

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет Інженерії
(повне найменування факультету)

Кафедра Хімічної інженерії та екології
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітнього ступеня магістр
(бакалавр, магістр)

спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія
спеціалізація Хімічні технології неорганічних речовин
(шифр і назва спеціальності)

на тему **Виробництво кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік з розробкою стадії очищення сирого розсолу**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТНР-19зм

Волков С.В.
(прізвище, та ініціали) _____
(підпис)

Керівник Ожередова М.А.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

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

Рецензент Римар Т.Е.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет

Інженерії

Кафедра

Хімічної інженерії та екології-

Освітній

ступінь

магістр

(бакалавр, магістр)

Спеціальність

161

-

Хімічні

технології

та

інженерія

Спеціалізація

"Хімічні

технології

неорганічних

речовин"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Волков Станіслав Вадимович

1. Тема проекту :

Виробництво кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік з розробкою стадії очищення сирого розсолу

Керівник проекту (роботи) Ожередова Марина Анатоліївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 162/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту - 15 січня 2021 р.

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

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

Вступ. 1. Техніко-економічне обґрунтування. 2. Технологічна частина. 3. Контроль та автоматизація виробництва. 4. Охорона праці. 5. Компонівка технологічного обладнання. 6. Екологія та охорона навколишнього середовища. 7. Техніко-економічні розрахунки. Висновки. Анотація. Список використаної літератури.

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

1. Технологічна схема (1 лист).
 2. Відстійник Дорра. Вид загальний (1 лист).
 3. Абсорбер. Вид загальний (1 лист).
 4. Схема КВПіА стадії очищення сирого розсолу (1 лист).
 5. Матеріальний баланс (1 лист).
 6. Техніко-економічні показники (1 лист).
- 6. Дата видачі завдання - 09 листопада 2020 року.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	09.11.2020	
2	Техніко-економічне обґрунтування	19.11.2020	
3	Технологічна частина	27.11.2020	
4	Контроль та автоматизація виробництва	07.12.2020	
5	Охорона праці	17.12.2020	
6	Компоновка технологічного обладнання	27.12.2020	
7	Екологія та охорона навколишнього середовища	03.01.2021	
8	Техніко-економічні розрахунки	10.01.2021	
9	Висновки	12.01.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

_____ Волков С.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ Ожередова М.А. _____
(прізвище та ініціали)

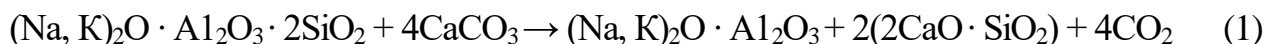
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Аналітичний огляд і патентний пошук

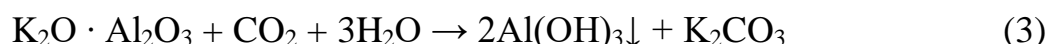
Виробництво соди в наші дні здійснюється чотирма способами: карбонізацією гідроксиду натрію; переробкою нефелінів; на основі природної соди; аміачним (спосіб Сольве);

При електрохімічному виробництві хлору шляхом електролізу водного розчину хлориду натрію одержують гідроксид натрію, який є відходом даного виробництва. У зв'язку з чим виникає питання про переведення надлишку гідроксиду натрію в карбонат натрію (соду). Переведення здійснюється шляхом карбонізації гідроксиду натрію та наступним розкладанням утвореного гідрокарбонату натрію з одержанням соди. В світовому виробництві кальциновану соду з гідроксиду натрію одержують у незначних кількостях і доля цього способу становить менше 1 %, оскільки відсутні надлишки гідроксиду натрію [3].

Комплексна переробка нефелінів $(\text{Na,K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ з одночасним одержанням соди, глинозему, цементу та поташу. Цей спосіб виробництва є безвідходним. Нефелін переробляють на глинозем і інші содопродукти прожарюванням нефелінової руди в суміші із CaCO_3 при температурі близько 1300°C :



Отриманий спек вилуговують, алюмінати натрію та калію переходять у розчин, а двокальцієвий силікат залишається в шламі, який використовують для одержання цементу. Розчин алюмінатів розкладають діоксидом вуглецю:



					<i>ДП.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Волков С.В.</i>					10	105
<i>Керівник</i>		<i>Ожередова М.А.</i>				<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

В осад випадає чистий гідроксид алюмінію, а в розчині залишаються вуглекислі солі натрію та калію. Гідроксид алюмінію, що випав в осад, відокремлюють від розчину, промивають і прожарюють при температурі близько 1000°C. При цьому отримують оксид алюмінію – глинозем Al_2O_3 . Маточний розчин після відділення осадженого гідроксиду алюмінію частково повертають у цикл для вилуговування спека, а надлишок виводять із системи для одержання соди і поташу.

За цим способом одержують соду менш чисту, ніж за аміачним способом виробництва. Вона містить деяку кількість сульфату калію [4].

Основною содовмісною сировиною є поклади трони $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$. Кальциновану соду з трони одержують основними способами – сесквікарбонатним і моногідратним.

За першим способом подрібнену руду розчиняють з отриманням насиченого розчину, який після освітлення, фільтрації, очистки від органічних домішок випарюють і потім охолоджують. Кристали сесквікарбонату, що випали, відділяють і кальцинують при 200°C.

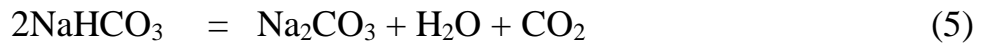
За другим способом руду кальцинують, одержану сиру соду розчиняють, розчин освітлюють, фільтрують, оброблюють активованим вугіллям з метою очистки від органічних домішок і випарюють при температурі нижче точки переходу моногідрату карбонату натрію в безводну соду. Отримані кристали моногідрату карбонату натрію відділяють і дегідратують при температурі 150°C з одержанням важкої соди.

Одержувати соду з природної соди набагато вигідніше, ніж іншими традиційними способами. Цей спосіб є більше «чистим» в екологічному відношенні [5].

Майже 75% всієї вироблюваної в світі соди приходить на аміачний спосіб виробництва. Основні хімічні реакції процесу одержання соди за аміачним способом можуть бути виражені наступними сумарними рівняннями

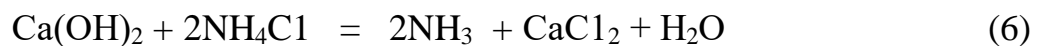


						ДП.02.01.ПЗ	Арк
							11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			



Для здійснення реакції (4) розчин хлориду натрію (розсіл) насичують аміаком і діоксидом вуглецю при порівняно низьких температурах, що забезпечує протікання реакції в потрібному напрямку, тобто зліва направо. Утворений в результаті цієї реакції гідрокарбонат натрію, випадає з розчину в вигляді кристалічного осаду, після чого відфільтровується і підлягає прожарюванню (кальцинації) згідно реакції (5) для одержання карбонату натрію – кальцинованої соди.

Після відділення осаду гідрокарбонату натрію аміак, необхідний для протікання реакції (4), регенерується з маточного розчину, що містить хлорид амонію, відповідно до реакції



Джерелом діоксиду вуглецю та гідроксиду кальцію для реакцій (4) і (6) є продукти випалу карбонату кальцію за реакцією



і наступного гасіння утвореного при цьому вапна:



Крім того, в виробничий цикл для проведення реакції (4) повертається вуглекислий газ, що виділяється в результаті реакції (5) [6].

Перевага аміачного способу виробництва відносно інших способів одержання соди пояснюється широкою розповсюдженістю та доступністю сировини – розсолу та карбонату кальцію; можливістю здійснювати основні реакції процесу при невисоких температурах і близькому до атмосферного тиску; високою якістю готового продукту; порівняно низькою собівартістю продукції.

										Арк
										12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
			співвідношенні 1:30-50 по об'єму. Запропонований спосіб дає можливість очищувати розсоли з вмістом магнію 15 г/л і отримувати
СРСР	C01D 7/18	http://patents.su/?search=1263628&type=number	<p>А.с. № 1263628 від 28.03.1975 C01D 7/18 Ходорковская С.И., Петренко С.А., Заразилов И.С., Ворошилов Г.Н., Самойленко В.И., Аранович Е.Л., Плехов Н.А. «Способ очистки рассола хлорида натрия от соединений магния и кальция»</p> <p>Метою винаходу є збільшення швидкості відстоювання розсолу.</p> <p>Спосіб полягає в тому, що вихідний розсіл попередньо обробляють вапняним молоком, а потім освітлений розчин обробляють насиченим аміаком і вуглекислотою, в кількості, що забезпечує в утвореній суміші масову концентрацію вуглекислого амонію 0,7-2,4 г/дм³, причому насичення очищеного розсолу аміаку і вуглекислотою ведуть до масової концентрації в ньому вуглекислого амонію 144,1-187,4 г/дм³ і гідроксиду амонію 21,0-66,6 г/дм. Запропонований спосіб забезпечує збільшення швидкості відстоювання до 0,4-0,6 м/годину проти 0,35 м/годину.</p>
СРСР	C01D 3/16	http://patents.su/?search=+585122+&type=number	<p>А.с. № 585122 від 25.12.1977 C01D 3/16 Рахманкулов Д.Л., Злотский С.Н., Сыркин А.М., Бурдигина А.В., Пименова В.Т., Злотский С.С., Трутнев Г.А., Дранов З.И., Гарифзянов Г.Г. «Способ очистки концентрированных водных растворов хлорида натрия от кальция и магния»</p> <p>Метою винаходу є підвищення ступеня очищення.</p> <p>Винахід полягає в тому, що процес осадження іонів кальцію і магнію ведуть в присутності алкіламінів, взятих в кількості 0,1-0,6%(мас.) в суміші з натрієвими солями поліфосфатних кислот, взятих в кількості 0,08-0,8%(мас.), а процес осадження ведуть при 5-60°C.</p>
СРСР	C01D 3/16	http://patents.su/?search=767026+&type=number	<p>А.с. № 767026 від 30.09.1980 C01D 3/16 Ходорковская С.И., Страчиков Н.С., Маренич Е.Е., Никитенко М.А., Окатый Ю.Г. «Способ очистки рассола от ионов магния и кальция»</p> <p>Метою винаходу є збільшення швидкості відстоювання і можливості очистки розсолу з</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.02.01.ПЗ

Арк

14

1	2	3	4
			<p>підвищеним вмістом іонів магнію.</p> <p>Поставлена мета досягається обробкою розсолу оксидом кальцію, відділенням осаду відстоюванням, обробкою розсолу карбонатом натрію і виділенням карбонату кальцію, оксид кальцію попередньо оброблюють вихідним розсолем до утворення гіпсомagnesіальної суміші в кількості 1,0-2,5%(мас.) і гідроксиду кальцію в кількості 12,0-21,0%(мас.) і потім утворену суспензію подають на обробку вихідного розсолу.</p>
СРСР	С01D 3/16	http://patents.su/?search=735566&type=number	<p>А.с. № 735566 від 25.05.1980 С01D 3/16 Ризе Д.Ф., Кулькова Т.Ф., Беньковский С.В., Одношевина П.М. «Способ очистки природного рассола магния и кальция»</p> <p>Метою винаходу є одержання осадів крупнокристалічного гіпсу і тонкодисперсного гідроксиду магнію, що легко розділяються.</p> <p>Це досягається тим, що в рапі, що містить хлористий магній і сульфат магнію, розчиняється сульфат натрію в стехіометричній кількості на хлористий магній, що міститься в розсолі, з наступним осадженням гідроксиду магнію і гіпсу вапняним молоком, що містить 7-13%(мас.) СаО, протягом 20-25 хв. при температурі 40-50°С з наступним перемішуванням протягом 30-40 хв. і швидкості мішалки 1-2 м/с.</p>
СРСР	С01D 3/16	http://patents.su/?search=1215615&type=number	<p>А.с. № 1215615 від 28.02.1986 С01D 3/16 Оронцио Де Нора Импианти Элеттрохимичи «Способ очистки растворов натрия»</p> <p>Метою винаходу є підвищення ступеня очистки.</p> <p>Вказана мета досягається тим, що по способу очистки розчинів хлориду натрію від іонів кальцію і магнію обробкою розчином осаджувального реагенту в органічному розчиннику, що не змішується з водою і містить комплексоутворюючу добавку, в якості осаджувального агента використовують 1-феніл-3-метил-4-бензоил-піразол-5-он, а в якості комплексоутворюючої добавки – трикоктил-фосфіноксид і обробку вихідного розчину ведуть 0,001-0,01М розчином осаджувального агента, що містить 0,2-2,0%(мас.) комплексоутворюючої добавки.</p>

								ДП.02.01.ПЗ	Арк
									15
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Україна	C01D 3/16	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=171107&chapter=description	<p>Патент України № 68447 від 26.03.2012 C01F 3/00 Посторонко А.І. «Спосіб очищення розсолу»</p> <p>Метою корисної моделі є підвищення якості очищеного розсолу.</p> <p>Поставлена задача вирішується тим, що процес осадження солей кальцію і магнію ведуть в присутності гексаметиленіміну, взятого в кількості 0,1-0,6%(мас.), у суміші з комплексною сіллю $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot \text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ з концентрацією 0,05-1,1%(мас.).</p> <p>Спосіб дозволяє очистити розсіл від солей кальцію і магнію до 98-98,8%.</p>
Україна	C01F 3/00	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=173613&chapter=description	<p>Патент України № 70169 від 25.05.2012 C01F 3/00 Посторонко А.І., Ворох А.О. «Спосіб очистки розсолу»</p> <p>Метою корисної моделі є збільшення швидкості відстоювання суспензії при високій якості очищеного розсолу.</p> <p>Спосіб очистки розсолу від солей кальцію і магнію шляхом попередньої каустифікації вапняного молока содовим розчином, введенням одержаної суміші у змішувач для змішування з сирим розсолом з подальшим відстоюванням її у відстійнику "Дорра", який відрізняється тим, що для збільшення швидкості відстоювання суспензії у відстійнику "Дорра" у вапняне молоко перед каустифікацією вводять полі-N,N-диметил-N,N-діаліламонійхлорид концентрацією 0,01-0,05%мас.</p>
Україна	C01D 1/00	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=177273&chapter=description	<p>Патент України № 72847 від 27.08.2012 C01D 1/00 Посторонко А.І., Леденьова О.П. «Спосіб очистки розсолу»</p> <p>Метою корисної моделі є збільшення прозорості очищеного розсолу.</p> <p>Спосіб очистки розсолу від солей кальцію і магнію шляхом попередньої каустифікації вапняного молока содовим розчином, введенням одержаної суміші у змішувач для змішування з сирим розсолом з подальшим відстоюванням її у відстійнику "Дорра", який відрізняється тим, що з метою збільшення прозорості очищеного розсолу у вапняне молоко перед каустифікацією вводять гідрохлорид диметиламіноетилметакрилат з концентрацією 0,01-0,05% мас.</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.02.01.ПЗ

Арк

16

З огляду на завдання дипломного проекту основним напрямком в удосконаленні стадії очищення сирого розсолу є пошук способу підвищення якості очищеного розсолу.

1.2 Обґрунтування вибраного способу та місця будівництва об'єкту

Вибір місця для будівництва нового підприємства починається з вибору району та пункту. Вибір проводиться в техніко-економічному обґрунтуванні проекту та завданні на проектування. Для цього керуються відповідним положенням: «Положення про порядок вибору району або пункту будівництва нових промислових підприємств і про основні показники ТЕО розміщення підприємств».

Основними факторами, що впливають на вибір району або пункту є:

1. Наявність сировинних баз і відстань від них.
2. Забезпеченість паливом.
3. Наявність джерела та умови електропостачання.
4. Наявність, стан і можливість використання транспортних шляхів.
5. Відстань від місць споживання продукції.
6. Близькість промислового району і населених пунктів.
7. Наявність вільних площ, придатних для будівництва заводу [16].

В якості місця будівництва проектного виробництва кальцинованої соди пропонується обрати місто Бахмут Донецької області. Розглянемо його з точки зору впливу наведених факторів.

Сировиною для виробництва кальцинованої соди аміачним способом є карбонатна сировина та хлорид натрію в вигляді розсолу. Проектоване виробництво буде постачатися високоякісною крейдою з кар'єрів Райгородка біля м. Слов'янська Донецької області (відстань до місця будівництва – 47 км), а розсіл, одержаний шляхом підземного вилуговування кухонної солі в

										ДП.02.01.ПЗ	Арк
											17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

свердловинах методом гідроврубу, буде надходити з Соледарського родовища кухонної солі (відстань до місця будівництва – 15 км).

Технологічне паливо – кокс, що використовується для випалу карбонатної сировини, буде постачатися з Харківського коксового заводу.

Аміачна вода, що застосовується для компенсації виробничих втрат аміаку, буде постачатися ПрАТ „Сєверодонецьке об’єднання азот”.

Донецька область має найбільш розгалужену та найгустішу транспортну систему в Україні. Тут найбільша щільність залізниць в Україні (61 км на 1000 км²), а через місто Бахмут проходить автомагістраль Харків – Слов’янськ – Костянтинівка – Бахмут.

Електроенергією проєктоване виробництво буде забезпечуватися Слов’янською ТЕС.

Джерелом технічної води буде р. Сіверський Донець, для господарчо-побутових потреб вода буде відбиратися із міського водопроводу.

Готова продукція проєктованого виробництва – кальцинована сода – знайде свого споживача як серед промислових підприємств Донецького економічного району, так і за його межами: металургійні підприємства Донецької області, виробництво скла (Костянтинівські скляний завод), Кременчуцький нафтопереробний завод, кольорова металургія (Миколаївський глиноземний завод), виробництво пральних порошоків і миючих засобів (ЗАТ Вінницяпобудхім) та ін.

Проєктоване виробництво буде повністю забезпечене трудовими кадрами – випускниками Донецького національного технічного університету (м. Покровськ) та Слов’янського хіміко-механічного технікуму.

Наявність сировинних, паливно-енергетичних, водних та трудових ресурсів, споживачів готової продукції і зручного транспортного сполучення дозволяє зробити висновок, що будівництво виробництва кальцинованої соди у м. Бахмут Донецької області є економічно доцільним.

									ДП.02.01.ПЗ	Арк
										18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

1.3 Характеристика сировини та готової продукції

Для виробництва кальцинованої соди застосовується крейда, якісні та кількісні показники якої повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-109, клас I, II (табл. 1.2) [17].

Таблиця 1.2 – ДСТУ Б В.2.7-109-2001. Породи карбонатні для виробництва вапна. Технічні умови

Найменування показників	Класи карбонатних порід						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вуглекислий кальцій (CaCO_3), %мас., не менше	92	86	77	72	52	47	72
Вуглекислий магній (MgCO_3), %мас., не менше	5	6	20	20	45	45	8
Глинисті домішки ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), %мас., не більше	3	8	3	8	3	8	20

Сирий розсіл, що використовується в виробництві кальцинованої соди, повинен мати наступний склад [3]:

зовнішній вигляд	безбарвний
вміст NaCl , г/л, не менше	321,6
вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} , г/л, не більше	0,005
вміст SO_4^{2-} , г/л, не більше	6
вміст NaOH , г/л	0,05-0,10
вміст Na_2CO_3 , г/л	0,38-0,42
загальна лужність, г/л, не більше	0,40
прозорість за хрестом і точками, мм стовпа рідини, не менше	1200

В виробництві кальцинованої соди використовується синтетична аміачна вода (ГОСТ 9-92, марка «А»), фізико-хімічні показники якої наведені в табл. 1.3 [18].

