конверсії надлишок нітрату натрію по відношенню до хлористого калію створюється дозуванням первинного маткового розчину із збірника первинного маткового розчину поз. 12. Об'єм первинного маткового розчину із змістом NaCl 15-18% (мас.), що закачується в реактор (як правило, двічі за операцію) не менше 4 м³.

Промивна вода і первинний матковий розчин подається в реактор періодично. Утворення нітрату калію відбувається за реакцією:



Упарювання розчину проводиться парою, зредукованою від тиску 1,0-1,7 МПа до тиску 0,5 МПа. Подача пари в гріючі камери реактора поз. 4 регулюється дистанційно. Освітлений матковий розчин з відстійної зони випарного апарату подають в трубки випарної гріючої камери поз. 5, де нагрівають парою до 403-423 К.

Процес конверсії продовжується близько 4 годин. Після закінчення процесу конверсії температура розчину повинна бути 393-403 К, щільність розчину 1,64-1,68 г/см³.

Пари, що утворюються в процесі конверсії, поступають в сепаратор поз. 7 і конденсатор поз. 8 для відділення крапель реакційного розчину і потім скидаються в атмосферу.

Упарений і проконвертований розчин з реактора поз. 4 подається в збірник поз. 9 звідки подається на центрифугу поз. 10, з якої фільтрат (реакторний розчин) поступає в збірник реакторного розчину поз. 11, а шлам хлористого натрію відмивається від іонів калію і нітрат іонів паровим конденсатом до змісту KNO_3 не більше 1-2%.

Промивна вода, що утворилася при промивці шламу хлористого натрію від іонів калію, прямує в збірник промивних вод поз. 12, з якого в міру необхідності відцентровим насосом поз. 29/3 відкачується в реактор поз. 4.

Реакторний розчин із збірника реакторного розчину поз. 11, що має масову концентрацію нітрат іону в перерахунку на KNO_3 1100-1300 г/дм³ і масову концентрацію хлористого натрію 140-210 г/дм³, насосом поз. 29/2 подається в кристалізатор первинної кристалізації поз. 13, що є циліндр ичною судиною, що обертається, з подвійними стінками, між якими подається охолоджуюча вода.

У зв'язку з тим, що реакційний розчин, що має масову концентрацію нітрат іону в перерахунку на нітрат калію не більше 550 г/дм³ і масову

концентрацію хлористого натрію не більше 70 г/дм^3 , в кристалізатор поз. 13 подається відцентровим насосом поз. 29/6 із збірки вторинного маткового розчину поз. 27.

Реакторний розчин і вторинний матковий розчин, які поступають в первинний кристалізатор поз. 13 за рахунок зворотної води, що подається в сорочку кристалізатора, охолоджуються, утворюючи первинні кристали калієвої селітри, що мають масову частку хлористого натрію не більше $6,0\%$.

Температура суспензії на виході з кристалізатора повинна бути не вище 323 K , що дозволить отримувати масову концентрацію нітрат іону в перерахунку на нітрат калію в матковому розчині з кристалізатора від 450 до 530 г/дм^3 .

Суспензія калієвої селітри з температурою не більше 333 K з кристалізатора поз. 13 подається у відстійник поз. 16.

У відстійнику поз. 16 за рахунок відцентрової сили відбувається розділення суспензії на матковий розчин, що йде в змішувач поз. 12 і загущену суспензію, що поступає в розчинник кристалів поз. 18 в якому відстоюється. Під час відстоювання відбувається відділення кристалів від первинного маткового розчину.

Кристали збираються над сіткою, а матковий розчин, пройшовши крізь комірки сітки, поступає в нижню частину розчинника, з якого відкачується в збірку первинного маткового розчину поз. 19.

Кристали, що зібралися над сіткою, промиваються від хлористого натрію вторинним маточником або конденсатом до масової частки його в кристалі не більше $1,0\%$.

Промиті кристали калієвої селітри розпарюються шляхом подачі пари в барботер розчинника.

Розпарені кристали з розчинника відцентровим насосом поз. 29/4 через фільтрпрес поз. 20 подають в кристалізатор другого ступеня поз. 22.

Розпарений розчин з розчинника повинен мати масову концентрацію хлористого натрію не більше 95 г/дм^3 і масову концентрацію нітрат іону в перерахунку на нітрат калію не менше 1000 г/дм^3 .

Розчин, що поступив у вакуум-кристалізатор, охолоджується за рахунок кипіння у вакуумі 90 кПа з утворенням суспензії.

Освітлений розчин з відстійних зон кристалізатора через переливні судини поз. 21 відцентровим насосом поз. 29/5 подається в розчинник поз. 24, де розчиняються дрібні кристали калієвої селітри і далі подається у відстійник поз. 25.

У відстійнику поз. 25 відбувається розділення суспензії на матковий розчин, що йде в збірник поз. 27 і загущену суспензію, що поступає в розподільну коробку центрифуги поз. 26.

Рідка фаза – матковий розчин з центрифуги самопливом поступає в збірник поз. 27, далі відцентровим насосом поз. 29/6 подається в кристалізатор першого ступеня поз. 13.

Кристали з центрифуги поступають в сушарку поз. 28. Сушарка поз. 28 є циліндричною судиною, що обертається, завдовжки 11 метрів і що має усередині лопасті. За рахунок обертання, нагнітання повітря і ухилу кристали переміщуються по сушильному барабану. Для сушки кристалів в сушильний барабан вентилятором подається повітря, заздалегідь нагрітий паром в калориферах до температури $383\text{-}433 \text{ К}$.

З сушарки повітря з температурою $313\text{-}333 \text{ К}$ поступає на очищення в циклон з якого вентилятором подається в збірку вторинного маткового розчину. Кристали калієвої селітри поступають в бункер готового продукту і далі на пакування [5].

4 Матеріальні і теплові розрахунки

4.1 Матеріальні розрахунки

Вихідні дані:

Продуктивність за KNO_3 18000 т/рік

Склад розчину нітрату натрію [5] % мас., у т.ч.

NaNO_3 48,23

NaCl 1,56

H_2O 50,09

Склад хлористого калію [5] % мас., у т.ч.

KCl 95,0

NaCl 5,0

Утворення калієвої селітри відбувається за реакцією:



Молекулярні маси (г/моль):

$M(\text{NaNO}_3) = 85$

$M(\text{NaCl}) = 58,5$

$M(\text{KCl}) = 74,5$

$M(\text{KNO}_3) = 101$

Відповідно до завдання потужність виробництва складає:

18000 т/рік або $18000/7920 = 2,27$ т/год,

де 7920 – ефективний фонд робочого часу, годин.

Кількість NaNO_3 , що поступає на конверсію із стадії виробництва нітрату натрію, на 1 т KNO_3 складає:

$1000 \cdot 85/101 = 841,55$ кг, або

$841,55 \cdot 2,27 = 1910,32$ кг/год

В результаті реакції утворюється:

KNO_3 : $1910,32 \cdot 101/85 = 2269,91$ кг/год

NaCl : $1910,32 \cdot 58,5/85 = 1314,75$ кг/год

Необхідна кількість KCl :

$74,5 \cdot 1910,32/85 = 1674,33$ кг

З цією кількістю KCl поступить 5% NaCl або:

$1674,33 \cdot 5/95 = 88,12$ кг/год

Отже, в розчинник KCl надходить, кг/год:

1. Розчин нітрату натрію

у т.ч. NaNO_3 – 48,23% мас. – 1910,32 кг/год

NaCl – 1,56% мас. – 61,79 кг/год

H_2O – 50,09% мас. – 1983,99 кг/год

Разом: 3956,1 кг/год

2. Хлористий калій

у т.ч. KCl – 1674,33 кг/год

NaCl – 88,12 кг/год

Разом: 1762,45 кг/год

3. Кількість конденсату сокової пари для розбавлення розчину до 26%-ї концентрації за NaNO_3 складає 1600 кг

Спільна кількість розчину, що виходить з розчинника KCl :

$3956,1 + 1762,45 + 1600 = 7318,55$ кг/год

Кількість кристалів NaCl , які необхідно видалити з реакційного розчину:

$1314,75 + 61,79 + 88,12 = 1464,66$ кг/год

Необхідний для оптимального процесу конверсії надлишок NaNO_3 по відношенню до KCl створюється дозуванням первинного маткового розчину у вакуумний кристалізатор, кількість якого складає 9346 кг/год [5], що містить KNO_3 – 40,9%; NaCl – 16,5%; H_2O – 42,6%.

$$\text{KNO}_3: 9346 \cdot 0,409 = 3823 \text{ кг}$$

$$\text{NaCl}: 9346 \cdot 0,165 = 1542 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O}: 9346 \cdot 0,426 = 3981 \text{ кг}$$

З врахуванням KNO_3 і NaCl , що утворилися по реакції 4.1, на виході з вакуумного випарного апарату в розчині міститиметься:

$$\text{KNO}_3: 2269,91 + 3823 = 6092,91 \text{ кг/год}$$

$$\text{NaCl}: 1464,66 + 1542 = 3006,66 \text{ кг/год}$$

$$\text{H}_2\text{O}: 3583,99 + 3981 - 7058 = 506,99 \text{ кг/год}$$

$$\text{Разом: } 9606,56 \text{ кг/год}$$

де 7058 - кількість сокової пари [5].

Упарений і проконвертований розчин після випарного апарату надходить на центрифугу для видалення кристалів NaCl .

Для відмивання шламу NaCl від калієвої селітри на центрифугу подається 870 кг/год конденсату сокової пари:

Разом на центрифугу надходить:

$$9606,56 + 870 = 10476,56 \text{ кг/год}$$

З розчину виділяється 1571,48 кг/год кристалів NaCl , при вологості 5% в них міститься води:

$$1571,48 \cdot 5/95 = 82,71 \text{ кг/ч}$$

Склад шламу NaCl :

$$\text{NaCl} - 1571,48 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 82,71 \text{ кг}$$

$$\text{Разом: } 1654,19 \text{ кг}$$

Склад маткового розчину:

$$\text{KNO}_3 - 6092,91 \text{ кг/год}$$

$$\text{NaCl} - 3006,66 - 1571,48 = 1435,18 \text{ кг/ч}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 506,99 + 870 - 82,71 = 1294,28 \text{ кг/ч}$$

Разом: 8822,37 кг/год

Наведені вище розрахунки зведені в таблицю матеріального балансу (таблиця. 4.1) стадії конверсії.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс стадії конверсії

Прихід			Витрата		
Потік	кг/год	% мас.	Потік	кг/год	% мас.
Розчинник KCl					
1. Розчин нітрату натрію, у т.ч.	3956,1	100	1. Еквімолекулярний розчин на конверсію, у т.ч.	7318,55	100
NaNO ₃	1910,32	48,2	NaNO ₃	1910,32	26,2
NaCl	61,79	1,56	KCl	1674,33	23,0
H ₂ O	1983,99	50,24	NaCl	149,91	2,0
			H ₂ O	3583,99	48,8
2. Хлористий калій, у т.ч.	1762,45	100			
KCl	1674,33	95,0			
NaCl	88,12	5,0			
3. Конденсат сокової пари	1600	100			
Разом	7318,55		Разом	7318,55	
Вакуум – випарний апарат					
1. Еквімолекулярний розчин на конверсію, у т.ч.	7318,55	100	1. Упарений розчин, у т.ч.	9606,56	100
NaNO ₃	1910,32	26,2	KNO ₃	6092,91	56,5
KCl	1674,33	23,0	NaCl	3006,66	28,9
NaCl	149,91	2,0	H ₂ O	506,99	14,6
H ₂ O	3583,99	48,8			
2. Матковий розчин, у т.ч.	9346	100	2. Сокова пара	7058	100
KNO ₃	3823	40,9			
NaCl	1542	16,5			
H ₂ O	3981	42,6			
Разом	16664,56		Разом	16664,56	

4.2 Теплові розрахунки

Вихідні дані:

Температура вхідного потоку – 80°C (353 K)

Температура упареного розчину – 145°C (418 K)

Теплові втрати складають 5% від приходу теплоти. Термодинамічні характеристики речовин представлені в таблиці 4.2 [9].

