

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 хімічно осадженої крейди потужністю 180 тис. т/рік
з розробкою стадії випалу вапняку**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТНР-19зм

Волков М.В.
(прізвище, та ініціали)

.....
(підпис)

Керівник Золотарьова О.В.
(прізвище та ініціали)

.....
(підпис)

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

.....
(підпис)

Рецензент Римар Т.Е.
(прізвище та ініціали)

.....
(підпис)

Сєверодонецьк - 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 Максим Вадимович

1. Тема проекту :

Виробництво хімічно осадженої крейди потужністю 180 тис. т/рік з розробкою стадії випалу вапняку

Керівник проекту (роботи) Золотарьова Олена В'ячеславівна,
к.пед.н.

(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. Вапняно-випалювальна піч. Вид загальний (1 лист).
 3. Циклон. Вид загальний (1 лист).
 4. Схема КВПіА вапняно-випалювальної печі (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 М.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ Золотарьова О.В. _____
(прізвище та ініціали)

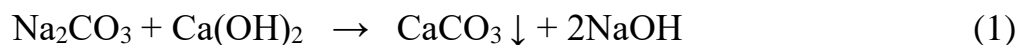
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Аналітичний огляд і патентний пошук

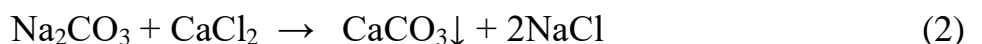
Вперше хімічно осаджена крейда було вироблена в 1898 р. у місті Тірон, штат Пенсільванія (США). Спосіб одержання полягав у регенеруванні продукту з відпрацьованих рідин, що одержували при каустифікації соди в вапняно-содовому процесі. Зростання вимог до якості крейди призвело до створення в 1909 р. в Японії виробництва хімічно осадженої крейди, яку отримували шляхом карбонізації вапняного молока. Широкий випуск якісної хімічно осадженої крейди в Україні почався в 60-х роках ХХ ст. після впровадження в дію ряду нових виробництв.

Сучасне виробництво хімічно осадженої крейди здійснюється за нижче переліченими способами.

1. Взаємодія розчину кальцинованої соди з суспензією гідроксиду кальцію

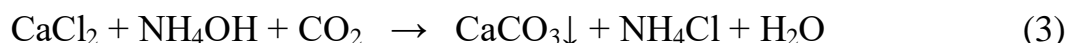


2. Взаємодія розчину кальцинованої соди та хлориду кальцію



Кальцинована сода – дорогий і дефіцитний продукт, тому одержання хімічно осадженої крейди за реакціями (1) і (2) є економічно недоцільним.

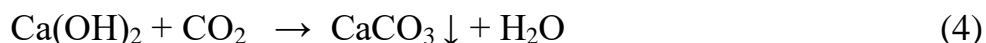
3. Карбонізація розчину хлориду кальцію газом вапняних печей у присутності аміачної води



					<i>ДП.01.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Волков М.В.</i>			<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					10	106
<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>						

Одержання хімічно осадженої крейди обробкою хлориду кальцію аміаком і вуглекислим газом також не має практичного значення, оскільки пов'язане з необхідністю випарювання значної кількості слабких рідин, регенерації аміаку та накопичення скидних вод і шламів.

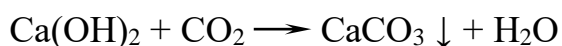
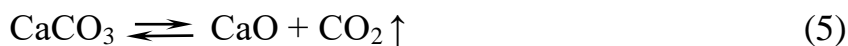
4. Карбонізація суспензії гідроксиду кальцію газом вапняно-випалювальних печей (вапняний спосіб)



Вапняний спосіб виробництва має істотні переваги перед вказаними вище способами: застосування в якості вихідної сировини широко розповсюдженої у природі карбонатної сировини – крейди чи вапняку, а також відсутність рідких стоків, які важко утилізувати [1].

Враховуючи переваги та недоліки існуючих способів одержання хімічно осадженої крейди, наявність сировинної бази та кількість утворюваних відходів, можна зробити висновок, що найбільш економічно вигідним способом виробництва є вапняний спосіб виробництва. Саме цей спосіб виробництва вибирається в дипломному проекті.