Для випалу карбонатної сировини в якості палива застосовується кокс, якість якого повинна відповідати показникам ГОСТу 3340-88 (табл. 1.4) [19].

Таблиця 1.3 – ГОСТ 9-92. Аммиак водный технический. Технические требования

Найменування показника	Норма для марки «А»
Зовнішній вигляд	Прозора безбарвна рідина
Масова частка аміаку, %, не менше	25
Масова частка аміаку, %, в перерахунку на азот	Не нормується
Масова концентрація нелеткого залишку, г/дм ³ , не більше	0,07
Масова концентрація діоксиду вуглецю, г/дм ³ , не більше	Не нормується

Таблиця 1.4 – ГОСТ 3340-88. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия

Найменування показника	Норма для марки і класу					
	КЛ-1		КЛ-2		КЛ-2	
	60 мм і більше	40 мм і більше	60 мм і більше	40 мм і більше	60 мм і більше	40 мм і більше
Масова частка загальної сірки, %, не більше	0,6		1,0		1,4	
Зольність, %, не більше	12,0		11,0		11,5	
Масова частка загальної вологості в робочому стані палива, %, не більше	5,0		5,0		5,0	
Показник міцності, не менше	76	73	78	77	78	77
Масова частка кусків розміром менше нижньої межі, %, не більше	14(20)	6	14(20)	6	14(20)	6
в тому числі кусків менше 40 мм, %, не більше	5	–	5	–	5	–

Кальцинована сода (Na_2CO_3) – карбонат натрію, безводний вуглекислий натрій. Молекулярна маса – 105,99. Температура плавлення 854°C. Щільність – 2530 кг/м³, об’ємна щільність – 0,5-0,55 т/м³. Добре розчиняється в воді, з підвищенням температури розчинність зростає. Водні розчини мають сильнолужні властивості. Кальцинована сода здатна поглинати вологу із повітря та CO_2 і перетворюватися в гідрокарбонат [6].

Якість кальцинованої соди визначається ГОСТом 5100-85 (табл. 1.5) [20].

									ДП.02.01.ПЗ	Арк
										20
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 1.5 – ГОСТ 5100-85. Сода кальцинирована техническая.

Технические условия

Найменування показника	Норма для марки та сорту					
	А			Б		
	Вищий	Перший	Другий	Вищий	Перший	Другий
Зовнішній вигляд	Гранули білого кольору			Порошок білого кольору		
Масова частка вуглекислого натрію, %, не менше	99,4	99,0	98,5	99,4	99,0	99,0
Масова частка вуглекислого натрію в перерахунку на непрожарений продукт, %, не менше	98,7	98,2	97,0	98,9	98,2	97,5
Масова частка втрати при прожарюванні при 270-300° С, %, не більше	0,7	0,8	1,5	0,5	0,8	1,5
Масова частка хлоридів у перерахунку на NaCl, %, не більше	0,2	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8
Масова частка заліза у перерахунку на Fe ₂ O ₃ , %, не більше	0,003	0,005	0,008	0,003	0,003	0,008
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	0,08
Масова частка сульфатів у перерахунку на Na ₂ SO ₄ , %, не більше	0,04	0,05	-	0,04	0,05	-
Насипна щільність, г/см ³ , не менше	1,1	0,9	0,9	-	-	-
Гранулометричний склад кальцинованої соди:						
залишок на ситі з сіткою №2К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	-	5	5	-	-	-
проходження через сито з сіткою №1, 25К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	100	-	-	-	-	-
залишок на ситі з сіткою №1К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	3	-	-	-	-	-
проходження через сито з сіткою №01К, 25К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	7	15	25	-	-	-
Магнітні включення розміром більше 0,25 мм	-	-	-	-	-	-

Технічну кальциновану соду марки А упаковують в м'які спеціалізовані контейнери типів МКР-1,0С за ТУ 6-19-74, МКР-1,0М за ТУ 6-19-264, МКО-1,0С за ТУ 6-19-229 або в п'ятишарові паперові мішки марок ПМ, БМ за ГОСТ 2226. Технічну кальциновану соду марки Б упаковують в чотири-п'ятишарові паперові мішки марок НМ, БМ, ПМ за ГОСТ 2226, в м'які спеціалізовані контейнери типів МКР-1,0С за ТУ 6-19-74; МКР-1,0М за ТУ 6-19-264; МК-1,5Л за ОСТ 6-19-80. Технічну кальциновану соду, призначену для тривалого зберігання, упаковують в м'які спеціалізовані контейнери типів МКР-1,0 С за ТУ 6-19-74, МКР-1,0М за ТУ 6-19-264.

									Арк
									21
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.02.01.ПЗ

При поставках на експорт технічну кальциновану соду упаковують в чотиришарові паперові мішки марок НМ, БМ за ГОСТ 2226, вкладені в льоно-джуто-кенафні мішки за ГОСТ 30090, або в два чотиришарових паперових мішка марок НМ, БМ за ГОСТ 2226, вкладені один в другий, або в спеціалізовані м'які контейнери типів МКР-1,0М, МКР-1,0С.

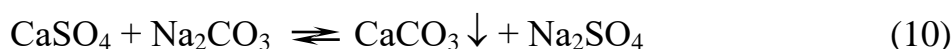
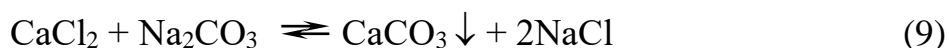
Технічну кальциновану соду, упаковану в мішки, транспортують усіма видами транспорту в критих транспортних засобах відповідно до правил перевезень вантажів, що діють на транспорті даного виду. Транспортування упакованого продукту залізницею здійснюють вагонними відправками. Технічну кальциновану соду, упаковану в мішки, транспортують в пакетах.

За погодженням із споживачем кальциновану соду марки А насипом транспортують у спеціальних вагонах (содовозах, цементовозах). Технічну кальциновану соду марки Б насипом транспортують у спеціальних вагонах вантажовідправника (вантажодержувача), придатних для перевезення сипучих вантажів та автомобілях (содовозах, сажевозах, цементовозах), за погодженням із споживачем – у критих вагонах.

Гарантійний термін зберігання технічної кальцинованої соди марки А – 3 місяці, марки Б – 6 місяців, упакованої в м'які спеціалізовані контейнери – 5 років з дня виготовлення [20].

1.4 Фізико-хімічні основи виробництва

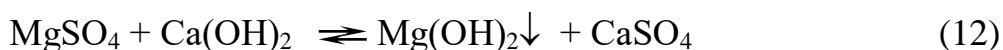
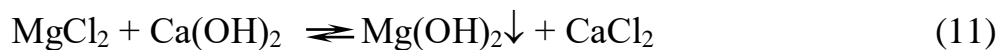
Сирий розсіл містить домішки – солі кальцію та магнію. Для видалення солей кальцію використовують соду Na_2CO_3 , при взаємодії з якою протікають реакції:



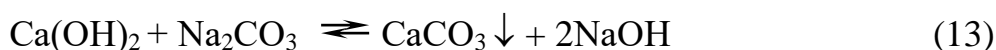
										Арк
										22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

Таким чином, кальцій осаджується з розсолу у вигляді CaCO_3 , розчинність якого в концентрованому розсолі при надлишку осаджувача – соди досить мала.

Для видалення з розсолу магнієвих солей використовується $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при взаємодії з яким протікають реакції



При спільній присутності соди і вапняного молока протікає реакція утворення NaOH , що взаємодіє потім з солями магнію за реакціями (11) та (12):



При очищенні розсолу від Mg^{2+} вапняним молоком в розчин переходить Ca^{2+} у вигляді CaCl_2 і CaSO_4 . Тому при розрахунку кількості потрібної для очищення розсолу соди треба враховувати не тільки ті солі кальцію, які містяться в сирому розсолі, але і солі, що утворюються в процесі очищення розсолу від Mg^{2+} . Іон SO_4^{2-} залишається в розсолі у вигляді добре розчинної солі Na_2SO_4 . Надалі присутність Na_2SO_4 ускладнює процес регенерації аміаку у відділенні дистиляції.

При осадженні гідроксиду магнію і карбонату кальцію необхідно враховувати їх схильність до утворення пересичених розчинів, особливо характерну для карбонату кальцію. В певних умовах карбонат кальцію може утворювати пересичені метастабільні розчини, причому встановлення дійсної рівноваги може тривати протягом багатьох годин. Ступінь пересичення знижується при підвищенні температури, інтенсивному перемішуванні і внесенні затравки. Крім того, на пересичення розчину карбонатом кальцію впливає також домішка солей магнію. Гідроксид магнію, що утворюється в

										ДП.02.01.ПЗ	Арк
											23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

розчині, адсорбується на частках карбонату кальцію і закриває частину їх поверхні, знижуючи таким чином швидкість кристалізації.

З рис. 1.1 видно, що гальмівна дія гідроксиду магнію більш помітно проявляється, якщо він виділяється через певний проміжок часу після початку кристалізації CaCO_3 .

Найбільш повільна стадія процесу очищення розсолу – відстоювання розсолу від домішок, що випали в осад. Характер осідання твердих частинок суспензії може бути вільним і спільним. При вільному осіданні кожна частка падає зі швидкістю, що залежать від її розміру: чим менше частка, тим повільніше вона осідає. Тому при вільному відстоюванні не спостерігається чіткої межі між освітленою рідиною і суспензією.

Оскільки у складі суспензії зазвичай знаходяться дуже дрібні частинки, освітлювана рідина тривалий час залишається каламутною. При очищенні розсолу розмір утворюваних кристалів CaCO_3 складає 5-10 мкм, в той час як частинок $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – всього лише кілька сотих долей мілімікрон. Швидке осідання таких дрібних частинок можливе лише при спільному відстоюванні, коли окремі частинки – дрібні і великі – об'єднуються в агрегати-пластівці і осідають з досить великою швидкістю. При спільному відстоюванні, коли швидкість осідання частинок різного розміру однакова, спостерігається чітка межа освітленої частини суспензії.

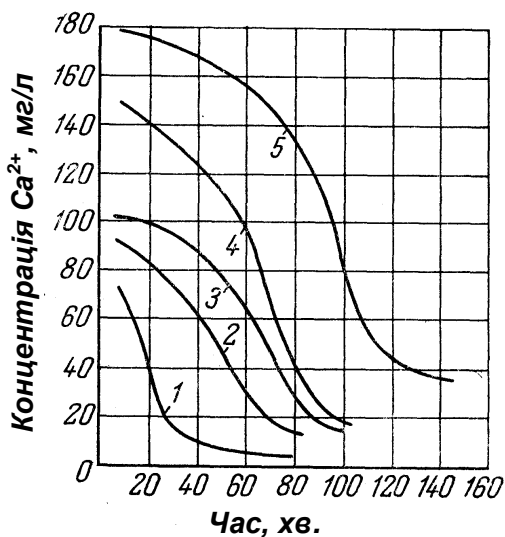
Великий вплив на процес утворення пластівців і швидкість осадження суспензії гідроксиду магнію має концентрація NaCl в розсолі. При переході від води до розсолів швидкість осадження $\text{Mg}(\text{OH})_2$ спочатку збільшується з ростом концентрації NaCl , потім при збільшенні концентрації NaCl більше 130-140 г/л сильно знижується (рис. 1.2) [3].

Розсіл найбільш швидко відстоюється при певній комбінації речовин різного ступеня дисперсності. Відносно крупні частинки, що погано агрегуються, можна агрегувати шляхом додавання речовин, які дають

										ДП.02.01.ПЗ	Арк
											24
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

тонкодисперсний осад, як, наприклад, при використанні коагулянтів при очищенні води. Роль коагулянту при очищенні розсолу виконує гідроксид магнію. Тому для створення спільного відстоювання в процесі очищення розсолу велике значення має співвідношення концентрацій іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Це співвідношення не повинно бути малим.

Швидкість утворення гідроксиду магнію не повинна бути менше швидкості утворення CaCO_3 . При використанні для очищення від солей магнію гідроксиду кальцію, розчинність якого мала, швидкість осадження $\text{Mg}(\text{OH})_2$ буде залежати від швидкості розчинення гідроксиду кальцію, що знаходиться у вапняній суспензії. Щоб не затримувати утворення $\text{Mg}(\text{OH})_2$ повільним розчиненням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при очищенні розсолу з малим вмістом іонів магнію (0,15 н.д.), корисно осаджувальні реагенти – розчин соди і вапняне молоко – попередньо змішати і по можливості нагріти. При цьому відбудеться реакція каустифікації соди. У результаті підвищення концентрації іонів OH^- в розчині із утвореного добре розчинного NaOH підвищаться і швидкість, і ступінь осадження $\text{Mg}(\text{OH})_2$ з розсолу.



1 – без $\text{Mg}(\text{OH})_2$; 2 – при $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 3$; 3 – при $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 0,9$; 4 – при $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 0,4$; 5 – при $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 0,9$

Рисунок 1.1 – Вплив гідроксиду магнію на швидкість зняття пересичення по кальцію

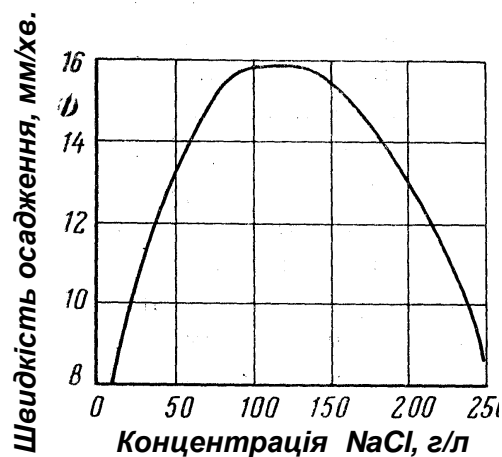


Рисунок 1.2 – Вплив концентрації NaCl в розчині на швидкість осадження гідроксиду магнію

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

При високому вмісті Mg^{2+} в розсолі осаджувальні реагенти можна вводити в сирий розсіл одночасно. Підвищення температури зменшує в'язкість розсолу і тим самим збільшує швидкість відстоювання розсолу. Однак надмірне підвищення або коливання температури розсолу може принести до порушення спільного відстоювання. Тому про очищенні температуру розсолу підтримують у межах 12-22°C. Чим більше в розсолі солей магнію, тим більш рихлими виходять пластівці і тим повільніше вони осідають. Тому при великому вмісті Mg^{2+} розсіл очищають при температурі не нижче 20°C, а при малому – не нижче 12°C.

Перемішування осаджувальних реагентів з розсолом має забезпечити швидке і рівномірне розподілення їх по всьому об'єму очищуваного розсолу. До початку утворення пластівців перемішування має бути закінчене, інакше порушуються процес утворення пластівців і спільне відстоювання.

Для прискорення кристалізації, укрупнення кристалів і формування агрегатів-пластівців рекомендується додавати до суспензії "затравку", тобто свіжі отримані кристали $CaCO_3$ і $Mg(OH)_2$, що відіграють роль центрів кристалізації, на поверхні яких відкладаються солі, котрі кристалізуються. На практиці роль "затравки" може виконувати шлам, що осідає на дно відстійника. Для цього суспензію, що надходить у відстійник, вводять трохи нижче границі між прозорим розсолом і шламом, що осідає. Кількість введеної суспензії повинна бути такою, щоб швидкість вертикального потоку рідини у відстійнику була рівною швидкості осідання утворених пластівців у верхній зоні осідаючого шламу. При цьому межа освітленого розсолу буде підтримуватися на певній висоті. В цілому шлам буде осідати на дно відстійника, а освітлений розсіл – впливати з відстійника зверху. Таким чином, введена суспензія проходить через шар осаду (фільтруючий шар), що відіграє роль "затравки". За час проходження через цей шар протікають і кристалізація, і агрегація осаду в пластівці.

									Арк
									26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Біля дна відстійника щільність осаду збільшується, швидкість осадження різко сповільнюється і відстоювання переходить у стадію ущільнення, характерного для спільного відстоювання. Ущільнення шламу пов'язано з руйнуванням пластівців під дією сили тяжіння або мішалки, що повільно рухається. Отримується більш щільне упакування пластівців. Із збільшенням вмісту солей магнію в розсолі утворені пластівці стають більш міцними і важче руйнуються, тому об'єм ущільненого шламу збільшується [21].

					ДП.02.01.ПЗ	Арк
						27
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Нові технічні рішення, прийняті в проекті

Основною задачею дипломного проекту є вдосконалення процесу очищення сирого розсолу від солей кальцію та магнію в виробництві кальцинованої соди, а саме, підвищення якості очищеного розсолу.

Поставлена задача вирішується шляхом додавання до сирого розсолу, окрім содолужних реагентів, інтенсифікуючої добавки – хлориду кальцію та регулювання витрати інтенсифікуючої добавки. Витрата хлориду кальцію здійснюється залежно від концентрації іонів магнію та кальцію в вихідному сирому розсолі та корегується за залишковим їх вмістом в очищеному розсолі. Хлорид кальцію вводиться з дистилерною рідиною.

Використання хлориду кальцію в якості інтенсифікуючої добавки дозволяє перевести процес відстоювання осаджених домішок з неконсолідованого режиму до консолідованого, чому сприяє збільшення маси осаду карбонату кальцію, що утворюється під час обробки розсолу карбонатною складовою осаджувальних реагентів. Завдяки цьому збільшується фільтруюча здатність шламу. Дуже важливим є і те, що добавка хлориду кальцію у цьому процесі не є сторонньою, оскільки вихідний розсіл вже містить деяку його кількість.

Добавка хлориду кальцію вноситься в кількості, необхідній для забезпечення консолідованості та досить високої швидкості відстоювання шламу розсолоочищення, причому цей процес ефективний при введенні добавки у такій кількості, щоб сума молярних концентрацій еквівалентів іонів магнію та кальцію в сирому розсолі складала не менш 0,05 моль/л, а їх співвідношення – не більше 1 : 1.

					<i>ДП.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Волков С.В.</i>				<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Ожередова М.А.</i>						28	105
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

Використання дистилерної рідини як джерела хлориду кальцію одночасно дозволяє в деякій мірі скоротити об'єм дистилерної рідини – відходу содового виробництва.