Таблиця 4.2 – Термодинамічні характеристики речовин

Речовина	Ентальпія утворення, кДж/моль	Теплоємність, кДж/(кмоль·град)
KNO ₃	-492,71	77,52
KCl	-435,89	93,9
NaCl	-410,9	47,25
NaNO ₃	-466,5	43,77
H ₂ O(р)		75,31
H ₂ O(г)		33,58

Розраховуємо тепловий ефект реакції:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{\text{утв.вих.}} - \sum \Delta H_{\text{утв.пр.}}$$

$$\Delta H_p = -492,71 - 410,9 + 435,89 + 466,5 = -1,22 \text{ кДж}$$

Прихід тепла

1. Теплота екзотермічної реакції:

$$Q_p = |\Delta H_p| \cdot \nu = 1,22 \cdot 2269,91 \cdot 10^3 / 101 = 37784 \text{ кДж}$$

2. Теплота, що поступає з еквімолекулярним розчином:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{KCl}} + Q_{\text{лугів}}$$

$$Q_{\text{розчину}} = (1910,32/74,5 \cdot 93,9 + 149,91/58,5 \cdot 47,25 + 1674,33/85 \cdot 43,77 + 3583,99/18 \cdot 75,31) \cdot 80 = 2008402 \text{ кДж}$$

3. Теплота поступає з матковим розчином:

$$Q_{\text{лугів}} = (1542/58,5 \cdot 47,25 + 3823/101 \cdot 77,52 + 3981/18 \cdot 75,31) \cdot 80 = 1666485 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{пр}} = 37784 + 2008402 + 1817605 = 3863791 \text{ кДж}$$

Витрата тепла

1. Тепло, яка уноситься з упареним розчином

$$Q_{\text{у.р.}} = (6092,91/101 \cdot 77,52 + 3006,66/58,5 \cdot 47,52 + 1294,28/18 \cdot 75) \cdot 145 = 2284342 \text{ кДж}$$

2. Тепло витрачене на води:

$$Q_{\text{ф.п.}} = G \cdot i = 7058 \cdot 2711 = 19134238 \text{ кДж}$$

3. Тепло сокової пари:

$$Q_{\text{п}} = 7058 \cdot 33,58 \cdot 145 = 34366107 \text{ кДж}$$

4. Втрати тепла:

$$Q_{\text{втр}} = 3863791 \cdot 0,05 = 193189 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{вит}} = 2284342 + 19134238 + 193189 + 34366107 = 57715876 \text{ кДж}$$

Кількість тепла, що підводиться:

$$Q_{\text{підв}} = 57715876 - 3863791 = 53852085 \text{ кДж}$$

Витрата гріючої пари складе:

$$G_{\text{п}} = 53852085/2117 = 26778 \text{ кг/год}$$

де 2117 - тепло конденсації водяної пари при 5 атм, кДж/кг.

Наведені вище розрахунки зведені в таблицю теплового балансу 4.3.

Таблиця 4.3 – Тепловий баланс

Прихід	кДж/год	Витрата	кДж/год
1. З еквімолекулярним розчином	2008402	1. З упареним розчином	2284342
2. З матковим розчином	1666485	2. Тепло, витрачене на випар води	19134238
3. Тепло реакції	53852085	3. Тепло сокової пари	34366107
4. Кількість тепла, що підводиться	4258207	4. Втрати тепла	34366107
Разом	57715876	Разом	57715876

5 Вибір і розрахунок основного апарату

У проєктованому виробництві як основний апарат стадії конверсії і очищення пропонується до установки кристалізатор 1 ступеня з примусовою циркуляцією суспензії.

Кристалізатор I ступеню – вертикальна циліндрова судина з центральною циркуляційною трубою і осьовим насосом типа ОКВН-Е-15-70-Е, встановленим в нижній частині апарату.

Верхня частина апарату (ліхтар) розширена, за рахунок чого відбувається відокремлення краплин розчину від вторинної пари, що утворюється при скипанні розчину.

Перша частина ліхтаря має сорочку, в яку подається паровий конденсат для обігріву стінок і кільцевий промивник з розпилювальними соплами для періодичного промивання верху апарату

5.1 Технологічний розрахунок

Відповідно до матеріального балансу для забезпечення продуктивності по калієвій селітрі 18000 т/рік кількість розчину, що надходить у кристалізатор I ступеню складає 16664,56 кг/год.

Об'єм розчину, що надходить:

$$V_{\text{розч}} = 16664,56 / 1100 = 15 \text{ м}^3$$

де 1100 – щільність розчину, що поступає, кг/м³.

Робочий об'єм апарату:

$$V_{\text{ап}} = V_{\text{розч}} \cdot \alpha / \varphi = 15 \cdot 1,4 / 0,8 = 26,5 \text{ м}^3$$

де φ – коефіцієнт заповнення апарату.

α – запас продуктивності апарату.

На підставі отриманого об'єму вибираємо стандартний апарат з номінальним об'ємом 40 м³:

- діаметр апарату 2800 мм

- діаметр внутрішньої циркуляційної труби – 600 мм.

5.2 Розрахунок кількості води на конденсацію пари після кристалізації

1. $Q=57715876$ кДж

2. Поверхня теплопередачі. Конструктивно визначаємо розміри апарату. Корисний об'єм апарату:

$$V_{an} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H,$$

де $\pi = 3,14$;

D – діаметр апарату, 2800 мм;

H – висота апарату, 13 150 мм.

$$V_{an} = \frac{3,14 \cdot 2,8^2}{4} \cdot 13,15 = 80,93 \text{ м}^3$$

а його поверхня теплопередачі:

$$F = \pi \cdot D \cdot H + \pi \frac{D}{2} \cdot \frac{D\sqrt{2}}{2} = 3,14 \cdot 2,8 \left(13,15 \cdot \frac{2,8}{4} \sqrt{2} \right) = 124,32 \text{ м}^2$$

3. Середня різниця температур:

$$A = \frac{t - t_{2n}}{t - t_{2k}} = \frac{25 - 15}{25 - 20} = 20$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{1n} - t_{1k}}{2,31 \lg \frac{t_{1n} - t_{2n}}{t_{1n} - t_{2n}}} \cdot \frac{A - 1}{2,31 \lg A} = \frac{70 - 25}{2,31 \lg \frac{70 - 15}{25 - 15}} \cdot \frac{2,0 - 1}{2,3 \cdot 2,0 \cdot \lg 2,0} = 18,8^{\circ}\text{C}$$

4. По знайдених значеннях F, A і Δt_{cp} визначимо час кристалізації:

$$\tau = \frac{Q}{KF\Delta t_{cp}} = \frac{57715876 \cdot 10^3}{250 \cdot 124,32 \cdot 18,8} = 98777,136 \text{ сек}$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$.

5. Витрата води:

$$G_g = \frac{14,65 \cdot F}{c_2 \cdot \ln A} = \frac{14,65 \cdot 124,32}{4190 \cdot 2,3 \lg 2,0} = 0,6277 \text{ кг/сек}$$

де теплоємність води $c_2 = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$.

6. Загальна витрата зворотної води:

$$G_{зв.в} = G_g \cdot \tau = 98777,136 \cdot 0,6277 = 62002 \text{ кг} = 62 \text{ т} (62 \text{ м}^3)$$

5.3 Конструктивний розрахунок

Розрахунок товщини обичайки, проводиться за формулою [10]:

$$S_R = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi - P}$$

де P – максимальний надлишковий тиск в апараті, МПа;

$[\sigma]$ – допустима напруга, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шову;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм

$$S_R = \frac{0,6 \cdot 2800}{2 \cdot 210 \cdot 0,9 - 0,6} = 4,6 \text{ мм}$$

Виконавча товщина обичайки:

$$S = S_R + C$$

де C – сумарна надбавка до розрахункової товщини стінки:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

де C_1 – надбавка на корозію, мм;

C_2 – надбавка на ерозію, мм;

C_3 – технологічна надбавка, мм

$$C = 2 + 1 + 1 = 4 \text{ мм}$$

$$S = 4,6 + 4 = 8,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $S = 10$ мм.

Перевірочний розрахунок:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \quad \frac{10 - 4}{2800} = 0,02 < 0,1$$

Умова виконується.

Розрахунок товщини конічного днища проводиться за формулами:

$$S_1 = \frac{P \cdot D \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\delta]} + C$$

$$S_2 = \frac{P \cdot D}{(2\varphi[\delta] - P) \cdot \cos \alpha} + C$$

$$S_3 = \frac{P \cdot D}{2\varphi[\delta] - P} + C$$

де D – внутрішній діаметр більшого конуса, мм;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

y – коефіцієнт форми, залежний від радіусу і відношення $r/R = 0,01$, $y = 2,14$;

α – кут конусності, $\alpha = 22^\circ 30'$;

r – радіус відбортовки днища, $r = 0,001D$.

За розрахункову товщину стінки приймаємо більшу з трьох величин.

$$S_1 = \frac{0,6 \cdot 2800 \cdot 2,14}{4 \cdot 0,9 \cdot 210} + 4 = 8,8 \text{ мм}$$

$$S_2 = \frac{0,6 \cdot 2800}{(2 \cdot 0,9 \cdot 210 - 0,6) \cdot 0,9239} + 4 = 8,8 \text{ мм}$$

$$S_3 = \frac{0,6 \cdot 2800}{2 \cdot 0,9 \cdot 210 - 0,6} + 4 = 8,5 \text{ мм}$$

Умова міцності: $S > S_1$

де S – виконавча товщина обичайки, 10 мм;

S_1 – товщина конічного днища

$10 > 8,8$, отже, умова виконується.

6 Вибір допоміжного обладнання

Характеристика допоміжного технологічного обладнання, що розробляється в дипломному проекті стадії конверсії виробництва калієвої селітри представлена нижче.

Сховище лугів нітрату натрію. Призначене для зберігання та прийому лугів нітрату натрію. Вертикальна циліндрична судина. Матеріал - сталь нержавіюча 12X18H10T $D=4000$ мм, $H=4000$ мм, $V=50$ м³.