Вапняний спосіб виробництва хімічно осадженої крейди полягає в розкладанні карбонатної сировини при температурі 1100-1200°C у вапняно-випалювальних печах з одержанням вапна та вуглекислого газу, одержанні вапняного молока з наступною його карбонізацією газом вапняно-випалювальних печей [1]:



Випал карбонатної сировини може здійснюватися в шахтних, обертових печах і печах киплячого шару. Найбільшого застосування отримали шахтні

										ДП.01.01.ПЗ	Арк
											11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

печі, що пояснюється простотою їх конструкції і експлуатації, низькими капітальними витратами на будівництво, високою ефективністю.

За способом випалу розрізняють шахтні печі пересипні, напівгазові, на газоподібному і рідкому паливі.

Пересипні печі прості за конструкцією і надійні в експлуатації, але мають істотні недоліки: необхідність застосування тільки коротко-полум'яного палива; одержуване вапно вивантажується разом зі шлаком, золою і паливом, що не згоріло, а це значно знижує якість вапна.

Мазут і газоподібне паливо мають ряд переваг перед твердим паливом: їх згорання легко регулюється, їх простіше транспортувати до печей і умови праці легше, ніж при роботі на твердому паливі. Заміна мазуту природним газом економічно вигідна, оскільки останній має нижчу вартість [2].

З огляду на вищевказане для випалу карбонатної сировини обирається шахтна вапняно-випалювальна піч, що працює на газоподібному паливі.

В табл. 1.1 представлений огляд патентної літератури з розроблюваної теми [3 – 12].

Таблиця 1.1 – Огляд патентної літератури

Країни, за якими проведено пошук	Індекси патентної класифікації	Вид використаних джерел	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4
СРСР	C04B 2/02	http://patents.su/?search=947114&type=number	А.с. № 947114 від 30.07.1982 C04B 2/02 Серебряник Г. И., Сулименко В. Г. «Способ получения извести» Мета винаходу – підвищення ефективності процесу. Винахід полягає в зволоженні вапняку льодом, який до нього додається в кількості 1-8% від сухої його ваги перед процесом випалу. Застосування даного способу забезпечує підвищення ступеня випалу на 0,7-12,3%, збільшення виробництва вапна на 3,3-33,9%, зменшення механічних втрат вапняку на 0,3-3,1% у порівнянні з аналогами

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4								
СРСР	С04В 2/02	http://patents.su/?search=1158522&type=number	<p>А.с. №1158522 від 30.05.1985 С04В 2/02 Андреев В. В. , Дмитриевский Б. А. , Мусиенко Л. И. , Семикова С. Г. , Черных А. П. «Шихта получения извести»</p> <p>Мета винаходу – підвищення якості вапна і швидкості його гасіння.</p> <p>Шихта містить в якості мінералізуючої добавки монокальційфосфат, нітрат амонію і нітрат кальцію при наступному співвідношенні компонентів, % мас.:</p> <table> <tr> <td>монокальційфосфат</td> <td>0,1 – 2,0</td> </tr> <tr> <td>нітрат амонію</td> <td>1,0 – 3,0</td> </tr> <tr> <td>нітрат кальцію</td> <td>0,1 – 2,5</td> </tr> <tr> <td>вапняк</td> <td>інше</td> </tr> </table>	монокальційфосфат	0,1 – 2,0	нітрат амонію	1,0 – 3,0	нітрат кальцію	0,1 – 2,5	вапняк	інше
монокальційфосфат	0,1 – 2,0										
нітрат амонію	1,0 – 3,0										
нітрат кальцію	0,1 – 2,5										
вапняк	інше										
СРСР	С04В 2/02	http://patents.su/?search=1301801&type=number	<p>А.с. № 1301801 від 07.04.1987 С04В 2/02 Веселовский В. В., Шемковьяк А. М., Белых О. А. , Бусыгин В. М. , Ятвицкая Р. А. «Шихта для получения извести»</p> <p>Мета винаходу – зниження корозійної активності шихти при збереженні високої реакційної здатності готового продукту.</p> <p>Поставлена мета досягається шляхом додавання до карбонату кальцію мінералізуючої добавки, яка містить фосфат кальцію, нітрат амонію і нітрат кальцію, гідроксид кальцію в кількості 2,5-15,5%(мас.).</p> <p>Використання запропонованої шихти дозволяє попередити корозію технологічного обладнання і тим самим збільшити строки експлуатації і продуктивність установки при одночасному збереженні високої якості готового продукту.</p>								
СРСР	С04В 2/02	http://patents.su/?search=1102780&type=number	<p>А.с. № 1102780 від 15.07.1984 С04В 2/02 Бударина Н. В. , Посторонко А. И. «Способ получения извести»</p> <p>Метою винаходу є підвищення якості продукту та збільшення його виходу.</p> <p>Поставлена мета досягається шляхом зволоження карбонатної сировини зволожуючим водним розчином хлориду кальцію, в який вводиться хлорид натрію при співвідношенні $NaCl : CaCl_2 = 1 : (2-3)$ і сумарній концентрації солей 90-120 г/л.</p>								
СРСР	С04В 2/02	http://patents.su/?search=+1375598+&type=number	<p>А.с. № 1375598 від 15.07.1984 С04В 2/02 А. И. Посторонко «Способ получения извести»</p> <p>Мета винаходу – збільшення виходу цільового продукту.</p>								