2.2 Опис технологічної схеми

Виробництво кальцинованої соди аміачним способом включає наступні основні стадії:

- переробка карбонатної сировини: випал, охолодження та очищення вуглекислого газу, гасіння вапна з отриманням вапняного молока;
- очищення розсолу: взаємодія сирого розсолу з реагентами в реакторах і відстоювання розсолу;
- абсорбція: відмивання в промивачі газів, що виділяються на інших стадіях, від аміаку, двостадійне насичення розчину розсолу аміаком та частково діоксидом вуглецю, які надходять зі стадії дистиляції, охолодження амонізованого розсолу;
- карбонізація: відмивання від аміаку газу, що залишає стадію карбонізації (супроводжується вловлюванням невеликих кількостей діоксиду вуглецю), попередня карбонізація, карбонізація з виділенням гідрокарбонату натрію в осаджувальних колонах, компримування (перед подачею в карбонізаційні колони) діоксиду вуглецю, що надходить зі стадій переробки карбонатної сировини і кальцинації;
- фільтрація: відділення гідрокарбонату натрію на фільтрах і відсмоктування повітря вакуум-насосами;
- кальцинація: зневоднення та розкладання гідрокарбонату натрію в парових кальцинаторах, охолодження та очищення діоксиду вуглецю після парових кальцинаторів;

						Арк
						29
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

– регенерація аміаку (дистиляція): попередній підігрів і дисоціація карбонатів і гідрокарбонатів амонію, що містяться в фільтровій рідині, в конденсаторі та теплообміннику дистиляції, змішування і взаємодія нагрітої рідини з вапняною суспензією в змішувачі і відгонка аміаку в дистилер [5].

Опис технологічної схеми виробництва кальцинованої соди аміачним способом представлена нижче.

В мішалку (поз.3) подається содовий розчин, що приготований розчиненням кальцинованої соди в очищеному розсолі. Концентрація соди в цьому розчині складає 24-25 н.д. В мішалку (поз.2) зі стадії гасіння вапна поступає вапняне молоко концентрацією 90 н.д. Далі содовий розчин і вапняне молоко надходять у змішувач (поз. 4), де вони змішуються.

Процес очищення здійснюється безперервно. Сирий розсіл зі збірника сирого розсолу (поз.1) і змішані осаджувальні реагенти поступають в реактор (поз. 5), в який також подається дистилерна рідина зі стадії регенерації аміаку. Із реактора розсіл безперервно перетікає в відстійник (поз. 6) для відокремлення солей кальцію та магнію, що випали в осад. Освітлений розсіл відводиться з верхньої частини відстійника в напірний бак (поз. 7), звідки він самопливом поступає в апарати стадії абсорбції. Шлам з нижньої частини відстійника періодично перекачується в шламопроводи дистилерної рідини.

На стадії абсорбції встановлені дві колони. Одна колона складається з: холодильника газу дистиляції (ХГДС), другого промивача газу карбонізаційних колон (ПГКЛ-2), першого абсорбера (АБ-1), другого абсорбера (АБ-2), збірника слабкого амонізованого розсолу (ЗСАР). Друга колона складається з: промивача повітря фільтрів (ППФЛ), промивача газу абсорбції (ПГАБ), санітарного промивача газу карбонізаційних колон (СПГКЛ) і збірника слабкого амонізованого розсолу (ЗСАР).

Очищений розсіл подається на стадію абсорбції двома потоками. Перший потік подається на ППФЛ (поз. 9), де розсіл насичується NH_3 з повітря вакуум-фільтрів (поз.44). Після ППФЛ повітря вакуум-насосом (поз.8)

						Арк
					ДП.02.01.ПЗ	30
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

викидається в атмосферу з концентрацією NH_3 не більше $0,4 \text{ г/м}^3$. Слабкоамонізований розсіл із ППФЛ надходить у ЗСАР (поз. 10), звідки поступає у ПГКЛ-2 (поз.12).

Другий потік подається в санітарний промивач газу колон СПГКЛ (поз.20), де насичується NH_3 і CO_2 з газів після ПГКЛ-2. Гази, пройшовши сепаратор (поз.21), викидаються в атмосферу з концентрацією NH_3 не більше $0,3 \text{ г/м}^3$, а розсіл надходить на ПГАБ (поз.11). Після ПГАБ амонізований розсіл надходить у збірник слабого амонізованого розсолу ЗСАР (поз.10), звідки відцентровим насосом у ПГКЛ-2.

У ПГКЛ-2 два потоки поєднуються. Пройшовши ПГКЛ-2, розсіл поглинає NH_3 і частково CO_2 з газу після ПГКЛ-1 (поз.18), виходить самопливом на АБ-1 (поз.13). Тут уловлюється NH_3 і CO_2 з газів після АБ-2 (поз.14). Розсіл у процесі абсорбції NH_3 нагрівається і поглинальна здатність його зменшується. Тому амонізований розсіл, пройшовши АБ-1, надходить у АБ-2, який постачається холодильними бочками для відведення надлишкового тепла. Розсіл насичується NH_3 і CO_2 з газу стадії дистиляції, що охолоджується в холодильнику газу дистиляції ХГДС (поз.35) до температури $58-60^\circ\text{C}$. Після охолодження розсолу в холодильнику амонізованого розсолу ХАР (поз.15) рідина з температурою $28-32^\circ\text{C}$ через збірник амонізованого розсолу ЗАР (поз.16) подається відцентровим насосом на карбонізаційні колони.

Амонізований розсіл із збірника амонізованого розсолу ЗАР (поз.16) надходить у колону попередньої карбонізації КЛПК (поз. 17), в яку подається газ вапняних печей. Проходячи через КЛПК, амонізований розсіл розчиняє бікарбонат натрію, що осів на внутрішніх поверхнях колони, і поглинає CO_2 із газу.

Розчин, що виходить із КЛПК, направляється в перший промивач газу колон ПГКЛ-1 (поз. 18), в нижню частину якого поступає газ з осаджувальної колони КЛ (поз. 19) і із КЛПК (поз. 17). В ПГКЛ-1 розчин додатково поглинає

						Арк
						31
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

CO₂. Рідина із ПГКЛ-1 надходить в КЛ. У нижню частину колони подається «міцний» газ, що містить 70-80%(об.) CO₂, який одержують змішуванням газів кальцинації з газом вапняних печей. У середню частину подається газ вапняних печей. Газ із КЛ направляється в ПГКЛ-1, а суспензія – на стадію фільтрації.

Суспензія із КЛ поступає в корито вакуум-фільтра (поз.44), де відбувається розділення суспензії. Осад надходить на скребковий конвеєр (поз.46), що направляє NaHCO₃ на стадію кальцинації. На промивання вакуум-фільтра надходить промивна вода із промивача газів кальцинації ПГПК (поз.41) через промивний бак (поз.45). Фільтрат із сепаратора поступає в збірник фільтрової рідини ЗФР (поз.23), звідки відцентровий насос відкачує його на регенерацію.

Відмитий на фільтрах вологий осад гідрокарбонату натрію надходить на скребковий конвеєр (поз. 46), що направляє його в паровий кальцинатор (поз. 47) для прожарювання, в який також поступає ретурна сода та сода, що відділяється від газів кальцинації в циклоні (поз. 48).

Підготовлена в змішувачі содогідрокарбонатна суміш (трона) направляється в міжтрубний простір парового кальцинатора (поз. 47). В результаті теплової обробки трони одержують кальциновану соду та газу кальцинації, що містять CO₂, H₂O і NH₃. Кальцинована сода виводиться з кальцинатора й за допомогою системи транспорту (поз. 54) подається в елеватор (поз. 55), звідки системою транспорту подається на склад. Частина соди повертається в паровий кальцинатор в якості ретура. Конденсат, що утворюється в результаті конденсації пари в трубках кальцинатора, виводиться в збірник конденсату і далі в розширники, де перетворюється в пару низького тиску.

Газу кальцинації видаляються з кальцинатора через змішувач, проходять сухе очищення в циклоні (поз. 48), а потім мокре в колекторі (поз. 49), що зрошується слабкою рідиною. Ця рідина контактуючи з газом,

						Арк
					ДП.02.01.ПЗ	32
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

поглинає частково аміак і содовий пил та стікає в циркуляційний резервуар (поз. 50), а газу направляються для охолодження в холодильник газу кальцинації ХГПК (поз. 40). Із ХГПК газ поступає для остаточного очищення в промивач газу кальцинації ПГПК (поз. 41) і сепаратор (поз. 43), потім надходить на компресію.

Вода із ХГСП надходить у мішалку (поз.52), куди також надходить NaHCO_3 . Потім суспензія відцентровим насосом подається в декарбонізатор ДКБ (поз.53), куди в нижню частину подається пара. Із ДКБ содовий розчин направляється в цех каустику.

Зі стадії фільтрації фільтрова рідина надходить у збірник фільтрової рідини ЗФР (поз.23), куди також надходить амонізована вода зі збірника ЗАВ (поз. 22). Рідина зі ЗФР відцентровим насосом через напірний бак (поз.24) подається в конденсатор дистиляції КДС (поз. 25) і рухається зверху вниз. Протитечією рухається гаряча парова суміш із теплообмінника дистиляції ТДС (поз.26). Фільтрова рідина нагрівається до 74-80°C, а газ охолоджується до 68-75°C. В конденсаторі відбувається розкладання двовуглекислого амонію з виділенням CO_2 . Газ після КДС через сепаратор (поз.34) подається на стадію абсорбції. Нагріта фільтрова рідина надходить у ТДС, в якому відбувається подальше її нагрівання і остаточне розкладання вуглеамонійних солей, а також повністю з неї відганяється діоксид вуглецю.

Із ТДС фільтрова рідина, звільнена від CO_2 , поступає у змішувач ЗМ (поз. 28), де вона змішується з вапняними молоком, утворюючи NH_4OH і CaCl_2 . Зі змішувача ЗМ рідина надходить у дистилер ДС (поз.29) і рухається зверху вниз поступово, втрачаючи NH_3 . Потім рідина надходить у перший випарник ВП-1 (поз.30), де з неї виділяється водяна пара. Пара направляється в змішувач ЗМ. Дистилерна рідина з випарника ВП-1 надходить в випарник ВП-2 (поз.31), звідки через репульпатор (поз.32) відцентровими насосами подається на «біле море». Частина розбавленої і охолодженої дистилерної рідини після репульпатора подається на стадію розслоочення. Газ

						Арк
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

пароструминним компресором (поз.33) подається в теплообмінник дистиляції ТДС (поз.26).

Крім регенерації аміаку з фільтрової рідини, на стадії регенерації здійснюється відгонка NH_3 і CO_2 із так званих слабких рідин, які утворюються в результаті конденсації водяної пари із парогазової суміші, утвореної при кальцинації бікарбонату натрію в содових печах, в конденсаторі дистиляції та в холодильнику газу дистиляції (стадія абсорбції). Слабка рідина зі збірника слабкої рідини ЗСР (поз.36) подається ДСР (поз. 38). В ДСР відбувається десорбція аміаку і діоксиду вуглецю парою, що рухається протитечією відносно рідини. Парогазова суміш, що пройшла ДСР, а потім холодильник газу дистиляції слабкої рідини ХГДСР (поз. 37), направляється на абсорбцію. Рідина після ДСР збирається в збірнику дегазованої рідини (поз.39), звідки насосом її направляють на вакуум-фільтри для промивання бікарбонату натрію [3].

2.3 Матеріальні розрахунки

2.3.1 Матеріальний баланс стадії очищення сирого розсолу

Склад сирого розсолу: NaCl – 321,6 г/л; CaCl_2 – 2,8 г/л; CaSO_4 – 1,8 г/л; MgSO_4 – 1,6 г/л [22].

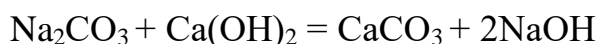
Густина сирого розсолу – 1244 кг/м³.

Матеріальний баланс складається на 1 м³ очищеного розсолу.

При густині сирого розсолу 1244 кг/м³ вміст води в ньому складає:

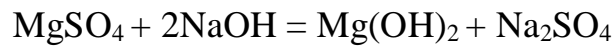
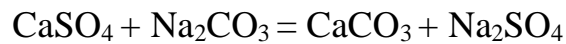
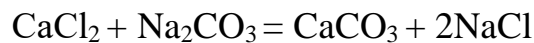
$$\text{H}_2\text{O} = 1244 - (321,6 + 2,8 + 1,8 + 1,6) = 916,2 \text{ кг/м}^3.$$

При очищенні розсолу способом з попередньою каустифікацією в каустифікаторі протікає реакція:



						Арк
						34
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

При взаємодії в реакторі каустифікованого вапняно-содового розчину з солями Ca^{2+} і Mg^{2+} , які містяться в сирому розсолі, протікають реакції:



Середня концентрація вапняного молока, що подається на стадію очистки сирого розсолу, прийнята $\text{CaO}_{\text{акт}} = 225$ н.д. Густина вапняного молока $\rho = 1242$ кг/м³. Вміст домішок – 0,06 кг/м³. При перерахуванні $\text{CaO}_{\text{акт}}$ на Ca(OH)_2 вміст останнього складає 416,00 кг/м³.

Вміст води складає:

$$1242 - (416 + 0,06) = 825,94 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата вапняного молока розраховується за вмістом в сирому розсолі іонів Mg^{2+} і регламентованим надмірним вмістом в очищеному розсолі NaOH (відповідно Ca(OH)_2). Цей надлишок прийнятий 0,033 н. д. Тоді на 1 м³ очищеного розсолу необхідно витратити

$$G_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,5 + 0,033 = 0,533 \text{ н.д.}$$

або

$$\frac{0,533 \cdot 37}{20} = 0,986 \approx 1 \text{ кг Ca(OH)}_2$$

З цієї кількості вапняного молока вводиться:

– води

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{825,94 \cdot 1}{416} = 2 \text{ кг};$$

– домішок

$$G_{\text{дом.}} = \frac{0,06 \cdot 1}{416} = 0,00014 \text{ кг.}$$

						Арк
						35
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

Утворюється $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – 0,5 н.д. або

$$\frac{0,5 \cdot 29}{20} = 0,7 \text{ кг.}$$

Залишається в очищеному розсолі $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – 0,007 н.д. або

$$\frac{0,007 \cdot 29}{20} = 0,01 \text{ кг.}$$

В тверду фазу переходить

$$0,7 - 0,01 = 0,69 \text{ кг } \text{Mg}(\text{OH})_2.$$

Середня концентрація вихідного содового розчину прийнята 108 н.д. при ступені декарбонізації розчину $\varphi = 85\%$. Густина концентрованого содового розчину $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$. За цих умов вміст соди в содовому розчині:

$$\frac{108 \cdot 53}{20} = 286 \text{ кг/м}^3,$$

вміст води

$$1200 - 286 = 914 \text{ кг/м}^3.$$

де 108 – загальна лужність содового розчину, н.д.;

20 – коефіцієнт переведення екв-л в н.д.

53 – еквівалент Na_2CO_3 , г-екв/л.

Содовий розчин витрачається на осадження іонів Ca^{2+} , які містяться в сирому розсолі, на осадження Ca^{2+} еквівалентного вмісту Mg^{2+} , на створення надлишку в очищеному розсолі NaOH – 0,033 н.д. і на створення в очищеному розсолі надлишку Na_2CO_3 – 0,23 н.д.

Сумарні витрати складуть:

$$1,5 + 0,033 + 0,23 + 0,5 = 2,26 \text{ н.д.};$$

$$G_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{2,26 \cdot 53}{20} = 5,99 \approx 6 \text{ кг.}$$

						Арк
						36
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

Вводиться води

$$G_{H_2O} = \frac{914,0 \cdot 2,26}{108} = 19,2 \text{ кг.}$$

Утворюється $CaCO_3$

$$2,26 - 0,23 = 2,03 \text{ н.д.} \quad \text{або} \quad \frac{2,03 \cdot 50}{20} = 5,08 \text{ кг.}$$

З цієї кількості залишається в очищеному розсолі $CaCO_3$ – 0,02 н.д.

Уходить в осад $CaCO_3$:

$$2,03 - 0,02 = 2,01 \text{ н.д.} \quad \text{або} \quad \frac{2,01 \cdot 50}{20} = 5,03 \text{ кг.}$$

При очищенні розсолу утворюються розчинні солі:

$$NaCl \quad 1 \text{ н.д.} \quad \text{або} \quad \frac{1 \cdot 58,5}{20} = 2,9 \text{ кг/м}^3;$$

$$Na_2SO_4 \quad 0,5 + 0,5 = 1 \text{ н.д.} \quad \text{або} \quad \frac{1 \cdot 71}{20} = 3,6 \text{ кг/м}^3.$$

$NaOH$ в надлишку в очищеному розсолі – 0,033 н.д. або

$$\frac{0,033 \cdot 40}{20} = 0,07 \text{ кг/м}^3.$$

Склад очищеного розсолу: $NaCl$ – 106 н.д.; Na_2SO_4 – 1 н.д.;
 $NaOH_{(надл.)}$ – 0,033 н.д.; $Na_2CO_{3(надл.)}$ – 0,23 н.д.; $Ca_{зал.}^{2+}$ – 0,23 н.д.; $Mg_{зал.}^{2+}$ –
0,007 н.д.

Сольовий склад очищеного сирого розсолу наступний:

$NaCl$	106 н.д.	або	310 кг/м ³	} Домішки – 4,3 кг/м ³
Na_2CO_3	0,23 н.д.	або	0,61 кг/м ³	
$CaCO_3$	0,02 н.д.	або	0,05 кг/м ³	
$Mg(OH)_2$	0,007 н.д.	або	0,01 кг/м ³	
Na_2SO_4	1,00 н.д.	або	3,6 кг/м ³	
$NaOH$	0,033 н.д.	або	0,07 кг/м ³	
Всього солей :			314,3 кг/м ³	

При густині очищеного розсолу 1200 кг/м^3 вміст води в очищеному розсолі складає:

$$\text{H}_2\text{O} = 1200 - 314,3 = 885,7 \text{ кг/м}^3.$$

Нормовані втрати очищеного розсолу зі шламом – 6 % від його загальної кількості, що складає:

$$\begin{array}{l} \text{NaCl} \quad \frac{310 \cdot 6}{100} = 18,6 \text{ кг} \\ \text{Домішки} \quad \frac{4,3 \cdot 6}{100} = 0,3 \text{ кг} \\ \text{H}_2\text{O} \quad \frac{891,7 \cdot 6}{100} = 53,1 \text{ ёã} \\ \hline \text{Всього:} \quad \quad \quad 72,0 \text{ кг} \end{array}$$

Матеріальний баланс стадії очищення сирого розсолу представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс стадії очищення розсолу на 1 м^3 очищеного розсолу

Компоненти	Прихід, кг/м^3				Витрата, кг/м^3				
	з сирим розсоллом	з реагентами	утворилось за реакцією	всього	витрачено на реакцію	Зі шламом		очищеним розсоллом	всього
						рідка фаза	тверда фаза		
NaCl	321,6	–	2,9	324,5	–	18,6	–	310	328,6
CaCl ₂	2,8	–	–	2,8	–	–	–	–	–
CaSO ₄	1,8	–	–	1,8	–	–	–	–	–
MgSO ₄	1,6	–	–	1,6	–	–	–	–	–
Na ₂ CO ₃	–	6	–	6	5,39	–	–	0,61	6,0
CaCO ₃	–	–	5,08	5,08	–	–	5,03	0,05	5,08
Mg(OH) ₂	–	–	0,7	0,7	–	–	0,69	0,01	0,7
Na ₂ SO ₄	–	–	3,6	3,6	–	–	–	3,6	3,6
NaOH	–	–	0,07	0,07	–	–	–	0,07	0,07
Ca(OH) ₂	–	1	–	1	1	–	–	–	1
H ₂ O	916,2	21,2	–	937,4	–	53,1	–	885,7	938,8
домішки	–	–	–	–	–	0,3	–	–	0,3
Всього:	1244,0	28,2	12,35	1284,55	6,39	72,0	5,72	1200,04	1284,15

Годинна потужність виробництва складає

$$\frac{620000}{358 \cdot 24} = 72,2 \text{ т/год} ,$$

де 620000 – задана потужність виробництва, т/рік;

358 – ефективний фонд роботи виробництва, доба.