Розчинник хлористого калію поз 1. Призначений для розчинення хлористого калію в натрієвих лугах. Вертикальна циліндрична судина з механічним приводом та змішувиком. Всередині є барботер повітря для перемішування розчину. Матеріал - сталь вуглецева Ст3. $D=2400$ мм, $H=2600$ мм, $V=11,7$ м³.

Збірник первинного маточного розчину поз. 11. Призначений для збору первинного маточного розчину. Горизонтальний циліндричний апарат. Матеріал - сталь вуглецева Ст3 $D=3000$ мм, $H=15100$ мм, $V=100$ м³.

Кристалізатор 1 ступеню поз. 13. Матеріал - сталь нержавіюча 12X18H10T, сталь вуглецева Ст3. Призначений для отримання первинного кристала з реакторного розчину. В діючому виробництві: горизонтальний циліндричний двохстінний барабан, що обертається. $D=2800$ мм, $L=13250$ мм. Виконання електродвигуна закрите. $N=7$ кВт, $n=16,6$ с⁻¹. В проєктованому: вакуум кристалізатор.

Розпарник первинного кристалу поз. 18. Матеріал сталь нержавіюча 12X18H10T. Призначений для розпарки первинного кристалу. Вертикальний циліндричний апарат з барботером з подачею в нього гострої пари.

1. $D=2800$ мм, $H=3900$ мм, $V=15$ м³.

2. $D=2400$ мм, $H=2900$ мм, $V=13$ м³.

3. $D=2800$ мм, $H=4000$ мм, $V=28$ м³.

Фільтр-прес поз. 20. Матеріал - сталь нержавіюча 12Х18Н10Т, чавун. Призначений для фільтрації розпареного розчину. Рамний з механічним приводом 820х820 мм.

Кристалізатор II ступеню поз. 22. Матеріал - сталь нержавіюча, 12Х18Н10Т, сталь вуглецева Ст3. Призначений для отримання вторинного кристалу з розпареного розчину. Горизонтальний циліндричний двохстінний барабан, що обертається. $D=1200$ мм, $L=13000$ мм, $n=0,22$ с⁻¹. Виконання електродвигуна закрите. $N=5,5$ кВт, $n=16,6$ с⁻¹.

Центрифуга поз.17. Матеріал - сталь нержавіюча 12Х18Н10Т, сталь вуглецева Ст3. Призначена для розділення суспензії на тверду та рідку фази 1/2 ФГП-801 К 05/Н.

Електродвигун центрифуги: $N=30$ кВт, $n=25$ с⁻¹.

Електродвигун маслососу: $N=22$ кВт, $n=49$ с⁻¹.

Барабан сушильний поз. 28. Матеріал – сталь нержавіюча 12Х18Н10Т, сталь вуглецева Ст3. Призначений для сушки продукту. Барабан, що обертається. Усередині має футерування. $D=1600$ мм, $L=11000$ мм, $n=0,05$ с⁻¹. Електродвигун $N=20$ кВт, $n=25$ с⁻¹.

7 Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються високими швидкостями протікання технологічних процесів і хімічних реакцій, складними технологічними схемами, великою кількістю апаратів, складними умовами ведення процесу (високі температури і тиск). Виробництво калієвої селітри крім того є багатотоннажним з можливістю викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Керувати такими процесами, використовуючи застарілі засоби контролю і системи регулювання, забезпечуючи при цьому високі техніко-економічні показники (мінімальні витрати сировини, матеріалів та енергоресурсів, максимальний обсяг випуску продукції) і якість продукції, неможливо. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано використовувати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого обчислювального комплексу (далі КОК) МСКУ-М.

Робочим режимом обраний режим безпосереднього цифрового керування. Працюючи в даному режимі, КОК виконує наступні функції: збір і обробку вимірювальної інформації на пристрої контролю, формування керуючих впливів відповідно до заздалегідь заданих критеріїв оптимальності і видачу їх на виконавчі механізми.

У стандартній конфігурації МСКУ-М задіяні наступні блоки:

- РГ і РГ2 – блоки вхідних і вихідних гальванічних розв'язок. Основне призначення цих блоків полягає в захисті мікропроцесорного контролера від коротких замикань у схемах живлення датчиків і виконавчих механізмів;
- АЦП і ЦАП – блоки аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворення сигналів;

- ЦИП – блок цифро-імпульсного перетворення сигналів;
- ЦДП і ДЦП – блоки цифро-дискретного і дискретно-цифрового перетворення сигналів;
- АЛГО – блок алгоритмічного перетворення сигналів;
- МСКУ-М – працює з уніфікованими струмовими сигналами.

Робоче місце оператора технолога (РМОТ) обладнане пристроями контролю (КК) (дисплеї, монітори екрани, принтери тощо), панелями ручного керування (РУ) (в оперативного персоналу завжди повинна бути можливість перевести технологічний процес з автоматичного режиму на ручний і навпаки) і схем сигналізації (З), яка, як правило, виконується на мнемосхемі виробництва [26].

7.1 Контроль технологічних параметрів

Для керування технологічним процесом виробництва калієвої селітри оператор-технолог повинен мати можливість у будь-який момент часу отримати повну інформацію про хід процесу. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано безперервно вимірювати і виводити в ЦПУ і на КОК значення наступних технологічних параметрів:

Температура:

- у випарному апараті 4 контролюється по приладу поз. TIRA- 15в;
- на вході у випарний апарат 4 контролюється по приладу поз. TIRA- 12в;
- в розчиннику 1 контролюється по приладу поз. TIRA- 7в;
- у збірнику 27 контролюється по приладу поз. TIRA- 11в;
- у збірниках 11, 12 контролюється по приладу поз. TIRA- 19в, TIRA- 29в;
- на виході конденсату із конденсатора 15 контролюється по приладу поз. TIRA- 27в.

Рівень:

- в розчиннику 1 контролюється по приладу поз. LIRA- 26;
- у збірниках 11, 12 контролюється по приладах поз. LIRA- 46, LIRA- 56;
- у випарному апараті 4 контролюється по приладу поз. LIRA- 166;

Витрата:

- хлористого калію на вході в розчинник 1 контролюється по приладу поз. FIR- 1в;

- луги натрію на вході в розчинник 1 контролюється по приладу поз. FIR- 3в.

Тиск:

- на нагнітанні насоса 29/1 контролюється по приладу поз. PIRA- 106;
- на вході в гріючу камеру 5 контролюється по приладу поз. PIRA- 146;
- на нагнітанні насоса 29/2 контролюється по приладу поз. PIRA- 226;
- на вході в кристалізатор 1 ступеня 13 контролюється по приладу поз. PIRA- 246;
- в кристалізаторі 1 ступеня 13 контролюється по приладу поз. PIRA- 266.

Густина лугів, що готуються, в випарному апараті 4 контролюється по приладу поз. QIR – 186.

Для вимірювання витрати парового конденсату і нітратної кислоти, оборотної води і де мінералізованої води у всіх випадках використовується метод змінного перепаду тиску. У трубопроводі, по якому транспортується потік, витрату якого необхідно виміряти, встановлюється звужуючий пристрій (діафрагма тип ДКП) на ній при протіканні потоку створюється перепад тиску ΔP , який вимірюється дифманометром «Сапфір 22 ДД». Вихідний сигнал даного приладу є струмовим уніфікованим. По величині P визначають значення витрати.

Для вимірювання температури використовується термоелектричний перетворювач ТХК-0515. В основу роботи даного приладу покладений ефект Зеєбека. Якщо спай двох різнорідних провідників помістити в апарат, в якому

необхідно зміряти температуру, то на вільних кінцях термопари з'явиться термо-ЕРС, яка буде пропорційна вимірюваній температурі. За величиною термо-ЕРС визначають температуру. Вихідний сигнал термопари не уніфікований, тому їх використовують в комплекті з нормуючими перетворювачами Ш-78.

Для вимірювання рівня використовується буйковий рівнемір «Сапфір 22 ДУ». Чутливим елементом рівнеміра є буйок, який виготовляється з неіржавіючої сталі, і влаштовується безпосередньо в апарат. В основу роботи рівнеміра покладений закон Архімеда. При зміні рівня в апараті змінюється висота занурення буйка в робочу рідину. При цьому змінюється сила, яка виштовхує буйок, а отже, змінюється його вага. Вимірювальна схема приладу перетворює зміну ваги буйка в уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА, який подається на вторинний прилад і на КОК.

Для вимірювання рівня в збірці нітратних лугів використовується акустичний рівнемір ЕХО – 5, даний прилад складається з датчика, який кріпиться безпосередньо на апараті і перетворювача, що передає, час-струм, який розташовується по місцю. Вихідний сигнал перетворювача, що передає, є уніфікованим.

Для вимірювання тиску використовують вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22 ДІ». В основу роботи даного приладу покладений тензометричний принцип. Прилад має уніфікований струмовий вихідний сигнал 4-20 мА. Вторинним приладом служить міліамперметр А-542 із пристроєм сигналізації (у тих випадках, коли це необхідно).

Проходження уніфікованого струмового сигналу від датчиків по блоках МСКУ-М має наступну послідовність. Вихідний сигнал датчика через перетворювач (якщо це необхідно), через вхідну гальванічну розв'язку РГ1 і аналого-цифровий перетворювач подається в блок АЛГО. У блоці АЛГО

проходить обробка технологічної інформації і вироблення керуючих впливів на процес.

Керуючі впливи і вимірювальна інформація з блоку АЛГО через блок ЦАП і вихідну гальванічну розв'язку РГ2 виводяться на пристрої контролю (КК), розташовані на робочому місці оператора технолога (РМОТ).

У випадку, якщо ведеться регулювання, то з панелей ручного управління (РУ) сигнал через електропневматичний перетворювач подається на виконавчий механізм.

Якщо необхідно сигналізувати відхилення параметра від норми, то сигнал із блоку АЛГО, через ЦДП виводиться в схему сигналізації.

7.2 Регулювання технологічних параметрів

Для того, щоб вести процес отримання калієвої селітри в умовах, близьких до оптимальних, в даному дипломному проекті запропоновані наступні системи автоматичного регулювання.

Рівень у розчиннику 1 стабілізується на заданому значенні автоматично при допомозі одноконтурної АСР рівня. Регулюючий клапан поз. LCV- 9г розташовані в лінії відводу продукту із розчинника.

Рівень у випарному апараті 4 стабілізується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР рівня. Регулюючий клапан поз. LCV-17г розташований в лінії відводу продукту із апарату.

Температура в розчиннику 1 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV-7д розташований в лінії подачі пари.

Температура на вході в випарний апарат 4 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 12д розташований в лінії подачі розчину в підігрівач 3.

Температура в випарному апараті 4 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 15д розташований в лінії подачі пари в гріючу камеру 5.

Температура в збірнику 11 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 19г розташований в лінії подачі пари.

Температура на виході конденсату із конденсатора 15 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 27д розташований в лінії подачі пари.

Температура в збірнику 12 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 29д розташований в лінії подачі пари.

Температура в збірнику 27 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. TCV- 11д розташований в лінії подачі пари.