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.01.01.ПЗ

Арк

13

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
			<p>Сутність способу полягає в обробці вапняку перед випалом розчином триполіфосфату натрію з кількістю його в розчині 0,01-0,15%(мас.).</p> <p>В результаті вихід продукту I-го сорту збільшується на 14,5%, вміст основної речовини в продукті збільшується до 98,8%мас.%. </p>
Росія	C04B 2/10	https://ru.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=RU&NR=2098369C1&KC=C1&FT=D&ND=3&date=19971210&DB=ru.espacenet.com&locale=ru_RU#	<p>Патент РФ № 2098369 від 10.12.1997 С04В 2/10 Пивкин В.С., Могунов В.В. «Способ получения извести»</p> <p>Мета винаходу – підвищення якості вапна та зниження температури випалу вапняку.</p> <p>Спосіб включає зволоження вапняку сольовим розчином з наступним випалом при температурі 850-900°С. В якості сольового розчину використовується природний розсіл в кількості 0,9-1,6% від маси вапняку.</p>
Україна	C04B 2/02	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=161253	<p>Патент України № 61194 від 11.07.2011 С04В 2/02Посторонко А. І., Гайворонський В.Ф. «Спосіб одержання вапна»</p> <p>Мета винаходу – збільшення виходу активного вапна високої якості.</p> <p>Винахід полягає в зволоженні вапняку 0,2-0,8%-вим розчином поліфосфатів з загальною формулою $M_{n+2}P_nO_{3n+1}$, де $n = 2$ і більше; $M - Na^+, K^+, NH_4^+$.</p> <p>Технічною перевагою запропонованого способу у порівнянні з аналогами є збільшення виходу активного вапна першого сорту з 64,2 кг до 72,4 кг при високій якості продукту.</p>
Україна	C04B 2/02	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=185662&chapter=description	<p>Патент України № 79222 від 10.04.2013 С04В 2/02 Посторонко А. І., Іванов В.С. «Спосіб одержання вапна»</p> <p>Мета винаходу – збільшення виходу активного вапна.</p> <p>Спосіб включає зволоження вапняку, в якості зволожувача використовують 2,0-3,5%-вий розчин бурякоцукрової патоки (меляси).</p>
Україна	C04B 2/02	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=198015&chapter=description	<p>Патент України № 88329 від 11.03.2014 С04В 2/02 Посторонко А. І., Карпенко А. В. «Спосіб одержання вапна»</p> <p>Мета винаходу – збільшення виходу активного вапна.</p> <p>Винахід полягає в обробці вапняку хлорамонієвим розчином виробництва безхлорних калійних добрив.</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.01.01.ПЗ

Арк

14

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
			Технічною перевагою запропонованого способу у порівнянні з аналогами є збільшення виходу активного вапна першого сорту з 64,2 кг до 80,2 кг при високій якості продукту.
Україна	C04B 2/10	http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=245197&chapter=description	Патент України № 123908 від 12.03.2018 C04B 2/10 Золотарьова О.В. «Спосіб одержання вапна» Мета винаходу – збільшення виходу активного вапна. Спосіб включає зволоження вапняку та випал отриманої шихти. Зволоження проводять водним розчином гексаметафосфату натрію в кількості 0,5-0,8 % до маси випаленої речовини.