Кількісні величини матеріального балансу стадії очищення сирого розсолу на годинну потужність представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс стадії очищення сирого розсолу на годинну потужність виробництва

Прихід	кг/ т соди	кг/годину	%мас.	Витрата	кг/т соди	кг/годину	%мас.
1. З розсоллом:				1. З очищеним розсоллом:			
NaCl	321,6	23206,7	25,9	NaCl	310	22369,6	25,8
CaCl ₂	2,8	202,0	0,3	Na ₂ CO ₃	0,61	44,0	0,1
CaSO ₄	1,8	129,9	0,1	CaCO ₃	0,05	3,6	0,004
MgSO ₄	1,6	115,5	0,1	Mg(OH) ₂	0,01	0,7	0,001
H ₂ O	916,2	66113,1	73,6	Na ₂ SO ₄	3,6	259,8	0,3
				NaOH	0,07	5,1	0,01
				H ₂ O	885,7	63912,3	73,8
Разом:	1244	89767,2	100,0	Разом:	1200,0	86595,1	100,0
2. З реагентами:				2. Зі шламом			
Na ₂ CO ₃	6	433,0	21,3	рідка фаза	72,1	5202,7	92,3
Ca(OH) ₂	1	72,1	3,5	тверда фаза	5,7	412,8	7,3
H ₂ O	21,2	1529,8	75,2	домішки	0,3	21,7	0,4
Разом:	28,2	2034,9	100,0	Разом:	78,1	5637,2	100,0
3. Утворилося за реакціями				3. Витрачено на реакцію:			
NaCl	2,9	209,3	23,5	Na ₂ CO ₃	5,39	388,8	84,4
CaCO ₃	5,08	366,6	41,1	Ca(OH) ₂	1	72,2	15,6
Mg(OH) ₂	0,7	50,5	5,7				
Na ₂ SO ₄	3,6	259,8	29,1				
NaOH	0,07	5,0	0,6				
Разом:	12,4	891,2	100,0	Разом:	6,39	461,0	100,0
ВСЬОГО	1284,6	92693,3		ВСЬОГО	1284,6	92693,3	

2.3.2 Матеріальний баланс відстійника Дорра

Годинна витрата очищеного розсолу при його витраті 5,1 м³ на 1 т кальцинованої соди:

$$G_{\text{оч.р}} = 72,2 \cdot 5,1 = 368 \text{ м}^3/\text{годину}$$

або

$$368 \cdot 1200 = 441864 \text{ кг/годину.}$$

Визначимо початкову та кінцеву концентрації суспензії. Концентрація твердої фази в початковій суспензії $V_{\text{поч}}$ (%) може бути розрахована за даними матеріального балансу, згідно з яким в твердій фазі міститься 5,72 кг CaCO₃ і Mg(OH)₂ на 1 м³ очищеного розсолу. Тоді:

$$V_{\text{поч.}} = \frac{5,72 \cdot 100}{(1200 + 5,72)} = 0,47\% ,$$

де 1200 – вага 1 м³ розсолу, кг.

Концентрація твердої фази в згущеній частині суспензії $V_{\text{кін.}}$ визначається, виходячи з того, що вся тверда фаза переходить в згущену частину суспензії.

Зі шламом уходить 6% розсолу. Тоді з 1 м³ розсолу уходить в шлам:

$$1,06 \cdot 1200 \cdot 0,06 = 76,3 \text{ кг,}$$

В цій кількості розсолу міститься 5,72 кг твердої фази. Сумарна вага розсолу і шламу складає

$$76,3 + 5,72 = 82,02 \text{ кг.}$$

Вміст твердої фази в складі:

$$\hat{A}_e = \frac{5,72 \cdot 100}{82,02} = 7\% .$$

						Арк
						40
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

Матеріальний баланс відстійника «Дорра» [22]:

$$G_{\text{сусп}} = G_{\text{осв.рід.}} + G_{\text{згущ. сусп}} \quad (14)$$

$$G_{\text{згущ. сусп}} = \frac{G_{\text{тв.ф.}}}{\frac{B_{\text{кін.}}}{100}} \quad (15)$$

$$G_{\text{тв.ф.}} = G_{\text{сусп}} \cdot \frac{B_{\text{поч.}}}{100} \quad (16)$$

$$G_{\text{тв.ф.}} = G_{\text{сусп}} \cdot 0,0047 \quad (17)$$

$$G_{\text{згущ. сусп}} = 0,0047 \cdot \frac{G_{\text{пощ.}}}{0,07} = 0,067 \cdot G_{\text{сусп}} \quad (18)$$

$$G_{\text{сусп}} = 441864 + 0,067 \cdot G_{\text{сусп}}; \quad \text{звідки} \quad G_{\text{пощ.}} = \frac{441864}{1 - 0,067} = 473595 \text{ кг/годину.}$$

$$G_{\text{тв.ф.}} = 0,0047 \cdot 473595 = 2256 \text{ кг/годину.}$$

$$G_{\text{згущ. сусп}} = 0,067 \cdot 473595 = 31731 \text{ кг/годину.}$$

$$G_{\text{осв.рід.}} = 473595 - 31731 = 441864 \text{ кг/годину.}$$

Витратні коефіцієнти на сировину, паливо, енергоресурси та допоміжні матеріали на 1 т кальцинованої соди представлені в табл. 2.3 [3].

Таблиця 2.3 – Витратні коефіцієнти на сировину, паливо, енергоресурси та допоміжні матеріали на 1 т кальцинованої соди

Назва сировини, матеріалів і енергоресурсів	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю товарного продукту
Крейда	кг	1285
Сирий розсіл	м ³	5,13
Кокс	кг	94
Дистилерна рідина	кг	0,03
Аміачна вода	кг	10
Вода	м ³	150
Електроенергія	кВт · година	61
Пара	Гкал	1,2-1,4

2.4 Розрахунки основного апарату

2.4.1 Конструктивний розрахунок відстійника Дорра

Визначаємо середню швидкість осадження. Щільність твердої фази в перерахунку на CaCO_3 – $\rho = 2800 \text{ кг/м}^3$. Середній розмір частинок з урахуванням явища консолідованого відстоювання та наявності фільтруючого шару шламу становить 25 мкм або $d = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$. Середня температура розсолу $t = 15^\circ\text{C}$. В'язкість при $t = 15^\circ\text{C}$ $\mu = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{с/м}^2$. 42

Критерій Архімеда дорівнює [23]:

$$A_r = \frac{d^3(\gamma_2 - \gamma_1)\gamma_1}{\mu^2 \cdot g}, \quad (19)$$

$$A_r = \frac{(2,5 \cdot 10^{-5})^3 \cdot (2800 - 1200) \cdot 1200}{(2,22 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,81} = 6,2 \cdot 10^{-2}.$$

$$A_r < 36, \quad R_e = \frac{A_r}{18} \quad (20)$$

$$R_e = \frac{62 \cdot 10^{-3}}{18} = 3,44 \cdot 10^{-3}$$

Отже, швидкість осадження розраховується за формулою [23]:

$$W_o = \frac{R_e \cdot \mu \cdot g}{d \cdot \gamma_1}, \quad (21)$$

$$W_o = \frac{3,44 \cdot 10^{-3} \cdot 2,22 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81}{2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с} = 0,9 \text{ м/годину}.$$

Визначаємо поверхню відстоювання [23]:

$$F_o = 1,33 \cdot \frac{V_{\text{рід.}}}{W_o}, \quad (22)$$

						Арк
						42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

де 1,33 – коефіцієнт нерівномірності осадження;

$V_{\text{рід.}}$ – об'ємна витрата рідини, яка проходить через відстійник, м³/годину.

$$V_{\text{рід.}} = \frac{G_{\text{сусп}} \left(1 - \frac{B_{\text{поч.}}}{B_{\text{кін.}}} \right)}{\gamma_1}, \quad (23)$$

$$V_{\text{рід.}} = \frac{473595 \cdot \left(1 - \frac{0,47}{7} \right)}{1200} = 130 \text{ м}^3/\text{годину.}$$

$$F_o = 1,33 \cdot \frac{130}{0,9} = 188 \text{ м}^2.$$

Необхідний діаметр відстійника буде дорівнювати [23]:

$$D = \sqrt{\frac{4F_o}{\pi}}, \quad (24)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 188}{3,14}} \approx 15,5 \text{ м.}$$

Приймаємо типовий одноярусний відстійник з центральним приводом з наступними характеристиками: діаметр – 18 м, висота циліндричної частини – 6,7 м, загальна висота – 7,9 м, поверхня осадження – 250 м², потужність двигуна – 4,0 кВт.

2.4.2 Опис конструкції та принцип дії відстійника Дорра

Відстійник представляє собою циліндричний резервуар (поз. 1) діаметром 18 м з конічним днищем, висота циліндричної частини апарату складає 6,7 м. Резервуар відстійника розташований радіально на двотаврових балках (поз. 9), що лежать на кільцевому бетонному фундаменті (поз. 7). Уздовж осі відстійника до верху проходить залізобетонний стовбур (поз. 2),

									Арк
									43
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

укладений в сталевий кожух. Цей стовбур є продовженням центральної опори відстійника.

На центральний стовбур опирається центральна ферма (поз. 6), яка в нижній частині у днища відстійника має дві ферми (поз. 3) скребкової шламової мішалки. Кожна з ферм мішалки має 10 скребоків, що підгрибають згущений шлам до стяжних труб (поз. 10). Стяжні труби (4 шт.) розташовані в найбільш низькій частині днища відстійника; через них шлам відводиться з відстійника.

В верхній частині центрального стовбура встановлений електромотор з редуктором (поз. 4), який через зубчастий привід обертає зі швидкістю 5 об./годину центральну ферму з мішалкою. Центральна ферма (поз. 6) до глибини 4 м обшита сталевими листами, утворюючи відкритий зверху і знизу короб квадратного перетину. В верхній частині короб має сталеву чашу (поз. 8), в яку поступає суспензія із реактора. З приймальної чаші (поз. 8) суспензія крізь сітку з отворами ($d = 20$ мм) попадає в середину центральної ферми і опускається вниз до рівня шламу.

В верхній частині відстійника по периферії розташований кільцевий жолоб (поз. 5). Освітлений розсіл переливається в кільцевий жолоб через горизонтальний зливний поріг. Днище кільцевого жолоба виконано з ухилом в бік штуцера, через який освітлений розсіл виводиться з жолобу [6].

2.4.3 Механічний розрахунок відстійника Дорра

Виконаємо розрахунок товщини обичайки відстійника.

До установки прийнятий одноярусний відстійник Дорра: діаметр – 18 м і глибина – 7,9 м.

Матеріал обичайки – Ст. 3 ($\sigma_B = 380$ МПа, $\sigma_T = 240$ МПа).

Середовище – корозійно-активна рідина ($\rho = 1200$ кг/м³).

Температура середовища $t_c = 12$ °С.

						ДП.02.01.ПЗ	Арк
							44
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Гідростатичний тиск стовпа рідини розраховується за формулою [24]:

$$P = g \cdot \rho \cdot H, \quad (25)$$

$$P_{\text{рід.}} = 9,8 \cdot 1200 \cdot 7,9 = 0,093 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження за межею міцності для Ст. 3 визначається за формулою [24]:

$$[\sigma_{\text{д}}] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{n_{\text{в}}} \cdot \eta_{\text{в}}, \quad (26)$$

де $\sigma_{\text{в}} = 380$ – межа міцності для Ст. 3, МПа;

$n_{\text{в}} = 2,6$ – коефіцієнт запасу міцності за межею міцності;

$\eta_{\text{в}} = 1$ – коефіцієнт, враховуючий умови експлуатації.

$$[\sigma_{\text{д}}] = \frac{380}{2,6} \cdot 1 = 146 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження за межею текучості визначається за формулою [24]:

$$\sigma_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{n_{\text{т}}} \cdot \eta_{\text{т}}, \quad (27)$$

де $\sigma_{\text{т}} = 240$ – межа текучості для сталі Ст.3, МПа ;

$n_{\text{т}} = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності за межею текучості;

$\eta_{\text{т}} = 1$ – поправочний коефіцієнт.

$$\sigma_{\text{д}} = \frac{240}{1,5} \cdot 1 = 160 \text{ МПа.}$$

Далі розрахунок виконуємо за допустимим напруженням за межею міцності, що має менше значення.

Виконавча товщина стінки обичайки визначається за формулою [24]:

						Арк
						45
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

$$s = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} + \tilde{N}, \quad (28)$$

де $p = 0,6$ – тиск в корпусі апарату, МПа;

$D = 18000$ – діаметр апарату, мм;

$[\sigma] = 146$ – допустиме напруження для сталі Ст. 3, МПа;

$\varphi = 0,9$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

C – прибавка до розрахункової товщини, мм.

Прибавка до розрахункової товщини розраховується за виразом [24]:

$$C = c_1 + c_2 + c_3, \quad (29)$$

де c_1 – прибавка для компенсації корозії і ерозії, мм;

$c_2 = 0,5$ – прибавка для компенсації мінусового допуску, мм;

$c_3 = 0$ – прибавка технологічна, мм.

Прибавка для компенсації корозії і ерозії визначається за формулою [24]:

$$\tilde{n}_1 = \dot{I} \cdot \tau + \tilde{n}_a, \quad (30)$$

де $\dot{I} = 0,06$ – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

$\tau = 20$ – строк служби апарату, рік;

$c_e = 0$ – Прибавка для компенсації ерозії, мм.

$$c_1 = 0,06 \cdot 20 + 0 = 1,2 \text{ мм.}$$

$$C = 1,2 + 0,5 + 0 = 1,7 \text{ мм.}$$

$$s = \frac{0,093 \cdot 18000}{2 \cdot 146 \cdot 0,9 - 0,093} + 1,7 = 8,1 \text{ мм.}$$

Розраховане значення товщини стінки обичайки округляємо до найближчого більшого значення стандартної товщини листа листового прокату, а саме $s = 10$ мм.

Допустимий тиск в обичайці апарату визначаємо за формулою [24]:

$$[\delta] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_{\delta} \cdot (s - \tilde{N})}{D + (s - \tilde{N})}, \quad (31)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 146 \cdot 0,9 \cdot (10 - 1,7)}{18000 + (10 - 1,7)} = 0,12 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

$$P = 0,093 \text{ МПа} < [P] = 0,12 \text{ МПа}$$

виконується.

Перевіряємо умову застосування розрахункових формул [24]:

$$\frac{S - C}{D} < 0,1 \quad (32)$$

$$\frac{S - C}{D} = \frac{10 - 1,7}{1000} = 0,0083 < 0,1.$$

Умова виконується.

2.5 Розрахунок та вибір технологічного обладнання

В табл. 2.4 наведена стисла характеристика технологічного обладнання стадії очищення сирого розсолу [3-6].

Таблиця 2.4 – Перелік основного та допоміжного обладнання стадії очищення сирого розсолу

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Матеріал	Кількість
1	2	3	4	5
поз.1	Збірник сирого розсолу	Призначений для зберігання запасу сирого розсолу. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 3,0 м, висота – 7,67 м. Робоча ємкість 50 м ³ . n = 20 об/хв., N = 22 кВт	Сталь Ст3	2

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
поз. 2	Змішувач вапняного молока	Призначений для тимчасового зберігання вапняного молока. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 2,2 м, висота – 2,98м. Робоча ємкість 16 м ³ . n =32 об/хв., N = 15 кВт	Сталь Ст3	1
поз.3	Змішувач содового розчину	Призначений для тимчасового зберігання содового розчину. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 2,8 м, висота – 4,57 м. Робоча ємкість 25 м ³ . n =20 об/хв., N = 22 кВт	Сталь Ст3	1
поз.4	Змішувач	Призначений для змішування содового розчину та вапняного молока. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 3,0 м, висота – 7,67 м. Робоча ємкість 50 м ³ . n =20 об/хв., N = 22 кВт	Сталь Ст3	2
поз. 5	Реактор	Призначений для здійснення основних процесів розсолочення. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 3,0 м, висота – 7,67 м. Робоча ємкість 50 м ³ . n =20 об/хв., N = 22 кВт	Сталь Ст3	1
поз. 7	Збірник очищеного розсолу	Призначений для зберігання очищеного розсолу. Представляє собою закритий циліндричний резервуар з рамною мішалкою. Діаметр – 3,0 м, висота – 5,07 м. Робоча ємкість 32 м ³ . n =32 об/хв., N = 20 кВт	Сталь Ст3	1

3 КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

3.1 Обґрунтування вибору і опис точок контролю та автоматичного регулювання

Основною задачею стадії очищення сирого розсолу є виділення з розсолу домішок кальцію та магнію. Для досягнення необхідної повноти очищення сирого розсолу від іонів кальцію та магнію, а також для консолідованого відстоювання шламу необхідне строге дозування осаджувальних реактивів. Порушення дозування осаджувальних реактивів різко погіршує здатність суспензії відстоюватися.

Для вирішення цієї задачі проектом передбачаються контроль і регулювання витрат: вапняного молока в змішувач, содового розчину в змішувач, каустифікованого розчину в реактор, сирого розсолу та дистилерної рідини в реактор.

Первинні перетворювачі витрат необхідно встановити на трубопроводах подачі розчинів в технологічні апарати з урахуванням дотримання прямих ділянок трубопроводів відповідно до «Правил РД-50-213-80». Регулюючі органи регуляторів витрат встановлюються на цих же трубопроводах поблизу технологічних апаратів. Якість регулювання співвідношення витрати розсолу, каустифікованого розчину та дистилерної рідини в реактор, значно підвищується за рахунок застосування системи автоматичного контролю величини рН суспензії на виході з реактора. Датчик автоматичного рН-метра необхідно встановити безпосередньо на трубопровід виводу суспензії з реактора.

Для зменшення втрат очищеного розсолу з виведеним із відстійника Дорра шламом необхідно підтримувати щільність шламу, виведеного з

					<i>ДП.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Контроль та автоматизація виробництва	<i>Літ.</i>	<i>Арку</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Волков С.В.</i>					49	105
<i>Керівник</i>		<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Сверіін О.В.</i>				<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		

відстійника, в заданих межах. Цю задачу можливо вирішити за допомогою системи автоматичного контролю та регулювання щільності шламу в відстійнику Дорра. Первинний перетворювач щільноміра та регулюючий орган системи автоматичного регулювання щільності шламу встановлюється на лінії виводу шламу з відстійника Дорра в місці, зручному для обслуговування та ремонту.