Насоси по стадії включаються з ЦПУ дистанційно за допомогою електромагнітних пускачів поз. NSA- 9а, NSA- 21а, NSA- 23а.

Тиск в конденсаторі 15 підтримується на заданому значенні автоматично за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. PCV– 26г розташований в лінії відводу вакууму.

7.3 Сигналізація і блокування

Для повідомлення оперативного персоналу про відхилення технологічного процесу у виробництві калієвої селітри від норми в даному проекті запропонована схема автоматичної сигналізації, яка спрацьовує в наступних випадках: включення і виключення насосів; максимальний і

мінімальний рівень в 4; максимальний і мінімальний рівень в 1; максимальний і мінімальний тиск пари, що подається на установку, після того, що дроселює.

Прилади і засоби автоматизації, які використані в даному проекті приведені в табл. 7.1. «Відомість приладів».

Таблиця 7.1 – Відомість приладів

№ позиції	Технологічний параметр	Найменування і тип приладу	Технічна характеристика
1	2	3	4
8а, 16а, 20а, 30а	Рівень: - в розчиннику 1; - в збірниках 11, 12; - у випарному апараті 4.	Акустичний рівнемір ЕХО-5	Клас точності 0,5, діапазон вимірювання 0-1500 мм
8б, 16б, 20б, 30б		Передавальний перетворювач час - струм	Клас точності 0,5, вих. сигнал 4-20 мА
8в, 16в, 20в, 30в		Вторинний прилад А-542 з пристроєм сигналізації	Клас точності 0,5, шкала 0-100%
8г, 16г		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 1,0, вих. сигнал 0,02-0,1 МПа
8д, 16д		Пневматичний виконавчий механізм МИМ	Тип НЗ
7а, 11а, 12а, 15а, 19а, 27а, 29а	Температура: - у випарному апараті 4; - на вході у випарний апарат 4; - в розчиннику 1; - у збірнику 27; - у збірниках 11, 12; - на виході конденсату із конденсатора 15.	Термоелектричний перетворювач ТХК-0515	Клас точності 3 Діапазон вимірювання 273-673 К, інерційність не більше 45 сек.
7б, 11б, 12б, 15б, 19б, 27б, 29б		Нормуючий перетворювач Ш-78	Клас точності 0.5 Вихідний сигнал 4-20 мА
7в, 11в, 12в, 15в, 19в, 27в, 29в		Вторинний прилад А-542 з пристроєм сигналізації	Клас точності 0.5 Шкала 273-673 К
7г, 11г, 12г, 15г, 19г, 27г, 29г		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 1.0 Вихідний сигнал 0.02-0.1 МПа
7д, 11д, 12д, 15д, 19д, 27д, 29д		Мембранний виконавчий механізм МИМ	Тип НЗ

Продовження табл. 7.1

1	2	3	4
1а, 3а 16, 36 9а, 21а, 23а	Витрата: - хлористого калію на вході в розчинник; - луги натрію на вході в розчинник 1. Включення насосів	Діафрагма камерна тип ДКП Діфманометр «Сапфір 22 ДД» Електромагнітний пускач з сигналізацією включення	Клас точності 0.1 Клас точності 0.5 $\Delta P=100$ кПа, $P=25$ ати
10а, 14а, 22а, 24а, 26а 106, 146, 226, 246, 266 26в 26г	Тиск: - на нагнітанні насоса 29/1; - на вході в гріючу камеру 5; - на нагнітанні насоса 29/2; - на вході в кристалізатор 1 ступеня 13; - в кристалізаторі 1.	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДИ» Вторинний прилад А-542 з пристроєм сигналізації Електропневматичний перетворювач ЕПП-63 Мембранний виконавчий механізм МИМ	Клас точності 0.5 Діапазон вимірювання 0-0.5 Мпа Клас точності 0.5 Шкала 0-2.5МПа Клас точності 1.0 Вихідний сигнал 0.02-0.1 Мпа Тип НЗ
18а 186	Густина: - лугів в випарному апараті 4	Плотномір промисловий типа П-9772 Вторинний прилад А-542 з пристроєм сигналізації	Клас точності 0.5, діапазон вимірювання 550-1500 кг/м ³ Клас точності 0.5, шкала 550-1500 кг/м ³

8 Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища

8.1 Фізико-географічна та кліматична характеристика виробничої площадки

Територія Сєверодонецького ПрАТ «Азот» належить до східної степової зони України. Площа м. Сєверодонецька складає 2770 га.

В регіоні знаходяться високоякісне вугілля, вапняк, крейда, глина та інші природні будівельні матеріали.

Ґрунти – чорнозем, що привозиться з інших місць. Такий ґрунт має високу вологу, високий вміст гумінових кислот, невелику родючість. Забруднення ґрунтів відбувається через атмосферне повітря, очисні споруди ПрАТ «Азот» та інших підприємств. Промисловопобутові звалища також наносять шкідливий вплив.

До поверхневих водоймищ відносять річки: Сіверський Донець і Борова, куди скидають шкідливі відходи підприємства та комунальне господарство міста. Тому весь час слідкують за вмістом води.

Підземні води також забруднені шляхом фільтрації з відстійників і очисних споруд, змиву пестицидів і мінеральних добрив.

Рослинність міста також пошкоджена через низький рівень ґрунтових вод та високий вміст діоксиду сірки.

Середньорічна швидкість вітру 3-4 м/с. Зафіксована максимальна швидкість вітру – 28 м/с.

Середньорічна кількість опадів 490-500 мм (максимальна кількість – 550 мм). Відносна вологість повітря складає 71-73 %.

8.2 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього

8.2.1 Характеристика джерел утворення відходів, їх склад і властивості

Відходи, що утворюються на базовому об'єкті, на підставі діючого регламенту виробництва [5], представлені в таблицях 8.1, 8.2 і 8.3.

Таблиця 8.1 – Газоподібні викиди в атмосферу (стадії конверсії, кристалізації і сушки)

Найменування викиду	Кількість утворення викиду, кг/год (кг/рік)	Умови ліквідації, утилізації	Періодичність викиду	Концентрація забруднення у викидах, мг/м ³
1	2	3	4	5
1. Пара з розчинника хлористого калія KCl NaNO ₃	0,0002 (1,728) 0,0002 (1,728)	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	18,3 19,2
2. Пара із збірки первинного маткового розчину KNO ₃ NaNO ₃	0,002 (17,28) 0,0026 (22,46)	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	37,6 51,4
3. Пара від кристалізаторів KNO ₃	0,025 (216,0)	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	12,17
4. Повітря від фільтр-пресу KNO ₃	0,076 (289)	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	6,9
5. Повітря після сушильного барабану KNO ₃	2,866 (10481)	Очищення в циклоні	Постійно	298 (після очищення не більше 5)

Таблиця 8.2 – Характеристика стоків

Найменування стоку	Питома норма на од. готової продукції, м ³ /т	Кількість стічних вод, м ³ /год	Умови ліквідації	Періодичність	Куди скидається
Паровий конденсат з гріючих камер випарних апаратів і калориферів сушильного барабану	2,4	до 5,28	Відкачуються в цех НОПС	Постійно	У лінію стоків №3

Таблиця 8.3 – Тверді та рідкі відходи

Найменування відходу	Куди складається, транспорт	Періодичність	Умова і місце захоронення	Пит. норма викиду на од. готової продукції, кг/год	Кількість, т/рік
1	2	3	4	5	6
1. Шлам після чищення розчинників хлористого калію	Збирається в бункері шламу, після чого вивозиться автотранспортом	1-2 рази на рік	вивозиться в накопичувач твердих відходів	не більше 0,51	не більше 0,612
2. Шлам після чищення фільтр-пресу	Збирається в бункері шламу, після чого вивозиться автотранспортом	4-12 разів на рік	вивозиться в накопичувач твердих відходів	не більше 4,2	не більше 4,8
3. Розсіл після фільтрів	Збирається в збірку	2-4 рази в зміну	відкачується в цех НОПС	2960	не більше 35520
4. Паровий конденсат з гріючих камер випарних апаратів і калориферів сушильного барабана		Постійно	відкачується в цех НОПС	2400	не більше 28800

8.2.2 Токсикологічна характеристика відходів

Важка екологічна обстановка в м. Северодонецьку обумовлює високий рівень розповсюдження багатьох захворювань. Рівень загальної захворюваності дітей перевищує середні обласні показники на 20 – 120 %. Захворюваність гострими респіраторними захворюваннями на 37 – 89 %, бронхіальною астмою на 30 – 40 %. Питома вага хвороб органів дихання висока і складає 60 – 70 %. До хронічних захворювань дітей належить цукровий діабет, бронхіальна астма та інші. Рівень захворюваності в місті вищий, ніж в середньому по Україні на 18–37 %.

Основними забруднюючими речовинами, що скидаються в атмосферу на базовому і проєктованому виробництві, є KCl , $NaNO_3$ і KNO_3 .

Нітрат калію (калієва селітра) - безводна кристалічна сіль білого кольору (іноді з жовтуватим-сіруватим відтінком). Токсичний. Нітрат калію є окислювачем, сприяючим самовозгоранню горючих речовин. Нітрат калію викликає подразнення слизової оболонки носу, при тривалому контакті - потовщення шкіри на долонях рук і підшвах ніг. Граничнодопустима концентрація - 5 мг/м^3 [4].

Натрію нітрат (натрієва селітра) – токсичний, при попаданні в організм людини в крові може утворюватися метгемоглобін. Не горючий.

Сухий нітрат натрію є окислювачем, сприяючим самозагоранню горючих матеріалів. Граничнодопустима концентрація – 5 мг/м^3 [4].

Калій хлористий – на непошкоджену шкіру шкідливої дії не надає, тривале вдихання пилу викликає роздратування дихальних шляхів. Граничнодопустима концентрація – 10 мг/м^3 [4].

8.3 Методи і засоби контролю за станом повітряного басейну і дотримання нормативів ГДВ

Контроль за якістю навколишнього природного середовища забезпечує сприятливе екологічне оточення для всієї біосфери.

Нормування гранично допустимих концентрацій (ГДК) є складовою частиною основ забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення. Нормативи ГДК речовин дають екологічну і соціально-гігієнічну оцінку стану навколишнього природного середовища, але не вказують на джерело шкідливої дії і не регулюють його поведінку. Цю функцію виконують нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин.

Нормативи ГДВ забруднюючих речовин у атмосферне повітря встановлюються за джерелами викидів для кожного проектного і діючого об'єкту, що є стаціонарним джерелом забруднення повітряного басейну.

ГДВ – маса речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу. ГДВ встановлюють з умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела в сукупності з іншими джерелами не створюють приземну концентрацію, що перевищує ГДК за межами санітарно-захисної зони об'єкту.