Патентний пошук показав, що основними напрямками дослідження та удосконалення процесу випалу карбонатної сировини в виробництві хімічно осадженої крейди вапняним способом є: збільшення виходу і підвищення якості одержуваного вапна, підвищення ступеня випалу карбонатної сировини.

1.2 Обґрунтування вибраного способу та місця будівництва об'єкту

Вибір місця будівництва об'єкту здійснюється з точки зору економіко-географічної характеристики регіону, наявності сировинної бази, транспортних зв'язків, виробничих кадрів, споживачів продукції.

Місцем будівництва проектного виробництва хімічного осадженої крейди потужністю 180 тис. т/рік пропонується обрати місто Харків. Розглянемо його з точки зору впливу наведених факторів.

Місто Харків – обласний центр Харківської області, яка є складовою частиною Північно-Східного економічного району. До складу Північно-Східного економічного району також входять Полтавська і Сумська області.

						ДП.01.01.ПЗ	Арк
							15
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Територія району складає 84 тис. км². Загальна чисельність населення району складає 6,1 млн. чоловік, середня щільність населення – 74,3 чол./км².

Основною галуззю у господарському комплексі району є машинобудівне виробництво. Достатньо розвинені нафтогазохімічна промисловість (видобуток і переробка нафти та газу), індустріально-будівельний комплекс, хімічна промисловість, текстильна промисловість (трикотажна, швацька і взуттєва галузі), харчова промисловість (олійна, жирова, кондитерська, м'ясо-молочна, цукрова галузі). В Північно-Східному районі добре розвинуті всі види транспорту: залізничний, автомобільний, трубопровідний і повітряний [13].

Вихідною сировиною в виробництві хімічно осадженої крейди є вапняк або крейда, якими проєктоване виробництво будуть забезпечувати Райгородське, Голосняківське, Секменівське, Шипилівське, Білогорівське родовища, що знаходяться на території Донецько-Придніпровського економічного району.

Для випалу карбонатної сировини та сушки крейдяної пасти в виробництві хімічно осадженої крейди використовується природний газ, який буде надходити з родовищ природного газу, розташованих на території Харківської області – Шебелинське, Хрестинівське, Муратівське, Єфремівське. Саме велике з перелічених родовищ – Шебелинське.

Електроенергією проєктоване виробництво буде забезпечувати найбільша теплова електростанція Північно-Східного району – Зміївська.

Оскільки Харків лежить на вододільному підвищенні й в долині річок (Харків, Лопань, Уди, Немишля), які на території сучасного Харкова сходяться та вливаються до Сіверського Дінця, то проєктоване виробництво буде повністю забезпечене технічною водою. Для господарчо-побутових потреб вода буде відбиратися з міського водопроводу.

						ДП.01.01.ПЗ	Арк
							16
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Споживачами хімічно осадженої крейди стануть наступні галузі народного господарства: виробництво пластмас (Харківський завод пластмас), виробництво лакофарбових матеріалів (Харківський лакофарбовий завод), виробництво паперу (Роганська і Полтавська гофрокартонні фабрики), фармакологія («Фармацевтична компанія «Здоров'я» м. Харків), виноробна промисловість (Харківський завод шампанських вин), виробництво гуми (ВАТ «Дніпрошина») та ін.

Висококваліфіковані кадри хіміків-технологів готують Українська інженерно-педагогічна академія, Харківський національний технічний університет „ХПІ”, Сумський державний університет. Робочі кадри для проектного виробництва будуть набиратися з випускників Сумського машинобудівного коледжу, Шосткінського хіміко-технологічного коледжу та професійних ліцеїв міста та області.

Місто Харків і Харківська область мають розгалужену мережу залізничних і автомобільних доріг, які зв'язують міста області, а також забезпечують добре сполучення з іншими економічними районами, що забезпечить доставку сировини та готової продукції споживачу.

Забезпеченість проектного виробництва хімічно осадженої крейди сировиною, трудовими, водними й паливно-енергетичними ресурсами, споживачами, розвиненою мережею залізничних і автомобільних доріг підтверджує правильність вибору місця будівництва з економічної точки зору.