На стадії очищення сирого розсолу особлива увага приділяється стабільності потоків реагентів – різкі зміни в навантаженні стадії не допускаються. Вирішення цієї задачі неможливе без створення певних запасів розчинів у технологічних ємностях. Проектом передбачається автоматичний контроль рівня в: мішалці вапняного молока, мішалці содового розчину, змішувачі, реакторі, мішалці шламу.

Також передбачається сигналізація граничних рівнів в мішалках вапняного молока, содового розчину, шламу.

Добірні пристрої для вимірювання рівня і датчики сигналізаторів рівня встановлюються безпосередньо в корпус технологічного резервуара [26].

3.2 Вибір і опис технологічних засобів автоматизації

Система автоматизації стадії очищення сирого розсолу виконана на засобах контролю та автоматизації електричної гілки Державної Системи Приладів (ДСП), оскільки прилади електричної гілки ДСП дозволяють здійснювати контроль технологічних параметрів з більш високою точністю, чим прилади пневматичної гілки ДСП, які мають більш ємні канали передачі інформації, менш вимогливі до систем живлення. Вимірювальні перетворювачі електричної гілки ДСП мають уніфікований вихідний сигнал, що дозволяє застосовувати для реєстрації різних параметрів вторинні прилади одного типу, а також багатоканальні прилади. Наявність уніфікованого

						Арк
						50
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

вихідного сигналу забезпечує узгодження систем контролю з ЕОМ, які застосовуються для контролю, управління і рішення економічних задач.

З метою зменшення кількості типів приладів, які застосовуються для автоматизації стадії, застосовані вимірювальні перетворювачі типу «Сапфир-22» різних модифікацій – для вимірювання рівня в резервуарах (мішалка вапняного молока, содового розчину, змішувач, реактор) п'єзометричним способом. В якості первинних перетворювачів застосовані вимірювальні перетворювачі «Сапфир - 22 ДД».

Вимірювання витрат вапняного молока, содового розчину, каустифікованого розчину, дистилерної рідини, сирого розсолу здійснюється методом змінного перепаду тиску. В якості первинного перетворювача витрат застосовуються стандартні пристрої – камерні діафрагми і вимірювальні перетворювачі «Сапфир - 22 ДД».

Вимірювання витрати шламу здійснюється індукційним витратоміром ИР-61.

Для контролю рН каустифікованого розсолу в реакторі застосовується система вимірювання рН, до складу якої входять чутливий елемент ДМ-5М, перетворювач вимірювальний П-205 і електронний реєструючий прилад РП-160-08.

Для сигналізації рівня застосовується електронний сигналізатор РОС-301. Довжина кондуктометричних зондів визначається, виходячи з конструктивних розмірів технологічних резервуарів і відповідно до вимог технології.

Контроль і реєстрація технологічних параметрів стадії розсолочищення здійснюється електронними реєструючими приладами РП-160-08. Межі вимірювання перетворювачів рівня, витрати розчинів вибираємо з урахуванням номінального значення технологічних параметрів.

З огляду на особливості вимірюваного середовища (висока щільність, в'язкість, наявність абразивних компонентів і т.д.) для вимірювання щільності

									Арк
									51
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

шламу в відстійнику застосовується радіоізотопний щільномір ПР-1025м, який дозволяє здійснювати вимірювання без контакту з вимірюваним середовищем. Регулювання технологічних параметрів здійснюється електронними регулюючими приладами Р.25.1.2, які забезпечують управління виконавчими механізмами МЕОК відповідно до необхідного закону регулювання [26].

3.3 Опис функціональної схеми автоматизації

Проектом автоматизації стадії очищення розсолу передбачається контроль рівня розчинів в: мішалці вапняного молока (поз.1), мішалці содового розчину (поз. 2), змішувачі (поз. 3), реакторі (поз. 4).

Вимірювання рівня здійснюється п'єзометричним способом, який заснований на вимірюванні тиску повітря, що барботує через шар вимірюваної рідини. Утворений тиск, який залежить від висоти стовпа рідини, перетворюється датчиком «Сапфир-22 ДИ» (поз. 1-1; 2-1; 3-1; 4-1) в уніфікований вихідний сигнал, вимірюваний вторинним електронним реєстратором РП-160-08 (поз. 1-2; 2-2; 3-2; 4-2).

Зміна витрати вапняного молока в змішувачі (поз. 6), содового розчину в змішувачі (поз. 7), каустифікованого розчину в реактор (поз. 8), сирого розсолу в реактор (поз. 9), очищеного розсолу з реактора (поз. 10), дистилерної рідини в реактор (поз.14-1) здійснюється методом змінного перепаду тиску. Сутність методу – при звуженні потоку середня швидкість потоку в цьому місці збільшується, а статичний тиск зменшується. Виникаючий в результаті цього в звуженні перепад тиску залежить від швидкості і щільності вимірюваної речовини, а отже перепад тиску є мірою витрати протікаючої речовини. Отриманий на звужуючому пристрої перепад тиску вимірюється вимірювальним перетворювачем «Сапфир-22 ДД» (поз. 6-2; 7-2; 8-2; 9-2; 10-2, 14-2) і вторинним приладом РП-160-08 (поз. 6-3; 7-3; 8-3; 9-3; 10-3,14-3).

									Арк
									52
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

Вимірювальний перетворювач серії «Сапфир-22», який застосовується в системах вимірювання рівня і витрати розчинів забезпечує безперервне перетворення вимірюваного технологічного параметра в уніфікований сигнал 0-5 мА. Вимірюваний технологічний параметр в вигляді тиску подається в камеру вимірювального блоку. Перетворювач «Сапфир-22» перетворює його лінійно в деформацію чутливого елемента і зміну електричного опору тензорезисторного перетворювача. Електронний пристрій перетворює зміну опору тензорезисторів і уніфікований вихідний сигнал, вимірюваний електронним реєстратором РП-160-08, шкала якого відградує в одиницях вимірювання технологічного параметра. Принцип дії реєстратора РП-160-08 заснований на методі безперервної компенсації вимірюваної величини в слідкуючій системі приладу. Врівноважування схеми відбувається автоматично за допомогою підсилювача і реверсивного двигуна, пов'язаного з движком реохорда вимірювальної схеми.

Принцип дії індукційного витратоміра ИР-61, який застосовується для вимірювання витрати шламу (поз. 11), заснований на законі електромагнітної індукції, відповідно до якого наведена в провіднику електрорушійна сила, що пропорційна швидкості його руху в магнітному полі. Роль рухомого провідника грає електропровідна рідина (шлам), яка протікає через первинний перетворювач ПРИМ - 100 (поз. 11-1). Вимірюючи за допомогою вимірювального пристрою ИУ-61 (поз. 11-2) електрорушійну силу, наведену в електропровідній рідині, яка при своєму русі перетинає магнітне поле первинного перетворювача, можна визначити швидкість протікаючої речовини, а разом з тим і об'ємну витрату.

Для виключення переливів з мішалки шламу передбачається сигналізація і позиційне регулювання рівня шламу в мішалці за допомогою електронного сигналізатора рівня РОС-301 (поз. 5), принцип дії якого заснований на зміні опору між кондуктометричними зондами (поз. 5-1; 5-2) і

						Арк
					ДП.02.01.ПЗ	53
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

стілкою ємності при їх контакті з поверхнею електропровідного середовища, в результаті чого відбувається спрацьовування електронного блоку РОС-301 (поз. 5-3).

Регулювання рівня в мішалці шламу здійснюється в результаті впливу позиційного регулятора РОС-301 (поз. 5-3) на виконавчий механізм МЕОК 63/100 (поз. 5-5) і пов'язаний з ним регулюючий орган при досягненні рівня в мішалці шламу граничних значень (min або max). При цьому змінюється кількість шламу, що подається насосом на відмивання і фільтрацію.

Вимірювання рН розчину в реакторі (поз. 12) здійснюється за допомогою електродної системи датчика ДМ-5М (поз. 12-1). При зануренні електродної системи в контрольований розчин в електродній системі утворюється електрорушійна сила, яка залежить від величини рН розчину. Електрорушійна сила електродної системи чутливого елемента перетворюється в вимірювальному перетворювачі П-205 (поз. 12-2) в аналоговий струмовий сигнал, пропорційний рН розчину, який вимірюється електронним реєстратором РП-160-08 (поз. 12-3) зі шкалою 7-12 рН.

Дія радіоактивного щільноміра ПР-1025М (поз. 13), який застосовується в системі контролю і регулювання щільності шламу в відстійнику, заснована на явищі поглинання прямого пучка γ -випромінювання при проходженні його через шар рідини. γ -промені від радіоактивного джерела (цезій-137) проходять через контрольоване середовище і сприймаються приймачем – сцинтиляційним лічильником. Одночасно з цим від другого джерела (контрольного) γ -промені попадають на лічильник, минаючи контрольоване середовище. Посилені сигнали лічильників рівняються між собою і за їх різницею визначається ступінь поглинання γ -променів і відповідно щільність контрольованого середовища. До складу радіоактивного щільноміра ПР-1025М входить приймач (поз. 13-1), електронний блок (поз. 13-2),

						ДП.02.01.ПЗ	Арк
							54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

електронний самописний блок КСМ-3-1201 (13-3). Регулювання щільності шламу в відстійнику здійснюється шляхом зміни величини відстійника шламу, який відбирається з конуса за допомогою регулюючого органа, встановленого на трубопроводі подачі шламу з відстійника в мішалку шламу.

Регулювання витрати вапняного молока в змішувач (поз. 6), содового розчину в змішувач (поз. 7), каустифікованого розчину в реактор (поз. 8), сирого розсолу в реактор (поз. 9), очищеного розсолу з реактора (поз. 10), дистилерною рідини в реактор (поз. 14) здійснюється шляхом зміни пропускного перетину трубопроводу за допомогою регулюючого органа – дросельної засувки.

Особливістю регулювання витрат каустифікованого розчину, дистилерної рідини та сирого розсолу в реактор є те, що подача каустифікованого розчину здійснюється залежно від величини навантаження по сирому розсолу і величини рН розчину на виході з реактора. Забезпечення дозування осаджувальних реактивів з необхідною точністю забезпечується регуляторами співвідношення витрат вапняного молока і содового розчину, розчину з реактора та шламу з відстійника. При зміні навантаження процесу очищення розсолу по содовому розчину регулятор витрати содового розчину (поз. 7-4) встановлює нову витрату содового розчину в каустифікатор шляхом зміни положення регулюючого органа (7-6) на трубопроводі подачі содового розчину.

При цьому регулятор співвідношення «содовий розчин – вапняне молоко» (поз. 6-4) автоматично змінює положення регулюючого органа (поз. 6-6) на лінії подачі вапняного молока в каустифікатор, тим самим зберігаючи задане співвідношення осаджувальних реагентів. Аналогічно функціонує система регулювання співвідношення витрат розчину з реактора і шламу у відстійник Дорра (поз. 10, поз. 11).

Перелік приладів і елементів автоматики наведений у табл. 3.1.

									Арк
									55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.02.01.ПЗ

Таблиця 3.1 – Замовлена специфікація приладів і засобів автоматизації

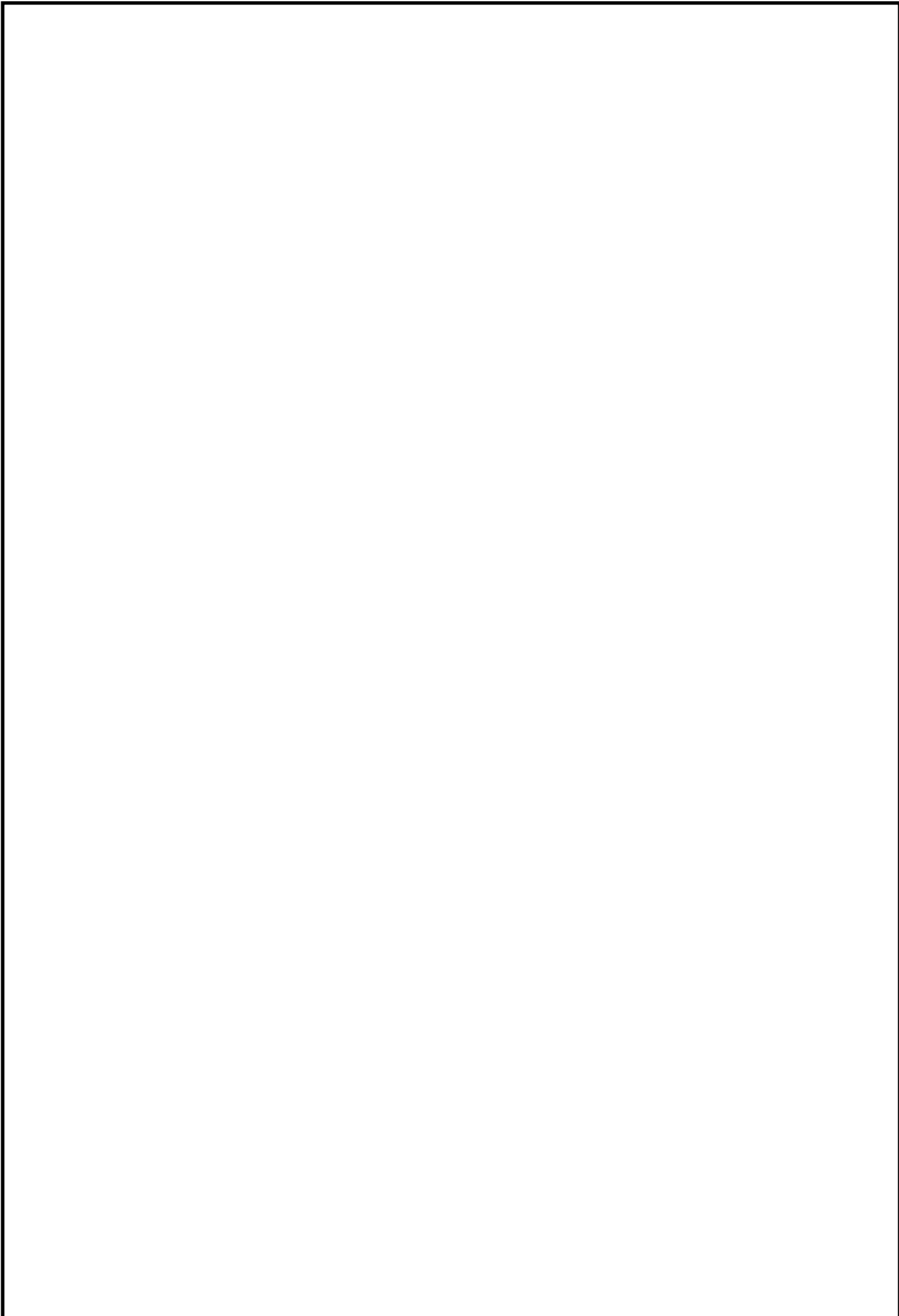
№ позиції	Найменування параметра	Граничне значення параметра	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип, модель		
1	2	3	4	5	6		
1-1	Рівень в мішалці вапняного молока	$4,5 \pm 0,1$ м	по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 63$ кПа	Сапфир-22 ДИ		
1-2		0-6,3 м	на ґрунті	Прилад реєструючий електронний шкала 0-6,3 м. Кл. точн. 0,5	РП-160-08		
2-1	Рівень в мішалці содового розчину	$4,5 \pm 0,1$ м	по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 63$ кПа	Сапфир-22 ДИ		
2-2		0-6,3 м	на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-6,3 м. Кл. точн. 0,5	РП-160-08		
3-1	Рівень в змішувачі	$4,0 \pm 0,1$ м	по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 100$ кПа	Сапфир-22 ДИ		
3-2		0-6,3 м	на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-6,3 м. Кл. точн. 0,5	РП-160-08		
4-1	Рівень в реакторі	$4,0 \pm 0,1$ м	по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 100$ кПа	Сапфир-22 ДИ		
4-2		0-6,3 м	на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-6,3 м. Кл. точн. 0,5	РП-160-08		
5	Рівень в мішалці шлему	min-0,5 м max- 3,5 м	резервуар	Сигналізатор рівня електронний в комплекті: кондуктометричний зонд, блок релейний електронний	РОС-304		
5-1			резервуар				
5-2			на ґрунті				
5-3			на ґрунті			магнітний контактор електричний реверсний	ПМЕ 083
5-4			на ґрунті			механізм виконавчий електричний	МЕОК 63/100
5-5			по місцю				
6-1	Витрата вапняного молока	4-8 м ³ /годину	трубо-провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100		

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
6-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 25$ кПа	Сапфир-22 ДД
6-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-12,5 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
7-1	Витрата содового розчину	15-25 м ³ /годину	трубо-провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100
7-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 25$ кПа	Сапфир-22 ДД
7-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-32 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
8-1	Витрата каустифікованого розчину в реактор	20-30 м ³ /годину	трубо-провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100
8-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 25$ кПа	Сапфир-22 ДД
8-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-40 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
9-1	Витрата сирого розсолу в реактор	250-350 м ³ /годину	трубо-провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100
9-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 63$ кПа	Сапфир-22 ДД
9-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-400 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
10-1	Витрата розчину з реактора	150-200 м ³ /годину	трубо-провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100
10-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний $\Delta p = 40$ кПа	Сапфир-22 ДД
10-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-200 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
11-1	Витрата шламу	15-20 м ³ /годину	трубо-провід	Індукційний витратомір в комплекті: перетворювач витрати	ІР-61 ПРИМ-100

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
11-2			на ґрунті	вимірювальний блок	ВП
11-3	на ґрунті	0,25 м ³ /годину	на ґрунті	прилад реєструючий електронний шкала 0-25 м ³ /годину; Кл. точн. 0,5	РП-160-08
12-1	рН каустифікова- ного розсолу в реакторі	7-12	трубо- провід	Датчик рН-метра	ДМ-5М
12-2			на ґрунті	Перетворювач вимірювальний	П-205
12-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 7-12 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
13-1 13-2 13-3	Щільність шламу в відстійнику	1,2-1,4	по місцю	Радіоізотопний щільномір в комплекті: приймач, електронний блок, електронний самописний блок	ПР-1025М
14-1	Витрата дистилюваної рідини в реактор	19-26 м ³ /годину	трубо- провід	Діафрагма камерна нормальна	ДКС-6-100
14-2			по місцю	Перетворювач вимірювальний Δр = 63 кПа	Сапфир-22ДД
14-3			на ґрунті	Прилад реєструючий електронний. Шкала 0-400 м ³ /годину. Кл. точн. 0,5	РП-160-08
6-4 7-4 8-4 9-4 10-4 11-4 13-4 14-4	Регулювання		на ґрунті	Електронний регулюючий прилад	Р. 25.1. 2
6-5 7-5 8-5 9-5 10-5 11-5 13-5 14-5 6-6 7-6 8-6 9-6	Регулювання		на ґрунті	Контактор електромагнітний реверсивний	ПМЕ-083
10-6 11-6 13-6	Регулювання		по місцю	Електричний виконавчий механізм	МЕОК 63/100



					ДП.02.01.ПЗ	Арк
						59
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та одержано в проектуваному виробництві

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в проектуваному виробництві кальцинованої соди представлені в табл. 4.1, 4.3 [26].