8.3.1 Розрахунок ГДВ

Основним критерієм встановлення ГДВ є ГДК речовин в атмосферному повітрі. При цьому необхідно дотримувати співвідношення:

$$C/\text{ГДК} \leq 1 \quad (8.1)$$

де C – розрахункова концентрація домішки в приземному шарі атмосфери від всієї сукупності джерел.

$$\text{За } \text{KCl} \quad 18,3/10 = 1,83$$

$$\text{NaNO}_3 \quad (19,2+54,6)/5 = 14,76$$

$$\text{KNO}_3 \quad (37,6 + 12,76 + 6,9 + 5)/5 = 12,45$$

Оскільки співвідношення (7.1) за основними забруднюючими речовинами не дотримується, то проводимо розрахунок ГДВ за KNO_3 для викиду нагрітої газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом, яке розраховується за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \quad (8.2)$$

де ГДК – граничнодопустима концентрація, забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, для KNO_3 ГДК = 5 мг/м³;

C_{ϕ} – фонові концентрації домішки, визначена розрахунковим шляхом і не залежна від швидкості і напрямку вітру, мг/м³;

A – коефіцієнт, що залежить від температури стратифікації атмосфери і визначає умови горизонтального і вертикального розсіювання атмосферних домішок;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосфері;

H – висота джерела викиду;

ΔT – різниця між температурою газу і температурою повітря;

η – коефіцієнт впливу рельєфу на розсіювання домішок.

V_1 – об'єм газоповітряної суміші, визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0 \quad (8.3)$$

де $\pi = 3,14$;

D – діаметр гирла джерела викиду;

ω_0 – середня швидкість виходу суміші з джерела.

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (8.4)$$

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (8.5)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (8.6)$$

При $V_m < 0,3$ $n=3$

$0,3 < V_m \leq 2$ n визначається за формулою (8.7)

$V_m > 2$ $n=1$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)} \quad (8.7)$$

Максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини розраховують за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot ГДВ \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (8.8)$$

Необхідно дотримувати умову: $C_m < ГДК$.

Для розсіювання речовин до ГДК в приземному шарі атмосфери передбачається скидання газоподібних викидів в атмосферу через висотну трубу діаметром 0,3 м і заввишки 16 м.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} \cdot 1,3 = 0,091845$$

$$f = 10^3 \cdot \frac{1,3^2 \cdot 0,3}{16^2 \cdot 53} = 0,037367$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,037367} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,037367}} = 0,610642$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,091845 \cdot 53}{16}} = 0,67254$$

$$n = 3 - \sqrt{(0,67254 - 0,3) \cdot (4,36 - 0,67254)} = 1,827935$$

$$ГДВ = \frac{(5 - 0) \cdot 16^2 \cdot \sqrt[3]{0,091845 \cdot 53}}{160 \cdot 1 \cdot 0,610642 \cdot 1,827935 \cdot 1} = 2169,3041 \text{ г/с}$$

$$C_m = \frac{160 \cdot 12,14655 \cdot 1 \cdot 0,610642 \cdot 1,827935}{16^2 \cdot \sqrt[3]{0,091845 \cdot 53}} = 4,995 \text{ мг/м}^3$$

Необхідно виконувати умову: $C_m < ГДК$, умова виконується.

Оскільки $C_m = 4,995 \text{ мг/м}^3 < ГДК = 5 \text{ мг/м}^3$, можна зробити висновок, що при розсіюванні викиду навколишньому середовищу не буде причинено шкоди. Додаткові заходи по забезпеченню охорони навколишнього середовища не потрібні.

8.4 Заходи зі зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище

Можна виділити наступні основні напрямки в здійсненні екологічно чистих технологічних процесів:

1) комплексне використання і глибока переробка сировини. Виробництво повинне бути як можна менш ресурсомістким (ресурсозберігаючі технології), здійснюватися з мінімумом витрат сировини і реагентів на одиницю продукції. Напівфабрикати, що утворюються, повинні передаватися як сировину іншим виробництвам і цілком перероблятися;

2) оптимальне використання енергії і палива. Виробництво повинне здійснюватися при мінімальних витратах енергії і палива на одиницю продукції (енергозберігаючі технології) і, отже, теплові забруднення навколишнього середовища також мінімальні. Енергозбереженню сприяють: укрупнення і енерготехнологічне комбінування процесів; перехід на безперервні технології; удосконалювання процесів поділу; застосування активних і селективних каталізаторів, що дозволяють проводити процеси при знижених температурах і тисках; раціональна організація й оптимізація теплових схем рекуперації енергетичного потенціалу потоків, що відходять; зниження гідравлічного опору в системах і втрат тепла в навколишнє середовище і т.п. Нафтопереробні і нафтохімічні підприємства є великими споживачами палива й енергії. У їхньому енергетичному балансі на долю прямого палива приходиться - 43-45%, теплової енергії - 40-42% і електричної

- 13-15%. Корисне використання енергетичних ресурсів не перевищує 40-42% , що приводить до перевитрати палива й утворенню теплових викидів у навколишнє середовище;

3) створення принципово нових маловідхідних технологічних процесів. Цього можна домогтися удосконалюванням каталізаторів, техніки і технології виробництв. Маловідхідні процеси більш ефективні, чим процеси з дорогими очисними спорудженнями. Економічніше одержувати невелику кількість сильно концентрованих відходів, які можна переробляти або ліквідувати за спеціальною технологією, чим великий обсяг сильно розведених відходів, що скидаються в біосферу;

4) створення і впровадження замкнених систем водокористування, що включають (або зводять до мінімуму) споживання свіжої води і скидання стічних вод у водойми;

5) забезпечення високої експлуатаційної надійності, герметичності і довговічності функціонування устаткування і всіх систем виробництв. Зведення до мінімуму або виключення імовірності аварій, вибухів, пожеж і викидів отруйних речовин у навколишнє середовище. Розробка автоматизованих систем забезпечення екологічної безпеки виробництв і комплексів;

6) забезпечення високої якості цільових продуктів, використовуваних у народному господарстві. Екологічно чистими повинні бути не тільки самі технологічні процеси, але і товарні продукти, що випускаються в них.

Основним напрямком, що забезпечує чистоту зовнішнього середовища, повинна бути організація технологічних процесів, що включає викиди в атмосферу, відпрацьованих газів, пари. Повітрообмін у виробничих приміщеннях цеху здійснюється припливною вентиляцією.

Тверді відходи з відділення розчинення хлористого калію після чищення розчинників хлористого калію накопичуються і 1-2 рази на рік вивозяться в накопичувач твердих відходів пос. Фугаровка.

Сметкі соди кальцинованою, а також шматки соди подаються в розчинник сметок, куди також подається паровий конденсат із збірника-нейтралізатора.

Відцентровим насосом здійснюється інтенсивне перемішування розчину в розчиннику сметкі соди, отриманий розчин соди використовується для виробництва лугів нітрату натрію.

Сметкі калієвої селітри, протоки розчинів з нерозчинними твердими домішками подаються в збірку сметок. За допомогою парового ежектора в збірку сметок подається вода до $\frac{3}{8}$ місткості збірки. Відцентровим насосом здійснюється перемішування розчину. Розчин відкачується через фільтрпрес в буферний бак свіжого розчину, в сховищі нітратних лугів або накопичується в збірці промивної води до подачі в сховищі або в корпус 709 для виробництва лугів нітрату натрію.

Соковий конденсат і паровий конденсат збираються в збірках конденсату.

Паровий конденсат після охолодження в холодильнику, соковий конденсат після насосів поступають в цех НОПС (надлишок), на отримання розчинів хлористого натрію (розсолу) і натрієвих лугів.

Пил калієвої селітри після сушильного барабана відділяється в циклоні і витяжним вентилятором подається в збірку вторинного маткового розчину, очищене повітря із змістом KNO_3 не більше 5 мг/м^3 скидається в атмосферу.

9 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Головним об'єктом її дослідження є людина в процесі праці, виробниче середовище і організація праці на виробництві.

На підставі цих досліджень розроблені методи збільшення рівня охорони праці на виробництві.

Хімічне виробництво калієвої селітри має цілий ряд особливостей, які вимагають підвищеної уваги. У процесах цієї галузі застосовують і одержують сировину, напівпродукти, цільові і побічні продукти, які токсичні в різних агрегатних станах.

9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та одержано на виробництві

У виробництві калієвої селітри речовини, які застосовують та одержують, а також їх характеристики представлені в табл. 9.1 і 9.2.

У виробництві калієвої селітри не застосовуються і не виробляються пожежо- та вибухонебезпечні речовини.

Таблиця 5.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин [18]

Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення, К	Температура кипіння, К	Примітка
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура						
Хлорид калію	Хлористий калій	KCl	K – Cl	Твердий	1043	1680	
Нітратна кислота	Азотна кислота	HNO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{O} - \text{N} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	Рідина	231,4	355,6	
Калієва селітра	Нітрат калія	KNO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{K} - \text{O} - \text{N} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	Твердий	607,5	Разл. 673	
Кальцинована сода	Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	$\begin{array}{c} \text{Na} \quad \text{Na} \\ \quad \\ \text{O} - \text{C} - \text{O} \\ \\ \text{O} \end{array}$	Твердий	1131	Разл. 473	

Таблиця 5.2 – Характеристики токсичності [18]

Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація в повітрі, мг/м ³			Засоби індивідуального захисту
			робочої зони	населеного пункту		
				Максимально разова	Середньодобова	
1	2	3	4	5	6	7
Калій хлористий	4	Загальнотоксична, дратівлива дія	10	0,085	0,04	Респіратор типу "Пелюстка", спецодяг
Нітратна кислота	3	Отруйна, викликає опіки шкіри і слизистих оболонок	5	0,4	0,4	Фільтруючий протигаз марки "В"
Калієва селітра	4	Чинить загальнотоксичну, дратівливу, алергічну дію	10	-	-	Респіратор типу "Пелюстка", спецодяг

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5	6	7
Кальцинована сода	3	Чинить загальнотоксичну, дратівливу, алергічну дію	10	0,06	0,06	Респіратор типу "Пелюстка", спецодяг

9.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Виробництво калієвої селітри характеризується наявністю наступних небезпек.

У виробництві калієвої селітри застосовуються хімічно агресивні речовини (кислота нітратна), небезпечні речовини (сода кальцинована, хлорид калію, нітрат калію, нітрат натрію), розчини, що кристалізуються, з високою температурою (реакторний розчин, розпарений розчин), пара під тиском 0,5 МПа і 1,0-1,7 МПа. Електроустаткування працює під напругою 380-500 В у приміщеннях з підвищеною вологістю.

Частина устаткування працює з рівнем шуму вище за допустиму норму.

На стадіях сушки і упаковки готового продукту можливе виділення пилу калієвої селітри, яка є загальнотоксичною та алергічною. Можливе накопичення статичної електрики.

9.3 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Клас по санітарній характеристиці II.

Ширина санітарно-захисної зони СЗ – 245 – 75 складає не менш 500 м.

Роботи, що виконуються у виробничих приміщеннях, відносяться до 1 категорії – «легка фізична». Нормальні метеофактори в робочій зоні для даної категорії робіт представлені в табл. 9.4.