1.3 Характеристика сировини та готової продукції

В якості карбонатної сировини для виробництва хімічно осадженої крейди використовується вапняк або крейда. Карбонатна сировина, що поступає на виробництво, має наступний склад, %мас.:

					ДП.01.01.ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

	Вапняк	Крейда
CaCO ₃	92-96	85-86
MgCO ₃	2	0,6-1,0
SiO ₂ і нерозчинний осад	0,5-3,5	1,2-2,0
CaSO ₄	0,3-0,5	0,1-0,3
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,3-0,6	0,2-0,4
Волога	до 0,5	12,0-13,0

Вапняк представляє собою тверду породу з щільністю 2,4-2,9 г/см³, крейда – м'яку пористу породу з щільністю 1,8-2,0 г/см³ [14].

Якість природного газу, що застосовується для випалу карбонатної сировини та сушки крейдяної пасти, регламентується ГОСТом 5542-87 (табл. 1.2) [15].

Таблиця 1.2 – ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия

Найменування показника	Норма
1. Теплота згорання нижча, МДж/м ³ (ккал/м ³), при 20°С 101,325 кПа, не менше	31,8 (7600)
2. Область значень числа Воббе (вищого), МДж/м ³ (ккал/м ³)	41,2-54,5 (9850-13000)
3. Допустиме відхилення числа Воббе від номінального значення, %, не більше	+ -5
4. Масова концентрація сірководню, г/м ³ , не більше	0,02
5. Масова концентрація меркаптанової сірки, г/м ³ , не більше	0,036
6. Об'ємна частка кисню, %, не більше	1,0
7. Маса механічних домішок в 1 м ³ , не більше	0,001
8. Інтенсивність запаху газу при об'ємній частці 1% в повітрі, бал, не менше	3

У виробництві хімічно осадженої крейди вимоги до води визначаються умовами її застосування. Вода, яка використовується для охолодження газів вапняних печей, балкових пальників вапняних печей не повинна містити зважених домішок і повинна мати мінімальну тимчасову жорсткість з метою

запобігання відкладень карбонатів кальцію і магнію на поверхнях апаратів. Температура води не повинна бути вище 28°C. Для гасіння вапна і для очищення газу сушарок необхідно застосовувати воду з мінімальним вмістом солей, які обумовлюють постійну жорсткість, оскільки вони забруднюють готовий продукт. Для живлення парових котлів потрібна вода, яка не містить ні тимчасової, ні постійної жорсткості, а також розчинених газів. Очищення води здійснюється на спеціальних установках.

Хімічно осаждена крейда (карбонат кальцію) CaCO_3 представляє собою білий кристалічний порошок. Молекулярна маса – 100,09 г/моль. У воді майже не розчиняється; при нагріванні розкладається на CaO і CO_2 ; реагує з кислотами з виділенням діоксиду вуглецю. Безводний карбонат кальцію існує в вигляді трьох модифікацій, з яких: кальцит є термодинамічно стабільною, а арагоніт і ватерит – нестійкими фазами.

Кальцит – це стійкий за звичайних умов різновид карбонату кальцію. Кристали кальциту мають форму ромбоєдрів із гексагональною решіткою, щільність 2,710 г/см³ (20°C).

Арагоніт ($\lambda\text{-CaCO}_3$) – представляє собою термодинамічно нестійку за звичайних умов модифікацію карбонату кальцію. Кристали арагоніту мають голчасту форму з ромбічною решіткою, щільність 2,947 г/см³ (25°C). За умов підвищених температур арагоніт достатньо швидко перетворюється у кальцит.

Ватерит ($\mu\text{-CaCO}_3$) – найменш стійка форма карбонату кальцію. Утворює кристали з гексагональною решіткою, щільність 2,540 г/см³ (20°C). З розчинів ватерит випадає у вигляді сферолітів, які не мають правильного ограновування. Поступово зі швидкістю, яка підвищується із зростанням температури, ватерит перетворюється в арагоніт, а деколи в кальцит. Особливо швидко це відбувається у водних суспензіях у присутності деяких речовин: характерних кислот або іонів хлору. Крім відзначених вище безводних модифікацій, вуглекислий кальцій може утворювати ряд кристалогідратів, які містять 1, 2, 3, 5 і 6 молекул води. Кристалогідрати

					ДП.01.01.ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

вуглекислому кальцію осаджуються з розчинів при температурах 1-3°C, тому за звичайних технологічних умов виробництва утворення їх не можливе [1].