В табл. 4.2 наведені характеристики пожеженебезпечності використовуваних та одержуваних речовин [27].

Таблиця 4.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7
Натрій хлорид	Хлорид натрію	NaCl	Na – Cl	Рідина	–	110
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} - \text{C} - \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{Ca} \end{array}$	Тверда речовина	825 (кальцит) 1339 (арагоніт)	–
Амоній гідроксид	Аміак водний	NH ₄ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{N} - \text{O} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Рідина	–91,5	24,7-37,7
Кокс	Кокс	C	–	Тверда речовина	–	–
Кальцій оксид	Оксид кальцію	CaO	Ca = O	Тверда речовина	2570	2850
Карбон (IV) оксид	Оксид вуглецю (IV)	CO ₂	O = C = O	Газ	–	–
Кальцій гідроксид	Гідроксид кальцію	Ca(OH) ₂	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{O} - \text{Ca} \\ \\ \text{O} - \text{H} \end{array}$	Рідина	–	–

ДП.02.01.ПЗ				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Волков С.В.		
Керівник		Ожередова М.А.		
Консультант				
Н.Контроль.				
Зав. каф.		Суворін О.В.		
Охорона праці			Літ.	Аркуш
			59	105
СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм				

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
Динатрій карбонат	Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{Na}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{Na} \end{array}$	Тверда речовина	854	1600

Таблиця 4.2 – Показники вибухо- і пожеженебезпечності

Речовина	Температура спалаху °С	Температура самозапалення °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні				Межі спалахування температурні, °С	
			г/м ³		% об.		нижня	верхня
			нижня	верхня	нижня	верхня		
Аміак	–	650	112	189	15	28	17	28
Кокс	700	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 4.3 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
			у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л	
			робочої зони	населеного пункту			
1	2	3	4	5	6	7	8
Карбонат кальцію	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Хлорид натрію	3	При потраплянні в очі: різь, слезотеча, почервоніння слизуватих оболонок. При потраплянні на шкірі: сухість, лущення, почервоніння, подразнення. При ковтанні: нудота, блювота, діарея	5 аерозоль	–	–	–	Респіратор «Айстра-2». Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, гумові чоботи, фартух з гумованої тканини
Аміак водний	4	При потраплянні в очі: опіки, біль, слезотеча, кон'юнктивіт, можлива зміна роговиці, втрата зору. При потраплянні на шкіру: сильний біль, почервоніння, при тривалому впливі – утворення пухирців. При ковтанні: опік порожнини рота, набряк язик і глотки, головний біль, біль у животі, нудота, блювота, іноді з домішкою крові. При вдиханні: збудження, що змінюється на млявість, слезотеча, ускладнене дихання, чхання, першіння в горлі, м'язовий біль, біль у шлунку	20	–	–	0,05-2,9	Фільтручий протигаз марки «КД», «М». Костюм з прогумованої тканини, гумові печатки, захисні окуляри
Кокс	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель	10	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200». Бавовняний костюм, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.02.01.ПЗ

Арк

61

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Оксид кальцію	2	При потраплянні в очі: сильна сльозотеча, набряк повік, почервоніння кон'юнктиви, подразнення радужної оболонки ока. При вдиханні: кашель, нежить, біль у горлі; порушення ритму диханні. При потраплянні на шкіру: почервоніння, набряк; на мокру шкіру – можливі опіки	1	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Оксид вуглецю (IV)	4	Не токсичний. Небезпечний лише в дуже великих кількостях (чинить задушливу дію)	9000	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, шкіряні чоботи
Гідроксид кальцію	3	При потраплянні на шкіру: почервоніння, свербіння, опіки. При потраплянні в очі: сльозотеча, біль, помутніння роговиці ока, порушення зору. При ковтанні: першіння в горлі, кашель, чхання, опіки слизуватих оболонок, бронхів.	2,0	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Карбонат натрію	3	При ковтанні: нудота. При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на проєктованому виробництві

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 "ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" для виробництва кальцинованої соди характерні наступні небезпеки [28]:

- застосування токсичних, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин (характеристики речовин наведені в табл. 4.1 – 4.3);
- застосування вакууму на стадіях регенерації аміаку та фільтрації;
- наявність корозійно-небезпечного середовища (насичений розчин хлориду амонію, аміачна вода, вапняне молоко);
- наявність високих температур (вапняно-випалювальні печі, кальцинатори);
- застосування електричної енергії;
- застосування підйомно-транспортного обладнання, а також обладнання з рухомими і обертовими частинами (мостовий кран, кран-балка, приводи мішалок, конвеєрів).

4.3 Класифікація і категорійність виробництва та його приміщень

Таблиця 4.4 – Класифікація й категорійність виробництва і його приміщень

Найменування відділення	Категорія приміщень по вибухо-пожеженебезпечності відповідно з ОНТП 24-86	Категорія технологічних блоків по рівню вибухонебезпечності відповідно ОПВ-88	Класифікація приміщень та зовнішнього устаткування по електрообладнанню ДНАОП 0.00-1.32.01		Група виробничого процесу по санітарній характеристиці відповідно СНиП 2.09.04-87
			Клас приміщення	Категорія та група вибухонебезпечних сумішей	
Виробництво кальцинованої соди	В	III	2	ІІБ	36

Згідно санітарної класифікації підприємств і виробництв (СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»)

					ПД.02.01.ПЗ	Арк 63
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

проектоване виробництво кальцинованої соди відноситься до II-го класу небезпеки з шириною санітарно-захисної зони – 500 м [28].

4.4 Заходи запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам

4.4.1 Вентиляція виробничих приміщень

Оскільки основну шкідливість у виробничих приміщеннях проектованого виробництва кальцинованої соди представляють виділення пилу та газів, надлишкове тепловиділення, то передбачається загальнообмінна природна вентиляція та штучна – припливно-витяжна вентиляція.

Загальнообмінна природна вентиляція передбачається у вигляді аерації. Подача повітря передбачається через фрамуги, видалення повітря – через світлоаераційні ліхтарі.

У приміщеннях, де можливе раптове непередбачуване надходження в повітря робочої зони шкідливих речовин, передбачена аварійна витяжна вентиляція. Для систем аварійної вентиляції влаштовані витяжні осьові вентилятори зовні приміщень в огорожувальних конструкціях. Необхідний повітрообмін під час аварій забезпечується спільною роботою основної (загальнообмінної та місцевої) та аварійної систем.

Системи аварійної вентиляції зблоковані з газоаналізаторами, що налаштовані на ГДК. У разі досягнення ГДК автоматично включається аварійна вентиляція, світлова та звукова сигналізація. У доповнення до автоматичного вмикання аварійної вентиляції передбачений пристрій для включення аварійної вентиляції вручну зовні приміщення.

У приміщеннях насосних станцій аміачної води, фільтрової рідини після відділення гідрокарбонату натрію на вакуум-фільтрах та амонізованого розсолу продуктивність аварійної вентиляції повинна забезпечувати не менше ніж 8 повітрообмінів на годину.

						Арк
						64
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.02.01.ПЗ	

На стадії абсорбції-регенерації на випадок непередбачуваного надходження у повітря парів аміаку передбачена також аварійна витяжна вентиляція.

У разі непередбаченого вимкнення вентиляторів витяжної системи вмикається сигналізація з виводом світлових і звукових сигналів у приміщення, для яких вона призначена.

У проектованому виробництві кальцинованої соди передбачена аспірація пилу:

- на стадії вапняно-випалювальних печей: від дробарок, транспортерів, конвеєрів і від місць завантаження-розвантаження та пересипки вапняку та вапна;
- на стадії парової кальцинації: від місць вивантаження соди з кальцинаторів, бункерів і силосів соди, елеваторів, машин для затарювання [28].

Виконаємо розрахунок вентиляції в приміщенні центрального пульта керування виробництва кальцинованої соди. Габаритні розміри приміщення складають: довжина – 9 м, ширина – 7 м, висота – 3,5 м.

Кількість повітря, яку необхідно подавати в приміщення, визначається за формулою [29]:

$$W = K \cdot V, \quad (33)$$

де $K = 6$ – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$V = a \cdot b \cdot c, \quad (34)$$

де $a = 9$ – довжина робочого приміщення, м;

$b = 7$ – ширина робочого приміщення, м;

$c = 3,5$ – висота робочого приміщення, м.

$$V = 9 \cdot 7 \cdot 3,5 \approx 220,5 \text{ м}^3.$$

$$W = 6 \cdot 220,5 = 1323 \text{ м}^3/\text{год}.$$

						Арк
						65
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.02.01.ПЗ	

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70 звичайного виконання для приміщень неагресивних середовищ з температурою не вище 150°C.

Характеристики вентилятора:

Продуктивність	1350 м ³ /годину
Номер вентилятора	2,5
Напір	67 мм. вод. ст.
Частота обертання	2500 об/хв.
Електродвигун	
Тип	4AA63 B2
Потужність	0,55 кВт.

4.4.2 Метеорологічні умови виробничих приміщень

Метеорологічні умови – це оптимальні та допустимі температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень, які встановлюються для робочої зони виробничих приміщень в залежності від категорії роботи за важкістю. Згідно СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» роботи, що виконуються на проектованому виробництві, відносяться до легких робіт (категорія Іб – роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою, і супроводжуються деяким фізичним напруженням). Оптимальні та допустимі норми мікроклімату виробничих приміщень при виконанні робіт категорії Іб наведені в табл. 4.5.

Зазначені параметри передбачається забезпечувати за рахунок вентиляції, опалення, теплоізоляції обладнання. В ЦПУ передбачається установка кондиціонерів.

Контроль показників мікроклімату проводитиметься на початку, всередині і наприкінці холодного і теплого періоду року не менше 3 разів у зміну [30].

									Арк
									66
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.5 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень при виконанні робіт категорії Іб

Період року	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с
	оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях	
		верхня межа		нижня межа				
		на робочих місцях						
постійних	непостійних	постійних	непостійних					
Холодний і перехідний	21-23	24	25	20	17	40-60	75	Не більше 0,3
Теплий	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27 °С)	0,3-0,5

Виконаємо розрахунок опалювання в приміщенні центрального пульта керування. Опалювання здійснюється від ТЕЦ, в якості опалювальних приладів використовуються радіатори.

Розрахункова витрата теплоти на опалювання ЦПК визначається за формулою [29]:

$$Q_0 = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (35)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати на опалювання 1 м^2 площі приміщення, Вт/м²;

$F = 63$ – площа приміщення, м²;

$K = 0,34$ – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на опалювання.

Тоді витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 63 \cdot (1 + 0,34) \approx 12832 \text{ Вт.}$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [29]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (36)$$

де $E_{км}$ – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву приладу, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні, що дорівнює $64,5^{\circ}\text{C}$. $1E_{км} = 0,82 \text{ м}^2$.

$$H = \frac{12832}{506} = 48 E_{км} = 20,8 \text{ м}^2.$$

Вибирається радіатор типа М-140 АО, у якого площа поверхні нагріву однієї секції $0,299 \text{ м}^2$, об'єм $4,1 \text{ м}^3$. Для забезпечення необхідної площі поверхні нагрівання встановлюється 5 радіаторів по 12 секцій у кожному.

4.4.3 Освітлення виробничих приміщень

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» робота персоналу відноситься до розряду VIII підрозряду „б”, оскільки пов'язана з загальним періодичним спостереженням за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей у виробничому приміщенні.

В усіх виробничих приміщеннях передбачається суміщене освітлення: природне та штучне освітлення.

Природне освітлення – комбіноване: двобічне освітлення через світлові прорізи в зовнішніх стінах і верхнє через світлоаераційні ліхтарі.

Виробничі приміщення обладнані системою загального штучного освітлення, яка передбачає розміщення світильників під стелею, таким чином, щоб забезпечити рівномірний світловий потік.

Для продовження роботи у випадках, коли за будь-яких причин перестає функціонувати робоче освітлення, а небезпечність технологічних процесів вимагає нормального обслуговування їх (небезпека пожежі, вибуху та ін.) передбачається аварійне освітлення. Потужність аварійного освітлення

						Арк
						68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.02.01.ПЗ	

складає 5% нормативної робочої освітленості. Аварійні світильники фарбуються наполовину червоним кольором.

Проектом передбачене евакуаційне і охоронне освітлення. Евакуаційне освітлене призначене для безпечної евакуації людей із приміщень у місцях, небезпечних для проходу, сходових клітках, а також на шляху евакуації людей із приміщення або території. Це освітлення буде забезпечувати освітленість 0,5 лк на підлозі або сходах і 0,2 лк на землі. Для цього застосовуються світильники аварійного освітлення. Охоронне освітлення влаштовується вздовж границь території, що охороняється спеціальним персоналом. Найменша освітленість у нічний час – 0,5 лк [28].

Виконаємо розрахунок природного та штучного освітлення для приміщення центрального пульта керування.

Природне освітлення, яке відбувається через вікна, розраховують виходячи із співвідношення площі світлових отворів до підлоги, по формулі [29]:

$$S_{\text{а\text{в}е}} = \frac{1}{5} \cdot S_{\text{і}}, \quad (37)$$

де $S_{\text{ок}}$ – площа віконних отворів, м²;

$S_{\text{п}} = 63$ – площа підлоги, м².

В результаті отримаємо:

$$S_{\text{а\text{в}е}} = \frac{63}{5} = 12,6 \text{ м}^2.$$

Площа одного вікна 3,06 м², розмір вікна $S_0 = 1,7 \times 1,8$ м, кількість вікон 5 шт.

Для освітлення приміщення центрального пульта керування вибирається світильник типу Ш₀ «Молочна куля» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні визначається за формулою [29]:

						ПД.02.01.ПЗ	Арк
							69
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(\hat{l} - h_{\delta}) \cdot [L/h]}, \quad (38)$$

- де $B = 7$ – ширина приміщення, м;
 $H = 4$ – висота приміщення, м;
 $h_p = 0,8$ – висота робочої поверхні, м;
 $[L/h] = 1,5$ – числове значення коефіцієнта світильника.

$$N_{\delta} = \frac{7}{(4 - 0,8) \cdot 1,5} \approx 2 \text{ джерела.}$$

Максимально припустима відстань між рядами світильників визначається з виразу [29]:

$$L_{\max} = \frac{\hat{A}}{N_p}, \quad (39)$$

$$L_{\max} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою [29]:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (40)$$

$$h = \frac{3,5}{1,5} = 2,3 \text{ м.}$$

Висота звисання світильників від стелі визначається за формулою [29]:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (41)$$

$$h_3 = 4 - 0,8 - 2,3 = 0,9 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [29]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (42)$$

- де $E = 100$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;
 $S = 63$ – освітлювана площа, м²;
 $F = 1000$ – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 100 Вт, лм;
 $K = 1,3$ – коефіцієнт запасу для лампи накаливання в приміщеннях з малим виділенням забруднень;
 $Z = 1,03$ поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника – Ш_о;
 $U = 0,38$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення $i = 4$.

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 63 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,38 \cdot 1,03} \approx 20 \text{ шт.}$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 4.1.

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визнається за формулою [29]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (43)$$

- де $n = 20$ – розрахункова кількість ламп, шт;
 $W = 100$ – потужність однієї лампи, Вт.

						Арк
						71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.02.01.ПЗ	

$$N = \frac{20 \cdot 100 + 0,2 \cdot 20 \cdot 100}{1000} = 2,4 \hat{A} \hat{o}.$$

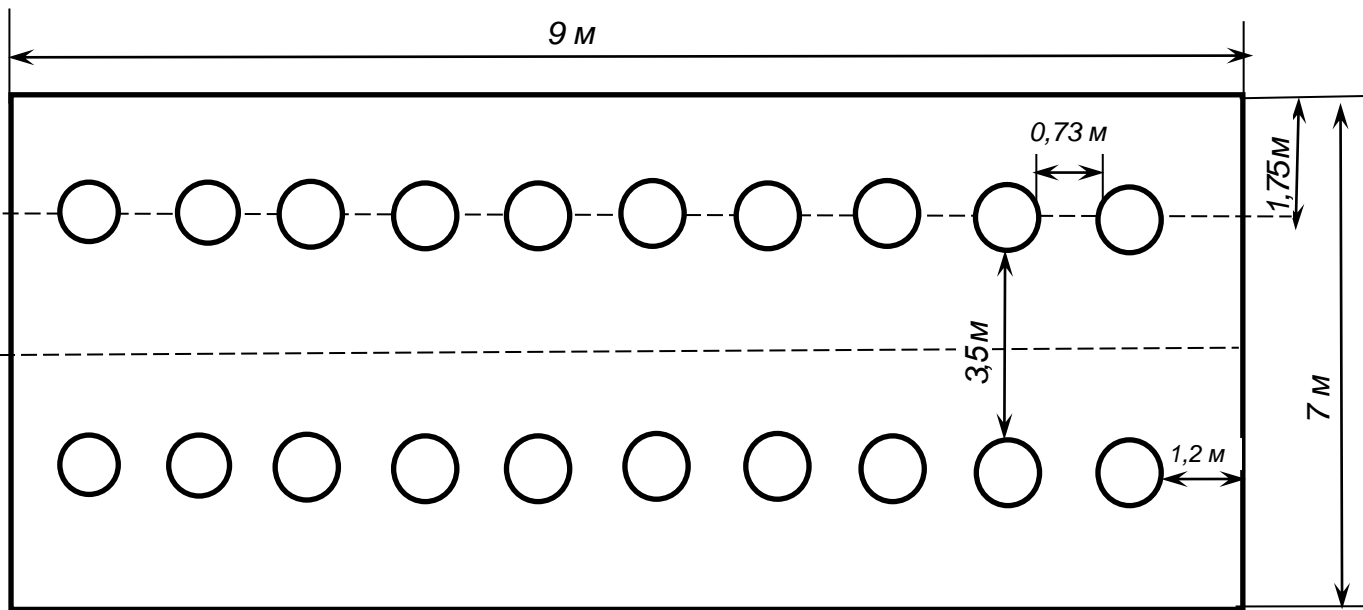


Рисунок 4.1 – Схема розміщення світильників

4.4.4 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

Рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

В проєктованому виробництві передбачені наступні заходи, спрямовані на зниження рівня шуму:

- технічні (застосування технологічних процесів, за яких рівні звукового тиску на робочих місцях не перевищують припустимі; використання при будівництві звуковбирних матеріалів; застосування засобів індивідуального захисту – протишумних шоломів, навушників, вкладишів у вуха);
- організаційні (раціональний режим праці й відпочинку, скорочення часу перебування в гучних умовах).

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Рівень вібрації на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Основними заходами щодо боротьби з вібрацією є зниження вібрації:

- зниження вібрації в джерелі виникнення;
- зменшення вібрації на шляху поширення – віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування;
- застосування дистанційного управління, що виключає передачу вібрацій на робоче місце;
- використання індивідуальних засобів захисту (антивібраційні рукавиці, взуття, гумові килимки).