Таблиця 9.3 – Класифікація і категорійність виробництва і приміщень

[20]

Найменування відділення	Категорія вибухо-небезпеки	Класифікація приміщень і зовнішніх установок за правилами пристрою електроустаткування		Група виробничих процесів по санітарних характеристиках	По ступеню ураження електричним струмом
		Клас приміщення	Категорія і група		
Виробництво калієвої селітри	Д	Не катег.	Не катег.	1а	3 підвищеною небезпекою
Вузол сушки	Г	Не катег.	Не катег.	1а	
Склад готової продукції	Г	Не катег.	Не катег.	Пд	
Відділення розчинення хлористого калію	Д	Не катег.	Не катег.	1а	

Таблиця 9.4 – Нормальні метеорологічні умови

Параметри	Періоди року	
	холодний	теплий
1. Температура повітря, К	289 – 297	293 - 296
2. Вологість повітря, %	60 – 40	60 – 40
3. Швидкість руху повітря, м/с	0,03	0,03

9.4 Контроль чистоти повітряного середовища

Для контролю чистоти повітряного середовища є цехова лабораторія, яка включає аналітичну лабораторію, лабораторію полярографії і хроматографії, що дозволяє своєчасно виявити і запобігти забрудненню повітря шкідливими речовинами. Контроль здійснюється періодично [21].

9.5 Заходи попередження забруднення атмосфери

Основним напрямом, що забезпечує чистоту зовнішнього середовища, є виключення викидів в атмосферу газів, що відходять, пари, пилу. Для цього передбачено:

- герметизація устаткування;

- установка контрольних клапанів, що скидають гази в закриту систему через сепаратор з подальшою утилізацією;
- установка газоаналізатора на оксиди азоту [21].

9.6 Заходи щодо боротьби з пилом

У проєктованому виробництві утворюється пил калієвої селітри при вивантаженні готового продукту барабанної сушарки, упаковці продукції і в процесі відвантаження її споживачам.

Для боротьби з пилом на виробництві використовують мокрі циклони і приточно-витяжну вентиляцію.

Для захисту органів дихання використовують протипилові респіратори.

9.7 Заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією

Джерелом шуму й вібрації у виробництві калієвої селітри є: вентилятори, компресори і насоси; також джерелом шуму є: ручний ударний інструмент, системи, що транспортують, течія газу або рідини по трубопроводах.

Шум впливає на весь організм, викликає швидку стомлюваність, зниження працездатності, слабкість, дратівливість.

Для зниження шуму огорожують гучні механізми звукоізолюючими кожухами, екранами й перетинами із гладкого матеріалу, що відбиває звук, облицьовують стелю й стіни приміщень матеріалами, що вбирають звук.

Для усунення або зменшення вібрації машин й обладнання, шуму, що виникає при їх роботі, існують різні методи [5]:

- тверде кріплення віброуючих деталей і вузлів;
- амортизація й віброізоляція за допомогою сталевих пружин і пружинних матеріалів;

- балансування деталей і механізмів, що рухаються й особливо обертаються;
- ізоляція й збільшення маси фундаменту обладнання;
- застосування динамічних віброносіїв.

Індивідуальні засоби захисту від шуму: заглушки (антифони), які вкладаються в зовнішній слуховий прохід; протишумні навушники й шоломи, які закривають вушну раковину.

Для захисту від вібрації передбачають рукавиці і взуття, що ізолюють.

9.8 Заходи захисту від статичної електрики

На виробництві застосовують колективні й індивідуальні методи захисту від статичної електрики.

До засобів колективного захисту відносяться: пристрої, що заземляють, пристрої, що звожують, антиелектростатичні речовини, нейтралізатори, пристрої, що екранують.

До засобів індивідуального захисту відносяться: спеціальний антиелектростатичний одяг і взуття, антиелектростатичні пристосування (кільця, браслети), антиелектростатичні засоби захисту рук.

Поява статичної електрики при виробництві калієвої селітри може бути на вентиляторах, насосах, газодувках.

Для попередження накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних місцях необхідно [5]:

- не допускати переміщення по трубах легкозаймистих рідин з великою швидкістю;
- подавати легкозаймисті рідини тільки через трубопровід, занурений до дна ємності, не допускаючи розриву струменя рідини;
- стежити за справним станом заземлення.

9.9 Пожежобезпека

Проектоване виробництво калієвої селітри відноситься до категорій Г, Д, тобто на даному виробництві не застосовуються і не утворюються пожежо- і вибухонебезпечні суміші і речовини.

Для забезпечення пожежобезпеки у виробничих приміщеннях необхідно:

- не допускати застосування відкритого вогню і електрогазозварювальних робіт без оформлення дозволу;
- не допускати зберігання на робочому місці горючих і мастильних матеріалів, які повинні зберігатися в спеціально відведеному місці, - маслохолодильнику;
- не захащувати підходи, виходи і проходи до первинних засобів пожежогасіння;
- не використовувати засоби пожежогасіння для господарських цілей;
- припинити роботи з вогнем при аваріях.
- для попередження можливості загоряння куріння в цеху заборонене. Куріння дозволяється в спеціально відведених місцях за узгодженням з пожежною частиною.

При виникненні пожежі на робочому місці негайно повідомити майстрові зміни, в пожежну частину по тел. 01, 20-01 і до прибуття пожежної команди приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння.

Надалі діяти по вказівці майстра зміни згідно бойовому розрахунку ДПД.

Для забезпечення швидкого припинення пожежі приймаються наступні міри [5]:

– централізоване розгалуження господарсько-протипожежного водопроводу;

– вогнегасники вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5, ОУ-25;

– вогнегасники порошкові ОП-10, ОП-10Ф.

При виникненні пожежі необхідно відключити подачу сировини у місце пожежі. На кожному робочому місці знаходиться ящик з піском, совком та азбестовим полотном.

Використання засобів пожежогасіння не по прямому призначенню забороняється. Для організації ефективного захисту виробництва синтезу пожежонебезпечних виробництв слід використовувати вогнеприпинувачі.

Вогнеприпинувачами називають захисні пристрої, які вільно пропускають паро-, пило- або газоповітряну суміш, але не пропускають полум'я. Вони встановлюються на дихальних лініях резервуарів, мірників і апаратів з ЛСР і горючими газами. Вогнеприпинувачі є корпусами з металевою насадкою у вигляді гофрованих пластин, пакету металевих сіток, фольгових касет, гравію, мінеральної вати або кілець Рашига.

Принцип дії вогнеприпинувачів полягає в тому, що горюча суміш, яка проходить через них, розбивається в насадці на тонкі струмені. При окисленні горючої суміші в каналах малого діаметру можливість тепловтрат перевищує тепловиділення і горіння припиняється. Діаметр гасильного каналу насадки вогнеприпинувача приймають, виходячи з практичного досвіду або визначають розрахунком. Критичний (гасильний або тушильний) діаметр отвору полум'ягасильної сітки або струменю газу в вогнеперетворювачі визначається за формулою [21]:

$$d_{кр} = \frac{4\lambda(t_{cc} - t_n)}{\varpi[q_n - C_p(t_z - t_{cn})]}, м \quad (9.1)$$

де λ - теплопровідність горючої суміші, Дж/(м*с*град.);

t_{cc} - температура самоспалахування пари або пилу °С;

t_n - початкова температура суміші °С;

ω - швидкість горіння суміші, м/с;

q_n - кількість тепла, що виділяється при згоранні 1 м³ суміші, Дж/м³;

C_p - теплоємність продуктів горіння, Дж/(м³*град.);

t_r - температура горіння °С.

Для підвищення надійності гасіння полум'я діаметр отвору приймається на 20-25% менше обчисленого критичного діаметру. На особливо відповідальних ділянках газопроводів, газоходів, пилопроводів в поєднанні з вогнеприпинувачами встановлюють розривні мембрани. Рекомендується також застосовувати автоматичні системи відсікання полум'я механічної або гідравлічної дії (перекриття заслінками газопроводу, подача води для охолодження) [21].

9.10 Індивідуальні та колективні засоби захисту

До індивідуальних засобів захисту відносяться фільтруючі промислові протигази з коробкою типу «М» або «КД», що видаються для користування кожному працівникові, робота яких пов'язана з обслуговуванням об'єктів.

До аварійних засобів газозахисту відносяться фільтруючі протигази і шлангові протигази, що зберігаються на кожному газонебезпечному об'єкті в спеціальних ящиках або шафах.

До індивідуальних засобів захисту відносяться спецодяг, спецвзуття, індивідуальні каски і рукавиці, застосування яких необхідне для захисту тіла, рук і ніг від попадання шкідливих речовин і тепла.

Всі вище перелічені засоби індивідуального захисту працівників захищають організм людини від дії шкідливих речовин, як із зовнішнього боку, так і від попадання всередину шляхом дихання і травлення.

До колективних засобів захисту відносяться притулки. Вони забезпечують найбільш надійний захист людей від вражаючих факторів зброї масового ураження, також від високих температур і шкідливих газів в зоні пожежі.

Захист від ураження електрострумом:

- огорожа
- заземлення;
- занулення.

Засоби пожежегасіння:

- система пінної пожежегасіння;
- вогнегасники вуглекислотні ОУ-5, порошкові;
- ящики з піском, азбестове полотно;
- система порошкової пожежегасіння.

Висновки

В даному дипломному проєкті було розглянуто виробництво калієвої селітри потужністю 18 тис. т/рік з розробкою стадії конверсії.

В дипломному проєкті обрано конверсійний спосіб отримання нітрату калію. Очищення KNO_3 відбувається в результаті додаткової перекристалізації первинних кристалів, а потім їх сушки.

Розроблена технологічна схема стадії конверсії, виконані матеріальний та тепловий баланси, показано що заміна барабанних кристалізаторів на вакуум – кристалізатори, які не мають охолоджуючих водяних пристроїв дозволить знизити витрати за зворотною водою.

Проведений розрахунок основного апарату стадії конверсії і очищення – кристалізатор першого ступеня з примусовою циркуляцією суспензії, конструктивний та механічний розрахунки. Розглянуті питання, що стосуються автоматизації технологічного процесу та екології в проєктованому виробництві.

Виходячи з проведених розрахунків можна зробити висновок, що при розсіюванні викиду навколишньому середовищу не буде заподіяно шкоди. Додаткові заходи по забезпеченню охорони навколишнього середовища не потрібні.

Розглянуті характерні шкідливі виробничі чинники у виробництві калієвої селітри та запропоновані способи захисту робітників.

Літэратура

1. Технология калийных удобрений : [под ред. В.В. Печковского]. – Минск: Высшая школа, 1978. – 299 с.
2. Позин М. Е. Технология минеральных удобрений / М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1989. – 334с.
3. Кошкарев О. Д. Технология калийных удобрений / О. Д. Кошкарев, И. Д. Соколов. – М.: Химия, 1978. – 386 с.
4. Мировой рынок минеральных удобрений [Электрон. ресурс] – Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=2247&cat_id=&sword=Мировой%20рынок%20минеральных%20удобрений
5. Справочник азотчика. – 2-е изд. Перераб. М.: Химия, 1987. 484 с.
6. Технологический регламент производства калиевой селитры цех 39/18. 1995.
7. Позин М.Е. Физико-химические основы неорганической технологии / М.Е. Позин, В.Ю. Зинюк. – Л.: Химия, 1985. – с.383.
8. Викторов М.М. Графические расчеты в технологии неорганических веществ / М.М. Викторов. – Л.: Химия, 1972. – 461 с.
9. Сокольский А.А. Технология минеральных удобрений и кислот / Сокольский А.А., Яшке Е.В. – М.: Химия, 1971. – С. 361-369.
10. Расчеты по технологии неорганических веществ / [Под ред. М.Е.Позина]. – Л.: Химия, 1977. – С. 365-369.
11. Мельников Е.Я. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений / Мельников Е.Я. – М.: Химия, 1983. – 250 с.
12. Краткий справочник физико-химических величин: [Справочник] : [Под ред. А. А. Равделя]. – М.: Химия, 1965. – 231 с.
13. Лашинский А. А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение,

1970. – 752с.

14. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Коган. – М.: Химия, 1967. – 848 с.

15. Кутепов А. М. Общая химическая технология : [Учебн. для вузов] / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 528 с. – ISBN 5-94628-079-1.

16. Кутепов А. М. Общая химическая технология : [Учебн. для вузов] / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 528 с. – ISBN 5-94628-079-1.

17. Генкин А. Э. Оборудование химических заводов / А. Э. Генкин. – М.: Высшая школа, 1988. – 272 с.

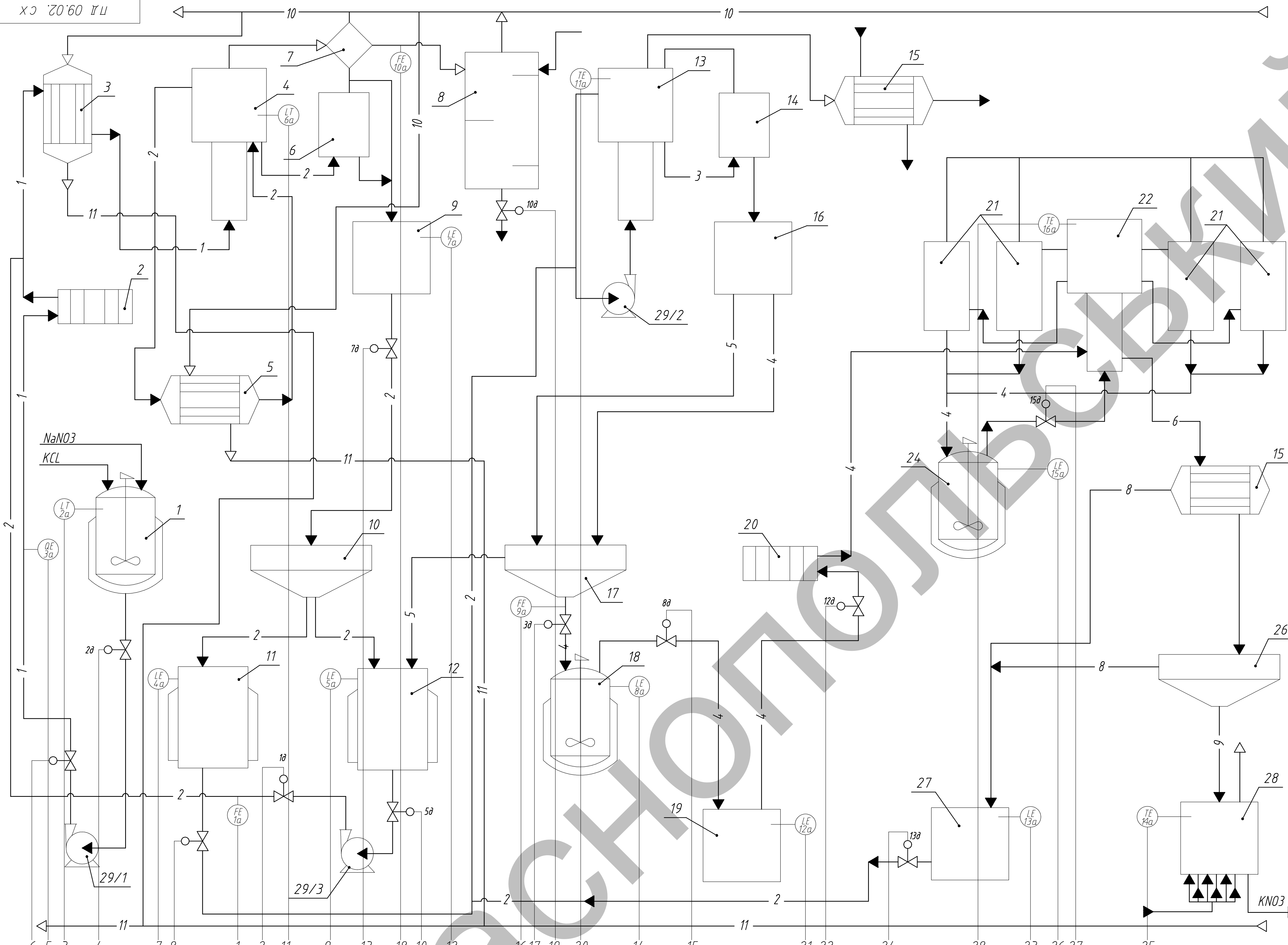
18. Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок : [Учеб пособие для учащихся химико-механич. спец. техникумов] / Л. З. Альперт. – М.: Высш. шк., 1989. – 304 с.

19. Основные процессы и аппараты химической технологии : [Пособие по проектированию] / [Под ред. Ю.И. Дытнерского]. – М.: Химия, 1991. – 356 с.

20. Стенцель Й.І. Автоматика та автоматизація хіміко – технологічних процесів / Стенцель Й.І. – Луганськ, 2004. – 376 с.

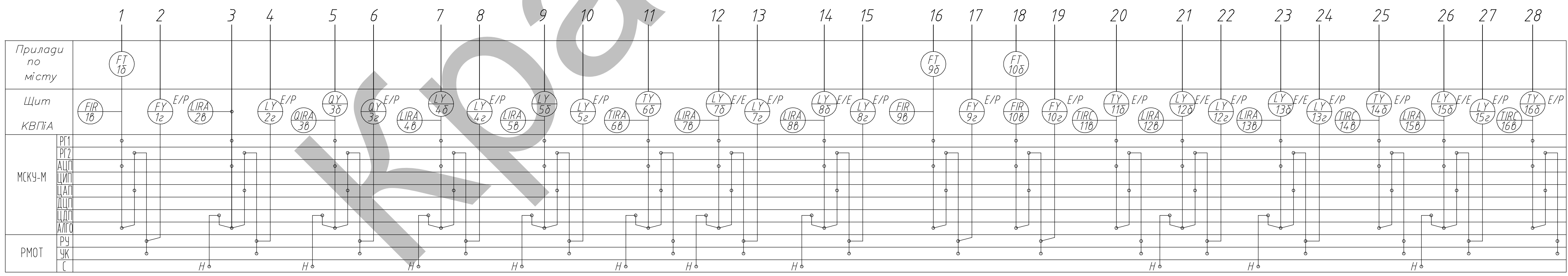
21. Долин П.А. Справочник по технике безопасности / П.А. Долин. - М: Энергоатомиздат, 1984г. – 115 с.

22. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломного проекту (роботи) бакалавра для студентів спеціальності 161 "Хімічні технології та інженерія" денної та заочної форм навчання / Укладачі: І. В. Кравченко, Т. Е. Римар, - Сєвєродонецьк: СНУ ім. Володимира Даля, 2017–56 стор.



Умовне графічне позначення	Найменування середовища в трубопроводі	Примітка
-1-	Розчин KCl і NaNO ₃	
-2-	Освітлений маточний розчин	
-3-	Суспензія	
-4-	Первичні кристали KNO ₃	
-5-	Розчин з відстійника	
-6-	Суспензія KNO ₃	
-7-	Розчин з відст. зон кристал.	
-8-	Маточник	
-9-	Кристали KNO ₃	
-10-	Оборотна вода	
-11-	Пара	

Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Розчинник	1	
2	Фільтрпрес	1	
3	Підігрівник	1	
4	Випарний апарат	1	
5	Гріюча камера	1	
6	Ліхтар	1	
7	Сепаратор	1	
8	Конденсатор	1	
9	Збірник	1	
10	Центрифуга	1	
11	Збірник	1	
12	Збірник	1	
13	Кристалізатор I ступеню	1	
14	Ліхтар	1	
15	Конденсатор	1	
16	Відстійник	1	
17	Центрифуга	1	
18	Розчинник кристалів	1	
19	Збірник	1	
20	Фільтрпрес	1	
21	Перелівні смісті	1	
22	Кристалізатор II ступеню	1	
23	Конденсатор	1	
24	Розчинник	1	
25	Відстійник	1	
26	Центрифуга	1	
27	Збірник	1	
28	Сушарка	1	
291-8	Насос	8	



ПД 09.02.СХ

Технологічна схема з КВПіА

Виробництво калієвої селітри, стадія конверсії функціональна схема

Змі.	Арк.	Н. розроб.	П. вступ.	Дата
Розроб.	Арк. 1	Курсько І. С.		
Перевір.	Арк. 1	Зубіца Є. І.		
Т. контр.	Арк. 1			
Н. контр.	Арк. 1	Зубіца Є. І.		
Затв.	Арк. 1	Суворін О. В.		