Хімічно осаджена крейда повинна бути виготовлена відповідно до вимог ГОСТу 8253-79. Фізико-хімічними показниками хімічно осадженої крейди наведені в табл. 1.3 [16].

Таблиця 1.3 – ГОСТ 8253-79. Мел химически осажденный. Технические условия

Найменування показника	Норма	
	I сорт	II сорт
1. Білизна, %, не менше	93	не нормується
2. Масова частка карбонатів кальцію і магнію у перерахуванні на CaCO ₃ , %, не менше	98,5	97,0
3. Масова частка вільного луку в перерахуванні на CaO, %, не більше	0,03	0,05
4. Масова частка речовин, не розчинних у соляній кислоті, %, не більше в тому числі піску, %, не більше	0,1 0,014	0,3 не нормується
5. Масова частка полуторних оксидів заліза і алюмінію, %, не більше в тому числі заліза в перерахуванні на Fe ₂ O ₃ , %, не більше	0,4 0,1	0,7 0,3
6. Масова частка марганцю, %, не більше	0,01	не нормується
7. Масова частка міді, %, не більше	0,0005	не нормується
8. Масова частка вологи, %, не більше	0,5	1,5
9. Залишок після просівання на ситі з сіткою № 0045К за ГОСТ 6613-86, (% мас.), не більше	0,4	1,0
10. Насипна щільність, г/см ³ , не більше	0,25	0,4

Хімічно осаджену крейду упаковують у чотиришарові паперові мішки марки НМ, чотиришарові бітумовані мішки марки БМ або чотиришарові ламіновані мішки марки ПМ. Упакований в мішки готовий продукт транспортером або навантажувачем доставляється на склад готової продукції. Мішки з хімічно осадженою крейдою складаються на піддони, які

штабелюються в два яруси. Відвантаження готового продукту здійснюється піддонами в криті залізничні вагони за допомогою навантажувачів.

Хімічно осаджена крейди зберігається в відкритих складських приміщеннях. Термін зберігання продукту – 12 місяців [17].

1.4 Фізико-хімічні основи виробництва

Основним компонентом природного газу, що використовується в якості палива, є метан. Метан в порівнянні з іншими вуглеводнями порівняно важко окисляється і піддається розкладанню при відносно високих температурах – вище 500°C. Такі температури характерні для шахтних печей, що вказує на наявні сприятливі умови для протікання термічної дисоціації. В інтервалі температур 500-1200°C рівноважний стан реакції розкладання метану $\text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{C} + 2\text{H}_2$ характеризується наступними даними:

t, °C	500	600	700	800	900	1000	1200
-------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Склад сумішей, %(об.):

CH ₄	53,4	29,9	14,5	6,8	3,4	1,8	0,6
H ₂	46,6	70,1	85,5	93,2	96,6	98,2	99,4

При випалі газоподібного палива розрізняють кінетичний і дифузійний режим згоряння. В першому випадку спалювання палива характеризується наявністю однорідної газоповітряної суміші, що вводиться в топковий простір. Згоряння протікає в однорідному середовищі, при постійному надлишку повітря, з постійною продуктивністю за теплом. При недостатній кількості кисню в гарячій суміші згоряння відбувається до повної його витрати, а паливо, що залишається і знаходиться в суміші з продуктами згоряння, догоряє вже за рахунок дифузійного підведення кисню. При кінетичному режимі згоряння забезпечується повнота спалювання газу при мінімальному надлишку повітря.