Вібруюче обладнання періодично й після ремонту перевіряється на відповідність його діючим санітарним нормам [31]

4.4.5 Заходи електробезпеки

Для живлення електрообладнання проектного цеху передбачається застосування електричної мережі трифазного змінного струму з ізольованою нейтраллю, робоча напруга 380/220 В.

Згідно ПУЕ виробничі приміщення проектного цеху відносяться до категорії особливо небезпечних, оскільки має місце наявність хімічно активного середовища, металевих конструкцій і струмопровідних підлог.

Вся електропроводка в приміщеннях передбачається закритого типу, в металевих трубах.

Для захисту обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом в умовах проектного цеху передбачаються наступні заходи:

- механічні огороження і захисні блокувальні пристрої;
- захисне заземлення електроустановок і електрообладнання;

						ПД.02.01.ПЗ	Арк
							73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

– забезпечення неприступності струмопровідних частин обладнання і мережі.

Для захисту від поразки електричним струмом передбачається інструмент з ізолюючими рукоятками, діелектричні килимки і рукавички [32].

Виконаємо розрахунок заземлюючого контуру установки для проєктованого виробництва кальцинованої соди, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззп}$ повинен бути меншим за 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [29]:

$$R_{ззп} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_{\text{ні}}}{R_{\zeta} \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_{\text{ні}}}, \quad (44)$$

де R – опір заземлення, в якості якого використовуються стрижні, Ом;

R – опір металевої смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів, шт.;

$\eta_{\zeta} = 0,8$ – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_{\text{см}} = 0,7$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги.

Опір заземлювача визначається за формулою [29]:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{(4t + l)}{(4t - l)} \right), \quad (45)$$

де $\rho = 700$ – питомий опір піску, Ом · м;

$l = 10$ – довжина стрижня, м;

$d = 0,03-0,05$ – діаметр стрижня, м;

$t = 0,5$ – відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м;

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [29]:

						Арк
					ПД.02.01.ПЗ	74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{нi}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (46)$$

де $L = 30$ – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;

$b = 0,03$ – ширина смуги при прокладці всередині будівлі, м;

$t' = 0,5$ – глибина заземлення від рівня землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [29]:

$$n = \frac{2R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (47)$$

де 4 – допустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності.

$$R_3 = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} \left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,03} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 0,5 + 10}{4 \cdot 0,5 - 10} \right) = 65,95 \text{ } \hat{\Omega}.$$

$$R_{\text{нi}} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30^2}{0,03 \cdot 0,5} = 43,4 \text{ } \hat{\Omega}.$$

$$n = \frac{2 \cdot 65,95}{4 \cdot 0,8} = 41,22 = 42 \text{ шт.}$$

$$R_{\text{ззп}} = \frac{65,95 \cdot 43,4}{43,4 \cdot 42 \cdot 0,8 + 65,95 \cdot 0,7} = 1,90 \text{ Ом.}$$

Після проведення всіх розрахунків значення $R_{\text{ззп}} = 1,90 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$, то захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку виробничої будівлі.

4.5 Заходи пожежної безпеки на виробництві

На різних стадіях технологічного процесу потенційними джерелами пожежі можуть бути:

						Арк
						75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- кокс, що використовуються в якості палива;
- електрообладнання;
- паливно-мастильні матеріали.

Потенційними причинами пожеж можуть бути:

- несправність електрообладнання;
- високі температури ведення технологічного процесу;
- удари блискавки.

Виробництво передбачається розмістити в одноповерховій залізобетонній будівлі павільйонного типу другого ступеня вогнестійкості. З будівлі передбачаються два евакуаційних виходи. Найбільше віддалення від робочих місць до виходу не перевищує 25 м. Згідно ПУЕ приміщення за пожежною безпекою не класифікується [31].

Проектом передбачається пожежний водопровід із зовнішніми гідрантами і внутрішніми пожежними кранами. Гідранти розташовуються на території підприємств на відстані не більше 100 м по периметру будівель вздовж доріг і не ближче 5 м від стін. Пожежні крани встановлюються на висоті 1,35 м від підлоги всередині приміщень біля виходів, у коридорах, на сходових клітках. Кожний пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволем. Довжина рукава 10 або 20 м. Продуктивність кожного крана – не менше ніж 2,5 л/с.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами обслуговуючого персоналу, застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них належать: вогнегасники (ВХП-10 і ВВ-5), пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

Проектоване виробництво забезпечується засобами зв'язку та системами пожежної сигналізації та оповіщення. Для передачі повідомлення про пожежу

						Арк
						76
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПД.02.01.ПЗ

в будь-який час доби використовуються телефони спеціального та загального призначення, радіозв'язок, централізовані установки пожежної сигналізації.

Системи оповіщення про пожежу забезпечують передачу сигналів оповіщення одночасно по всій будівлі. Оповіщення працівників про пожежу виконується трансляцією мовних повідомлень про необхідність евакуації, шляхи евакуації та інші дії спрямовані на забезпечення безпеки людей [33].

					ПД.02.01.ПЗ	Арк
						77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Основним завданням компоновки технологічного обладнання є правильна організація проектного технологічного процесу. Це завдання може бути вирішене графічно (розробка планів і розрізів розташування обладнання) або об'ємним методом – шляхом створення об'ємної моделі проектного цеху. Ці методи не виключають один одного, а в ряді випадків можуть доповнювати один одного.

Схема компоновки технологічного обладнання є вихідною документацією для розробки проектів будівельної, сантехнічної, електротехнічної частин проекту, проекту прокладки трубопроводів та ін. Сукупність компоновання обладнання, технологічної та монтажної частин проекту становить основу проекту виробничої будівлі на підприємствах виробництва вапна.

При компонуванні обладнання виявляються конфігурація будівлі, її поверховість, розміри споруди, навантаження на міжповерхові перекриття, число і розташування сходів і т. д, тобто вихідні дані для розробки будівельної частини проекту. За монтажною частиною проекту визначаються місця розташування електродвигунів, світильників, точки відсмоктування шкідливих газів і пилу, місця введів водопровідних та інших мереж, скидання стоків тощо.

Основними вихідними даними для компоновання обладнання є принципова технологічна схема та креслення обладнання (загальні види). У разі відсутності креслень вони можуть бути замінені ескізами апаратів, знятими з природи або взятими з каталогів, за умови нанесення на ескізи всіх необхідних розмірів (зовнішній діаметр і висота апарату, розташування опорних лап, штуцерів і т. д.).

					<i>ПД.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Волков С.В.</i>			<i>Компоновка технологічного обладнання</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Ожередова М.А.</i>					77	105
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

На вибір принципу компоновки технологічного обладнання в першу чергу впливає кількість виробництв, що розташовуються в одному цеху, характеристика виробничого процесу та окремих технологічних стадій з шкідливістю та вогне- і пожежонебезпекою, а також стабільність асортименту проектованої до випуску продукції [16].

В виробництві кальцинованої соди аміачним способом розміщення та компонування устаткування, газопроводів і комунікацій забезпечує працівникам безпечні та нешкідливі умови праці, вільний доступ, зручність обслуговування і проведення ремонтних робіт, а також відповідає вимогам технологічних процесів.

Устаткування та контрольно-вимірювальні прилади розташовуються так, щоб було зручно їх обслуговувати і спостерігати за технологічним процесом.

Відстійники стадії очищення розсолу встановлюються таким чином, щоб забезпечувалась можливість кругового обслуговування.

Гасильники вапна встановлені в один ряд на рівні, що забезпечує вільне перетікання вапняного молока в обладнання для його очищення і далі – в ємність для вапняного молока. Проходи між суміжними гасильниками складають 2 м. Відстань між гасильниками і стіною будівлі забезпечує вільний прохід шириною і дорівнює 1 м.

Відстань по фронту між двома рядами колонного устаткування – 3 м; відстань між виступаючими частинами колонного обладнання – 2 м.

Відстань між фільтрами для розділення суспензії або центрифугами і апаратурою, розташованої поруч, повинен бути не менше 1,5 м, а відстань до будівельних конструкцій – не менше 1,0 м.

Розміщення вакуум-фільтрів забезпечує можливість заміни фільтрувальної перегородки, а також необхідну вільну площу для проведення монтажних і ремонтних робіт із застосуванням засобів механізації.

Насоси розміщуються групами за технологічним призначенням так, щоб забезпечити мінімальну довжину всмоктувальних комунікацій.

						Арк
					ПД.02.01.ПЗ	78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Проходи між насосами з урахуванням їх обв'язки – 0,8 м; відстань від насосів до будівельних конструкцій – 1,0 м.

Проходи між пластинчастими теплообмінниками з урахуванням їх обв'язки – 1,0 м.

Парові кальцинатори встановлені так, щоб відстані між частинами фундаментів, були не менше 3 м і відстань до будівельних конструкцій – 3 м.

Конвеєри встановлені так, щоб відстань по вертикальній лінії від частин конвеєра, що найбільш виступають і які потребують обслуговування, до нижніх поверхонь будівельних конструкцій, які виступають була не менше 0,6 м, а від транспортного вантажу – не менше 0,3 м

Для проведення монтажних і ремонтних робіт застосовуються засоби механізації [28].

					ПД.02.01.ПЗ	Арк
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Основним забруднювачем навколишнього природного середовища є промисловість. Зменшення шкідливого впливу промислового виробництва вирішується за кількома напрямками: 1) шляхом удосконалення очищення шкідливих викидів і відходів промислового виробництва, підвищення ефективності роботи очисних споруд, суворого дотримання нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище; 2) шляхом удосконалення технологічних процесів з метою очищення відходів виробництва, випуску екологічно чистої продукції; 3) шляхом зміцнення режиму екології; 4) шляхом запровадження маловідходної і безвідходної технології, заснованої на комплексному використанні природних ресурсів, при замкнутому циклі виробництва.

Загальні вимоги охорони навколишнього природного середовища в процесі господарювання повинні охоплювати всі стадії господарського процесу: доексплуатаційну, експлуатаційну і післяексплуатаційну.

Доексплуатаційна стадія включає розміщення об'єкта, проектування, будівництво, приймання в експлуатацію. Експлуатаційна передбачає паспортизацію виробничої діяльності об'єкта, дозвіл на викиди, встановлення нормативів викидів та лімітів використання природних ресурсів, контроль за виконанням відповідних правил. Післяексплуатаційна стадія включає випуск продукції і розміщення відходів.

Екологічна безпека і охорона навколишнього середовища забезпечується шляхом екологічної паспортизації промислових підприємств, нормування і лімітування, внесення зборів за використання природних ресурсів і забруднення навколишнього природного середовища, здійснення екологічного контролю.

На промислових підприємствах, що шкідливо впливають або можуть

					<i>ДП.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Волков С.В.</i>				<i>Екологія та охорона навколишнього середовища</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Ожередова М.А.</i>						80	105
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав.каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

впливати на стан навколишнього природного середовища, розробляються екологічні паспорти. Екологічний паспорт – це нормативно-технічний документ, який містить дані щодо використання природних ресурсів та визначення впливу виробництва на навколишнє природне середовище. В екологічному паспорті містяться такі дані: обсяги викидів, скидів забруднюючих речовин та види; обсяги та їх види використання природних ресурсів; відомості про обсяги та характер виробництва, наявність природоохоронного обладнання; екологічна характеристика продукції, що випускається; відомості про характеристики відходів, які створюються на підприємстві. Екологічні паспорти промислових підприємств мають велике значення, бо містять зведені статистичні дані про забруднюючі речовини.

В основі взаємовідносин підприємства з навколишнім середовищем лежать екологічні нормативи, що їх встановлюють центральні органи державної виконавчої влади. Йдеться про гранично допустимі викиди та скиди в навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів.

Згідно зі ст. 153 Господарського кодексу України суб'єкт господарювання, здійснюючи господарську діяльність, зобов'язаний: використовувати природні ресурси відповідно до цільового призначення, визначеного при їх наданні (придбанні) для використання у господарській діяльності; ефективно і економно використовувати природні ресурси на основі застосування новітніх технологій у виробничій діяльності; здійснювати заходи щодо своєчасного відтворення і запобігання псуванню, забрудненню, засміченню та виснаженню природних ресурсів, не допускати зниження їх якості у процесі господарювання; своєчасно вносити відповідну плату за використання природних ресурсів; здійснювати господарську діяльність без порушення прав інших власників та користувачів природних ресурсів; відшкодовувати збитки, завдані ним власникам або первинним користувачам природних ресурсів.

						Лист
					ДП.02.01.ПЗ	81
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення відходів і подають їх на погодження вказаним органам на місцях. Дозвіл набирає чинності після затвердження лімітів на утворення та розміщення відходів.

Зберігання та знищення відходів здійснюється у спеціально визначених для цього місцях чи на об'єктах. На кожне таке місце чи об'єкт складається спеціальний паспорт, в якому зазначається найменування та код відходів, їх кількісний та якісний склад, походження.

Згідно з Господарським кодексом України суб'єкт господарювання зобов'язаний відшкодувати збитки, завдані ним власникам або первинним користувачам природних ресурсів. Застосування заходів дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності не звільняє винних від компенсації шкоди, заподіяної забрудненням навколишнього природного середовища та погіршенням якості природних ресурсів.

Відшкодування заподіяної шкоди здійснюється в розмірах, які визначаються на підставі затверджених у встановленому порядку такс та методик обрахування розмірів шкоди. Відсутність таких такс або методик не може бути підставою для відмови у відшкодуванні шкоди. Згідно із роз'ясненням Вищого арбітражного суду України в цьому разі шкода компенсується за фактичними витратами на відновлення порушеного стану навколишнього природного середовища з урахуванням завданих збитків, у тому числі неoderжаних доходів [34].

З технологічного циклу виробництва кальцинованої соди аміачним способом виводяться дистилерна суспензія, тверді шлами після стадії очищення розсолу, газоподібні речовини.

Оскільки газові викиди містять речовини в межах гранично допустимих норм, то їх виводять в атмосферу. Дистилерну рідину і тверді шлами переробляють в продукти, корисні для господарської діяльності людини. У зв'язку з цим дистилерна рідина та шлами розглядаються не як відходи содового виробництва, а як вторинні матеріальні ресурси (ВМР).

									Лист
									83
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

Дистиленна рідина представляє собою розчин хлоридів кальцію і натрію, забруднений домішками CaSO_4 , CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, які знаходяться переважно в твердій фазі. В рідкій фазі дистиленної рідини міститься 10-10,5%(мас.) CaCl_2 і 5%(мас.) NaCl .

Новим технічним рішенням, прийнятим в дипломному проекті, було запропоновано використовувати хлорид кальцію, що міститься в дистиленній рідині, в якості інтенсифікуючої добавки на стадії очищення розсолу. Це дасть можливість частково знизити обсяги дистиленною рідини, що скидаються в шламонакопичувач «біле море».

Переробка освітленої дистиленної рідини дає можливість одержувати хлорид кальцію з одночасним виділенням хлориду натрію. Хлорид кальцію згідно ГОСТ 450-70 випускається у вигляді рідкого продукту (I-й сорт – 38%(мас.) CaCl_2 і II-й сорт – 32%(мас.) CaCl_2) або твердого плавленого продукту (76%(мас.) CaCl_2) [2].

Основними споживачами хлориду кальцію є сільське господарство (меліорація солончакових ґрунтів), виробництво в'язучих матеріалів, фармацевтична і текстильна промисловості та ін.

Переробка дистиленної рідини полягає в наступному. Попередньо звільнену відстоюванням від зважених речовин дистиленну рідину випаровують в вакуум-випарних апаратах. При цьому спочатку в осад випадає менш розчинний хлорид натрію який відділяють на центрифугах. Промитий від хлориду кальцію хлорид натрію може бути використаний в якості товарного продукту або повернений знову у виробництво для одержання розсолу. Розчин хлориду кальцію випаровують далі до вмісту 38%(мас.) CaCl_2 , що відповідає потрібному складу товарного рідкого хлористого кальцію. При одержанні плавленого твердого продукту отриманий 38%-вий розчин хлориду кальцію підлягає подальшому концентруванню з проміжним відділенням хлористого натрію, що додатково випадає в осад.

									Лист
									84
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

Шлам (тверда фаза), що утворюється в процесі відстоювання дистилерної рідини, направляється на виробництво меліоранту і кормових добавок.

Кількість шламів, що утворюються при очищенні сирого розсолу, не така велика в порівнянні з кількістю шламів дистиляції, проте акумуляція їх в шламонакопичувачах пов'язана з великими витратами і завдає збитків навколишньому середовищу. Шлами очищення сирого розсолу містять: рідку фазу (NaCl) – 72,1 кг/т соди та тверду фазу (CaCO₃ – 5,03 кг/т соди та Mg(OH)₂ – 0,69 кг/т соди) – 5,72 кг/т соди. На підприємстві передбачається фільтрація шламу очищення сирого розсолу, що дає можливість повернути в виробництво соди порядку 65 кг/т соди NaCl, а отримана паста після сушки і розпушування буде упаковуватися в мішки та продаватися в якості підкормки для тварин і птахів [5].

						Лист
					ДП.02.01.ПЗ	85
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1. Загальна характеристика проєктованих заходів

7.1.1 Вихідні дані до обґрунтування економічної ефективності проєктованих заходів

Проєктна потужність виробництва 620 тис. т/рік. Виробництво складається з однієї технологічної лінії.

Калькуляція діючого виробництва кальцинованої соди аміачним способом станом на 2020 р. приведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Калькуляція діючого виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Найменування статей витрат	Одиниця вимірюван	Витрати на одиницю продукції		
		кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Сировина і основні матеріали, в т.ч.				
Крейда	кг	1285	1,80	2313
Сирий розсіл	м ³	5,13	340	1744,2
Кокс	кг	94	6,0	564,0
Аміачна вода	кг	10	3,5	35,0
Разом сировина і основні матеріали	грн			4656,2
Енерговитрати, в т.ч.				
Електроенергія	кВт/год	61	2,27	138,47
Вода річкова фільтрована	м ³	150	9,492	1423,8
Пара	Гкал	1,4	268,8	516,32
Разом енерговитрати	грн			1940,12
Зарплата основна з нарахуваннями	грн			78,3
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ)	грн			250,23
в т.ч. амортизація				100,09
Загальновиробничі витрати	грн			40,23
Інші				56,33
Повна собівартість	грн			7023,64

ПД.02.01.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Волков С.В.			
Керівник	Ожередова М.А.			
Консультант				
Н.Контроль				
Зав. каф.	Суворін О.В.			
Техніко-економічні розрахунки			Літ.	Аркуш
				86
			СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм	
			Аркушів	105

Дані з графіка ППР:

1. Календарний фонд часу $T_{\text{кал}} = 8760$ годин.
2. Плановані простої в ремонті $T_{\text{рем}} = 168$ годин

Структура основних виробничих фондів виробництва кальцинованої соди аміачним способом представлена в табл. 7. 2.