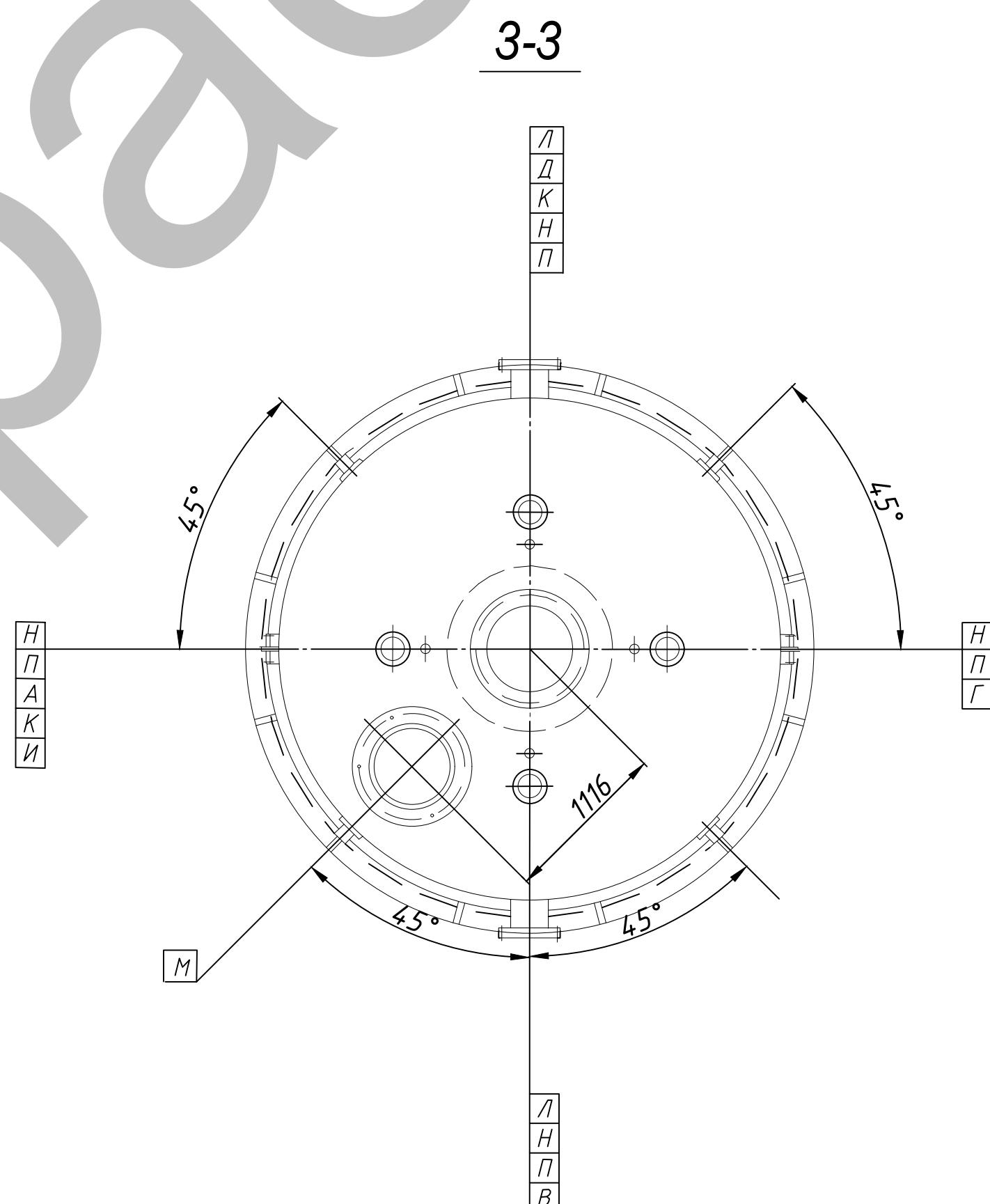
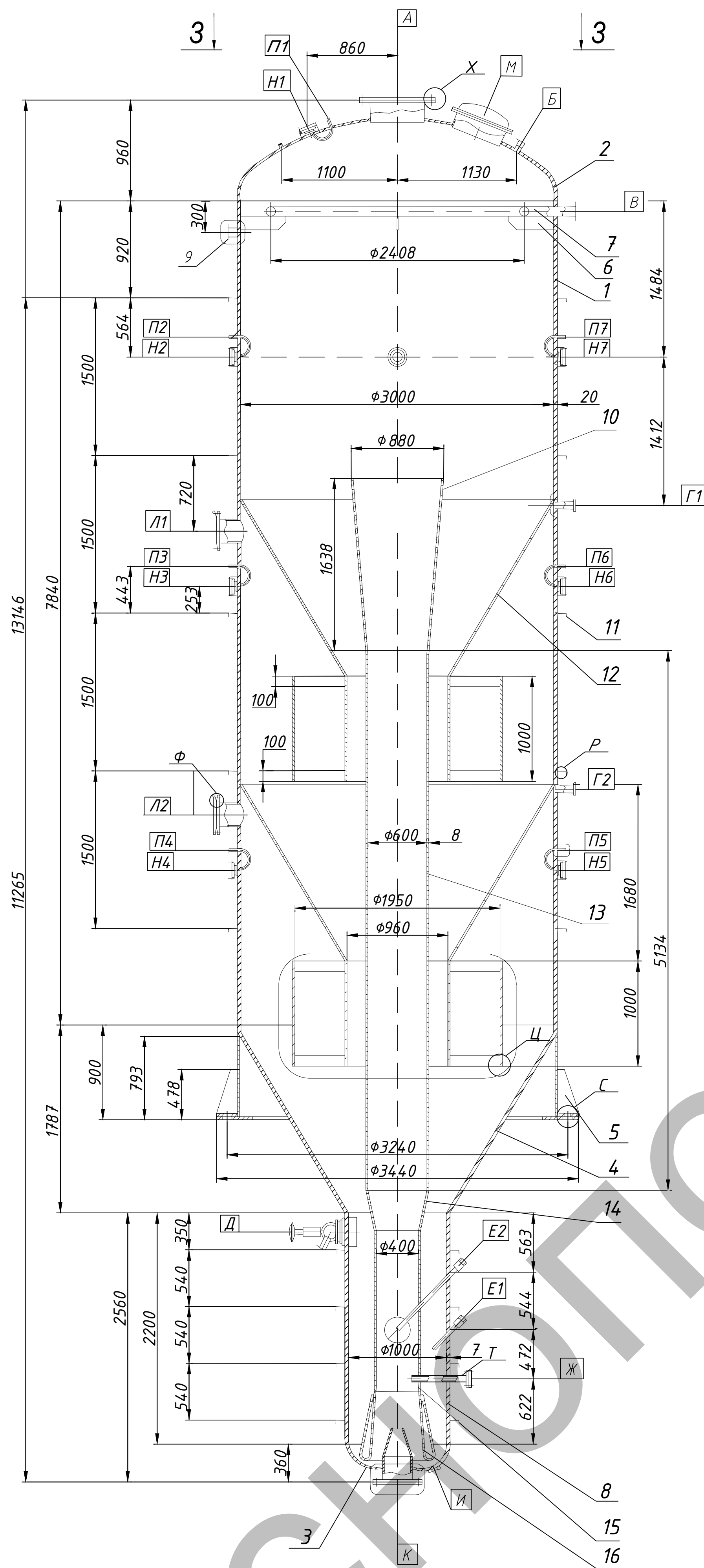
Арк. 1 з 1
СНУ ім. В.Дала
ХТ-17д

Матеріальний баланс стадії конверсії

Прихід			Витрата		
Потік	кг/год	% мас.	Потік	кг/год	% мас.
Розчинник KCl					
1. Розчин нітрату натрію, у т.ч.	3956,1	100	1. Еквімолекулярний розчин на конверсію, у т.ч.	7318,55	100
NaNO ₃	1910,32	48,2	NaNO ₃	1910,32	26,2
NaCl	61,79	1,56	KCl	1674,33	23,0
H ₂ O	1983,99	50,24	NaCl	149,91	2,0
			H ₂ O	3583,99	48,8
2. Хлористий калій, у т.ч.	1762,45	100			
KCl	1674,33	95,0			
NaCl	88,12	5,0			
3. Конденсат сокової пари	1600	100			
Разом	7318,55		Разом	7318,55	
Вакуум – випарний апарат					
1. Еквімолекулярний розчин на конверсію, у т.ч.	7318,55	100	1. Упарений розчин, у т.ч.	9606,56	100
NaNO ₃	1910,32	26,2	KNO ₃	6092,91	56,5
KCl	1674,33	23,0	NaCl	3006,66	28,9
NaCl	149,91	2,0	H ₂ O	506,99	14,6
H ₂ O	3583,99	48,8			
2. Матковий розчин, у т.ч.	9346	100	2. Сокова пара	7058	100
KNO ₃	3823	40,9			
NaCl	1542	16,5			
H ₂ O	3981	42,6			
Разом	16664,56		Разом	16664,56	

				ЛД 09.04.МБ			
Ізм.	Архив	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Краснопольський			у		
Перевірив		Зубцов Є.І.			Архив	Архив	
Т. контр.							
Н. контр.		Зубцов Є.І.			Виробництво калієвої селітри		
Зам.		Губарін О.В.			СНУ ім. В.Далія		
					ХТ-17д		

ТАБЛИЦЯ ШТУЦЕРІВ



Позначення	Найменування	Кіл.	Прохід умовний Д, мм	Тиск умовний Р, МПа
А	Вхід сокового пару	1	500	0,6 (6)
Б	Повітряник	1	50	1,0 (10)
В	Вхід конденсату сокового пару	1	80	1,0 (10)
Г	Вихід повітря	2	50	1,0 (10)
Д	Вихід суспензії	1	80	1,0 (10)
Е	Штуцер КІП і А	2	M20x1,5	1,0 (10)
Ж	Повітря вихідного розчину	1	50	1,0 (10)
И	Злив при випорожненні	1	150	1,0 (10)
К	Вхід розчину	1	250	1,0 (10)
Л	Вихід розчину	4	200	1,0 (10)
М	Люк	1	500	0,3 (3)
Н	Вікно смотрове	16	170	
П	Вхід промивної рідини	16	15	2,5 (25)

Технічна характеристика

- Апарат призначений для кристалізації розчину нітрату калію.
- Об'єм, м³:
геометричний 40
робочий 20
- Тиск, МПа:
робочий 0,09
- Температура, °С:
робоча максимальна 42
мінімальна 51
- Середовище в апараті, % (мас.):
KNO₃-62,9; NaCl-1,2; вода-35,9.
- Характеристика робочого середовища:
токсичність немає
вибухонебезпечність немає
- Придбавка для компенсації корозії, мм 2
- Швидкість корозії, мм/рік 0,1
- Тривалість роботи, раків, не більше: 15
- Число циклів навантаження за весь період роботи, не більше: 1000
- Група апарату 1
- Маса в робочому стані, кг 109250

Технічні вимоги

- Виготовлення, випробування і прийомку апарату проводити в відповідності з вимогами ГСТУ З-17-191-2000 "Посудини і апарати сталіні зварні".
- На апарат поширюється дія ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правила устроюства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
- Основний матеріал апарату 08X21H6M2T ГОСТ 5632-72.
- Зварку апарату виконувати відповідно ГСТУ З-020-2001 "Зварювання плавленням металевих матеріалів у хімічному та нафтохімічному машинобудуванні. Вимоги до технологічного процесу".
- Зварні шви підвергнуті ультразвуковій дефектоскопії в об'ємі 25%.
- Міцність і щільність апарату, зварних швів і роз'ємних з'єднань перевірити гідралічним випробуванням пробним тиском Рпр., МПа:
в вертикальному положенні 2,96
в горизонтальному 3,18
- Герметичність приварки закріплюючих кільць перевірити пневматичним випробуванням Рпр=0,6 МПа.
- Дійсне розташування штуцерів, люків вказано на схемі.

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса шт.	Найменування та марка матеріалу	Примітка
1		Корпус	1			
2		Кришка еліптична	1			
3		Днище	1			
4		Конусний перехід	1			
5		Опора	1			
6		Опорне ребро	4			
7		Розподільвач	1			
8		Одичайка	1			
9		Цапфа	4			
10		Конусний перехід	1			
11		Скоба для теплоізоляції	600			
12		Конус	2			
13		Труба φ600	1			
14		Конусний перехід	1			
15		Труба φ400	1			
16		Накінецьник	1			

ПД 09.03.СБ

Ізм.	Архш.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
					У		1:30
Розроб.	Архш.	Краснопольський			Вакуум-кристалізатор		
Перевірив	Архш.	Зубцов Є.І.			Креслення загального виду		
Т. контр.	Архш.				Виробництво калієвої селітри		
Н. контр.	Архш.	Зубцов Є.І.			СНУ ім. В.Дала		
Затв.	Архш.	Судварін О.В.			ХТ-178		