Таблиця 7.2 – Структура основних виробничих фондів

Найменування	Кошторисна вартість, тис. грн
1. Будівлі	29299,5
2. Споруди	68365,5
Усього будівлі і споруди	97665
3. Основне технологічне устаткування	132709,5
4. Допоміжне устаткування	56875,5
Усього устаткування	189585
Усього основні фонди	287250

7.1.2 Проектовані організаційно-технічні заходи

Новим технічним рішенням в дипломному проєкті є те, що з метою інтенсифікації процесу відстоювання шламу розслоочення в сирий розсіл окрім содолужних реагентів вводиться добавка хлориду кальцію, що міститься в дистилерній рідині. Використання дистилерної рідини як джерела хлориду кальцію одночасно дозволяє в деякій мірі скоротити об'єм дистилерної рідини – відходу содового виробництва.

Впровадження нового технічного рішення в діючу технологію дозволить скоротити час відстоювання шламу розслоочення, що в свою чергу сприятиме зменшенню часу на одержання готового продукту або за відведений час виготовлення можливо одержати більше продукту (кальцинованої соди). Застосування дистилерної рідини в якості інтенсифікуючої добавки зменшує її об'єми, що скидаються в

									Арк
									87
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

шламонакопичувач «біле море». Це дає екологічний ефект та економічний, оскільки зменшуються витрати на спорудження нових і утримання старих шламонакопичувачів.

7.2 Розрахунок річної виробничої потужності

Виробництво кальцинованої соди є безперервним виробництвом.

Річна виробнича потужність визначається за формулою:

$$\Pi_p = q_{\Gamma} \cdot N \cdot T_{\text{еф}}, \quad (44)$$

де $q_{\Gamma} = 72,1$ – годинна продуктивність устаткування, т/г;

$N = 1$ – кількість паралельно працюючих одиниць однотипного устаткування, шт.

Ефективний фонд робочого часу [29]:

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{рем}}, \quad (45)$$

де $T_{\text{кал}}$ – календарний фонд часу, година;

$T_{\text{рем}}$ – річний час простою устаткування в ремонтах, година.

$$\dot{Q}_{\text{до}} = 8760 - 168 = 8592 \text{ год}.$$

Річна виробнича потужність діючого виробництва:

$$\dot{I}_{\text{до}}^0 = 72,1 \cdot 1 \cdot 8280 = 620 \text{ т/год}.$$

Річний обсяг проектного виробництва (Q_1) приймаємо на рівні розрахованої річної виробничої потужності (Π_p):

$$\dot{I}_{\text{до}}^1 = Q_1 = 75,7 \cdot 1 \cdot 8280 = 651 \text{ т/год}.$$

При цьому відбувається збільшення випуску продукції (ΔQ) в порівнянні з діючим виробництвом (Q_0).

						Арк
						88
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Індекс потужності підприємства визначається за формулою [29]:

$$J_Q = \frac{Q_1}{Q_0}, \quad (46)$$

$$J_Q = \frac{651000}{620000} = 1,05.$$

7.3 Розрахунок одноразових витрат на впровадження проектованих заходів

При впровадженні проектованих заходів здійснюються одноразові витрати на придбання, транспортування і монтаж необхідного устаткування. Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування представлена в табл.7.3.

Таблиця 7.3 – Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування

Найменування устаткування	Кількість одиниць	Прейскурантна ціна одиниці, грн/шт	Прейскурантна вартість, грн.
Бак для зберігання дистилерної рідини	1	98000	98000
Відцентровий насос	1	95000	95000
Разом вартість устаткування			193000

Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування з урахуванням додаткових витрат на транспортування і монтаж представлена в таблиці. 7.4.

Таблиця 7.4 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування з урахуванням додаткових витрат

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість, грн.	Додаткові витрати, грн		Всього кошторисна вартість, грн.
		транспортні витрати	монтаж і установка	
Бак для зберігання дистилерної рідини	98000	2940	17640	118580
Відцентровий насос	95000	2850	17100	114950
Усього вартість устаткування	193000	5790	34740	233530

7.4. Аналіз зміни собівартості продукції

7.4.1 Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат

Індекси зміни норм витрат на одиницю продукції (питомих витрат) окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів (I^B) в результаті впровадження заходів проекту розраховуються за формулою [29]

$$I^B = \frac{H_{B_1}}{H_{B_0}}, \quad (47)$$

де H_{B_0} , H_{B_1} – норми витрат окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції до і після впровадження заходів проекту відповідно.

Індекси зміни цін (I^C) на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів розраховуються за формулою [29]:

$$I^C = \frac{C_1}{C_0}, \quad (48)$$

де C_0 , C_1 – ціни на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів до і після впровадження заходів проекту.

У даному випадку впровадження проєктованих заходів не робить впливу на зміну цін матеріальних і енергетичних ресурсів, $I^C = 1$.

Індекс зміни річних витрат за статтею «Витрати на утримання та експлуатацію устаткування» може бути прийнятий рівним індексу зміни вартості устаткування підприємства (підрозділу) при впровадженні заходів, що проєктуються ($I^{\hat{A}_{\text{ої}}}$) [29]:

$$I^{B_{VEU}} \approx I^{B_{yc}} = \frac{B_{yc1}}{B_{yc0}} = \frac{B_{yc0} + \Delta B_{yc}}{B_{yc0}}, \quad (49)$$

						Арк
						90
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

де B_{yc0} , B_{yc1} – вартість устаткування підприємства (підрозділу) до і після впровадження заходів проекту відповідно;

ΔB_{yc} – витрати на придбання впровадженого устаткування, млн. грн.

$$z_{\text{ААА}} = \frac{189,585 + 0,23353}{189,585} = 1,00123.$$

7.4.2 Розрахунок зміни собівартості продукції в проектованому періоді

Розрахунок проводиться за калькуляційними статтями з урахуванням їх питомої ваги в загальній собівартості продукції.

Зміна повній собівартості за статтею «Зарплата основна з нарахуваннями» [29]:

$$\Delta \tilde{n}_{\text{çàä.ïå.}} = 100 \cdot \left(\frac{I_{\text{çò}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{\text{нò}}, \quad (50)$$

де $d_{\text{ст}}$ – питома вага статті «Заробітна плата з нарахуваннями» у собівартості продукції;

$$\Delta \tilde{N} = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,011 = -0,147\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «ВУЕУ» [29]:

$$\Delta \tilde{n}_{\text{ААА}} = 100 \cdot \left(\frac{I_{\text{çò}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{\text{нò}} \cdot d_{\text{аì}}, \quad (51)$$

де $d_{\text{ст}}$ – питома вага статті «ВУЕУ» у собівартості продукції;

$$\Delta \tilde{N} = 100 \cdot \left(\frac{1,00123}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,036 \cdot 0,4 = -0,092\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «Загальновиробничі витрати» [29]:

$$\Delta \tilde{n}_{\text{çàä.àèäíá.}} = 100 \cdot \left(\frac{I_{\text{çò}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{\text{нò}}, \quad (52)$$

						Арк
						91
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ	

де $d_{ст}$ – питома вага статті «Загальновиробничі витрати» у собівартості продукції;

$$\Delta\tilde{N} = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,006 = -0,035\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «Інші витрати» [29]:

$$\Delta\tilde{n}_{з\text{іо}3} = 100 \cdot \left(\frac{I_{с\text{о}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{п\text{о}}, \quad (53)$$

де $d_{ст}$ – питома вага статті «Інші витрати» у собівартості продукції.

$$\Delta\tilde{N} = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,008 = -0,152\%.$$

Згідно розрахунків отримані результати приведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Зміна собівартості продукції

Статті витрат	Витрати на виробництві, що діє		Зміна витрат		Витрати в проєктованому виробництві
	грн/т	питома вага, $d_{ст}$	%	грн	грн/т
Сировина і матеріали	4656,2	0,66	-	-	4656,2
Енерговитрати	1940,12	0,28	-	-	1940,12
Зарплата основна з нарахуваннями	78,3	0,011	-0,147	-0,38	77,92
ВУЕУ	250,23	0,036	-0,092	-4,69	245,53
Загальновиробничі витрати	40,23	0,006	-0,035	-1,89	38,34
Інші витрати	56,33	0,008	-0,152	-3,72	52,61
Усього	4023,64	1,0	-0,35	-10,68	7012,96

Запропоновані заходи призводять до зниження собівартості продукції у вартісному виразі на 10,68 грн. за 1 тону кальцинованої соди.

7.5 Розрахунок техніко-економічних показників

Зміна річного обсягу виробництва:

у натуральному виразі [29]:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0, \quad (54)$$

$$\Delta Q = 651 - 620 = 31000 \text{ ò/ð³ê.}$$

у вартісному виразі [29]:

$$Q^{\hat{a}} = Q \cdot \ddot{O}, \quad (55)$$

де Ц = 7870 – ціна 1 тони кальцинованої соди, грн.

$$Q_0^{\hat{a}} = 620000 \cdot 7870 = 4879400 \text{ òèñ.ãđí}$$

$$Q_1^{\hat{a}} = 651000 \cdot 7870 = 5123370 \text{ òèñ.ãđí}$$

$$\Delta Q^{\hat{a}} = 5123370 - 4879400 = 243970 \text{ тис.грн}$$

або в процентному відношенні зміна вартісного обсягу виробництва складе [29]:

$$\Delta Q^{\hat{a}} = \left(\frac{Q_1^{\hat{a}}}{Q_0^{\hat{a}}} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (56)$$

$$\Delta Q^{\hat{a}} = \left(\frac{5123370}{4879400} - 1 \right) \cdot 100 = 5\%.$$

Зміна собівартості одиниці продукції [29]:

$$\Delta \tilde{N} = \tilde{N}_1 - \tilde{N}_0, \quad (57)$$

де C_0, C_1 – собівартість продукції на діючому та проектованому виробництвах, відповідно.

$$\Delta \tilde{N} = 7023,64 - 7012,96 = -10,68 \text{ ãđí/ò.}$$

або в процентному відношенні зміна собівартості складе:

									Арк
									93
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\Delta C = \left(\frac{C_1}{C_0} - 1 \right) \cdot 100\% , \quad (58)$$

$$\Delta C = \left(\frac{7023,64}{7012,96} - 1 \right) \cdot 100 = -0,17\% .$$

Прибуток на одиницю продукції [29]:

$$\dot{I} = \ddot{O} - \ddot{N} , \quad (59)$$

$$I_0 = 7870 - 7023,64 = 846,36 \text{ грн/т;} ,$$

$$I_1 = 7870 - 7012,96 = 857,04 \text{ грн/т.}$$

Зміна прибутку на одиницю продукції:

$$\Delta \dot{I} = \dot{I}_1 - \dot{I}_0 \quad (60)$$

$$\Delta \dot{I} = 857,04 - 846,36 = 10,68 \text{ грн/т} .$$

у процентному виразі:

$$\Delta \dot{I} = \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_0} - 1 \right) \cdot 100\% , \quad (61)$$

$$\Delta \dot{I} = \left(\frac{857,04}{846,36} - 1 \right) \cdot 100 = 1,15\% .$$

Вартість основних фондів [29]:

Основні фонди на виробництві, що діє, складають: $\Phi_0 = 287250$ тис. грн..

Основні фонди на проектованому виробництві знаходяться за формулою:

$$\hat{O}_1 = \hat{O}_0 + \hat{O}_{\text{ââ}} , \quad (62)$$

де $\Phi_{\text{ââ}}$ – витрати на введення устаткування.

$$\Phi_1 = 287250 + 233,53 = 287483,53 \text{ тис. грн.}$$

Фондовіддача [29]:

						ДП.02.01.ПЗ	Арк
							94
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

на діючому виробництві [29]:

$$f = \frac{Q^{\hat{a}}}{\hat{O}} \quad (63)$$

$$f_0 = 4879400 / 287250 = 17,0 \text{ грн/грн.}$$

на проектованому виробництві:

$$f_1 = 5123370 / 287483,53 = 17,82 \text{ грн/грн.}$$

Зміна фондівдачі:

у абсолютному виразі [29]:

$$\Delta f = f_1 - f_0, \quad (64)$$

$$\Delta f = 17,82 - 17,00 = 0,82 \text{ грн/грн.}$$

у процентному виразі [29]:

$$\Delta f = (f_1/f_0 - 1) \cdot 100 \%, \quad (65)$$

$$\Delta f = (17,82 / 17,00 - 1) \cdot 100 = 4,8 \%.$$

Річний прибуток [29]:

$$\ddot{I}^{\delta} = \ddot{I} \cdot Q \quad (66)$$

на діючому виробництві:

$$\ddot{I}_0^{\delta} = 846,36 \cdot 620 = 524743 \text{ тис. грн.};$$

на проектованому виробництві:

$$\ddot{I}_1^{\delta} = 857,04 \cdot 651 = 557933 \text{ тис. грн}$$

$$\Delta \ddot{I}^{\delta} = \left(\frac{\ddot{I}_1^{\delta}}{\ddot{I}_0^{\delta}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (67)$$

$$\Delta \ddot{I}^{\delta} = (557933 - 524743) / 524743 \cdot 100 = 6,3\%.$$

									Арк
									95
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.02.01.ПЗ				

Рентабельність витрат на виробництво [29]:

$$D = \frac{\ddot{I}}{\ddot{N}} \cdot 100\% , \quad (68)$$

на діючому виробництві:

$$D_0 = \frac{846,36}{7023,64} \cdot 100 = 12,0\% ;$$

на проектованому виробництві:

$$D_1 = \frac{857,04}{7012,96} \cdot 100 = 12,2\% .$$

Зміна рентабельності витрат на виробництві:

у абсолютному вигляді [29]:

$$\Delta D = D_1 - D_0 \quad (69)$$

$$\Delta P = 12,2 - 12,0 = 0,2\% .$$

Продуктивність праці основних робітників [29]:

$$\ddot{I}^i = \frac{Q}{N} , \quad (70)$$

де $N = 197$ – чисельність основних робітників, особа.

$$\ddot{I}_0^i = \frac{620000}{197} = 3147 \text{ ò/ĕrăĕĭâ} ;$$

$$\ddot{I}_1^i = \frac{651000}{197} = 3305 \text{ ò/ĕrăĕĭâ} .$$

Зміна продуктивності праці основних робітників:

у абсолютному виразі:

$$\Delta \ddot{I}^i = 3305 - 3147 = 158 \text{ ò/ĕrăĕĭâ} .$$

у процентному виразі:

$$\Delta \ddot{I}^i = \left(\frac{3305}{3147} - 1 \right) \cdot 100 = 5\% .$$

									Арк
									96
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Річний економічний ефект від зниження собівартості визначається за формулою [29]:

$$\dot{A}_y = \Delta\tilde{N} \cdot Q_1, \quad (71)$$

де $\Delta C = -10,68$ – зміна собівартості одиниці продукції, грн/т;

$Q_1 = 651000$ – річна виробнича потужність підприємства, т/р.

$$\dot{A}_y = -10,68 \cdot 651000 = -6953 \text{ тис. грн}$$

Річний економічний ефект від збільшення прибутку:

$$\Delta\Pi = 557933 - 524743 = 33190 \text{ тис. грн}$$

Термін окупності одноразових витрат визначається за формулою [29]:

$$\dot{O}_{ie} = \frac{\hat{O}_{aa}}{\dot{A}_y} \quad (72)$$

$$\dot{O}_{ie} = \frac{233,53}{33190} = 0,01 \text{ дїєó.}$$

Результати розрахунків зведено в табл. 7.6.

Аналіз техніко-економічних показників показує що запропоновані заходи, приведуть до зміни потужності виробництва на 5%, при цьому скоротиться споживання умовно-постійних витрат на одиницю продукції, що зменшить її собівартість на 0,17%. При цьому прибуток на одиницю продукції збільшиться на 1,15%. Одноразові витрати на заходи складають 233530 грн. Вартість основних фондів збільшиться на 0,08 %. Фондовіддача збільшиться на 4,8%. Рентабельність витрат на виробництво зросте на 0,2 %.

Річний економічний ефект від зниження собівартості продукції складе 6953 тис. грн., від збільшення прибутку 33190 тис. грн.

Після розрахунку змін техніко-економічних показників можна зробити висновок про доцільність запропонованих заходів.

						Арк
						97
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.6 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Виробництво, що діє	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
1. Річний обсяг виробництва продукції:				
• у натуральному вигляді	тис. т	620	651	5,0
• у вартісному вигляді	млн. грн	4879,4	5123,37	5,0
2. Ціна одиниці продукції	грн/т	7870	7870	-
3. Річна собівартість виробництва продукції	тис. грн	4354657	4565437	4,8
4. Річний прибуток від виробництва продукції	тис. грн	524743	557933	6,3
5. Собівартість одиниці продукції	грн/т	7023,64	7012,96	-0,17
6. Прибуток на одиницю виробленої продукції	грн/т	846,36	857,04	1,15
7. Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	12,0	12,2	0,2
8. Вартість основних виробничих фондів	тис. грн	287250,0	287483,53	0,08
9. Фондовіддача	грн/грн	17,0	17,82	4,8
10. Чисельність основних робітників	осіб	197	197	-
11. Продуктивність праці основних робітників	т/люд	3147	3305	5,0
12. Одноразові витрати на заходи	тис. грн	-	233,53	-
13. Річний економічний ефект від:				
• зниження собівартості	тис. грн	-	-6953	-
• збільшення прибутку	тис. грн	-	33190	-
14. Термін окупності одноразових витрат	років	-	0,01	-

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблена стадія очищення сирого розсолу в виробництві кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік.

Нове технічне рішення, прийняте за результатами огляду та аналізу патентно-технічної літератури, дасть можливість підвищити швидкість відстоювання шламу розсолоочищення, що дасть можливість одержувати очищений розсіл високої якості.

В дипломному проекті на підставі прийнятого технічного рішення була удосконалена технологічна схема виробництва, виконані розрахунок матеріального балансу стадії очищення сирого розсолу, конструктивний та механічний розрахунок відстійника Дорра, вибране основне та допоміжне технологічне обладнання. Запропонована система автоматизації стадії очищення сирого розсолу забезпечує проведення технологічного процесу згідно технологічного режиму, що забезпечує високу якість продукції, яка відповідає нормам ГОСТу.

Організація охорони праці та техніки безпеки на проектованому виробництві дозволяє забезпечувати безпеку, збереження здоров'я та працездатність робітників в процесі праці.

Впровадження в технологію нового технічного рішення також сприятиме зменшенню об'ємів відходу содового виробництва – дистилерної рідини, що є джерелом хлориду кальцію, який використовується в якості інтенсифікуючої добавки на стадії очищення сирого розсолу.

Охороні навколишнього середовища від відходів виробництва кальцинованої соди приділена значна увага в дипломному проекті.

Техніко-економічні розрахунки підтверджують економічну доцільність впровадження запропонованого нового технічного рішення в діючу технологію виробництва: річний економічний ефект від зниження собівартості продукції складе 6953 тис. грн, від збільшення прибутку – 33190 тис. грн.

					<i>ДП.02.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Волков С.В.</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Ожередова М.А.</i>					99	105
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						