Специфікою випалювальних печей є необхідність охолодження одержуваного продукту. Тому повітря повністю або частково повинно

									Арк
									21
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

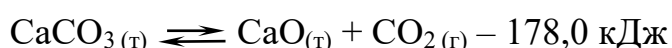
ДП.01.01.ПЗ

подаватися в піч через зону охолодження, що визначає дифузійний режим згоряння, протікаючий в міжкускових порах. Кусковий шар може впливати на процес згоряння. З одного боку, компактний шар перешкоджає повному і швидкому перемішуванню газів і цим різко сповільнює згоряння, з іншого боку – наявність розпеченої насадки може сприяти зародженню активних центрів, які прискорюють протікання основної реакції. І все ж таки швидкість всього процесу лімітується утворенням суміші.

Труднощі утворення газоповітряної суміші в шарі кускового матеріалу приводять до того, що вуглеводні, які рухаються через нагрітий кусковий шар, піддаються термічній дисоціації з утворенням елементарного вуглецю. Елементарний вуглець, який виділяється у вигляді сажі, дуже важко випалити в шахтній печі. Вплив його на процес не обмежується тільки збільшенням витрати палива на випал вапна. Внаслідок неповного згоряння вуглецю в стиках і тріщинах відкладається сажа, яка руйнує футерівку, різко скорочуючи строк її служби.

В процесі згоряння метану утворюються проміжні продукти реакції: формальдегід, оксид вуглецю, пероксидні сполуки, деякі радикали [18].

Розкладання вуглекислого кальцію, який міститься в карбонатній сировині, протікає за оборотною ендотермічною реакцією:



Для зсуву рівноваги цієї реакції в потрібному напрямку – праворуч і її безперервного протікання повинно бути забезпечене постійне підведення тепла протягом всього процесу.

Залежність рівноважного тиску діоксиду вуглецю від температури наведена на рис. 1.1, з якого видно, що тиск CO_2 дуже незначно підвищується при підвищенні температури до 600-700°C, далі він поступово збільшується і при 898°C досягає атмосферного тиску. З подальшим підвищенням температури тиск CO_2 ще більш зростає.

										ДП.01.01.ПЗ	Арк
											22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

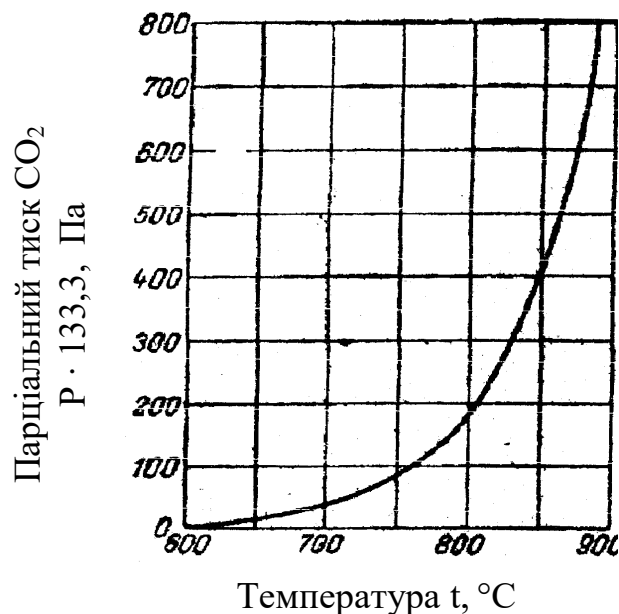


Рисунок 1.1 – Тиск CO₂ над вуглекислим кальцієм при різних температурах

В умовах роботи вапняно-випалювальних печей максимальний парціальний тиск CO₂ у пічному газі становить 0,04 МПа. Рівноважний тиск CO₂ досягає цієї величини при температурі близько 880°C. Ця температура відповідає початку розкладання CaCO₃. Однак для досягнення необхідної інтенсивності процесу і високого ступеня дисоціації CaCO₃ температура випалу вапна в промислових печах підтримується в межах 1100-1200°C.

Розкладання CaCO₃ відбувається від поверхні вглиб куска. Межу розділу між розкладеною і нерозкладеною частинами куска можна розрізнити за зовнішнім виглядом. За швидкістю проникнення межі розділу вглиб можна судити про швидкість розкладання.

Головний фактор, від якого залежить швидкість розкладання, – температура навколишнього середовища. Як видно із графіка відповідно до рис. 1.2, з підвищенням температури швидкість розкладання CaCO₃ різко зростає.

Тривалість повного випалу куска також буде залежати від розміру куска. Ця залежність показана на рис. 1.3.

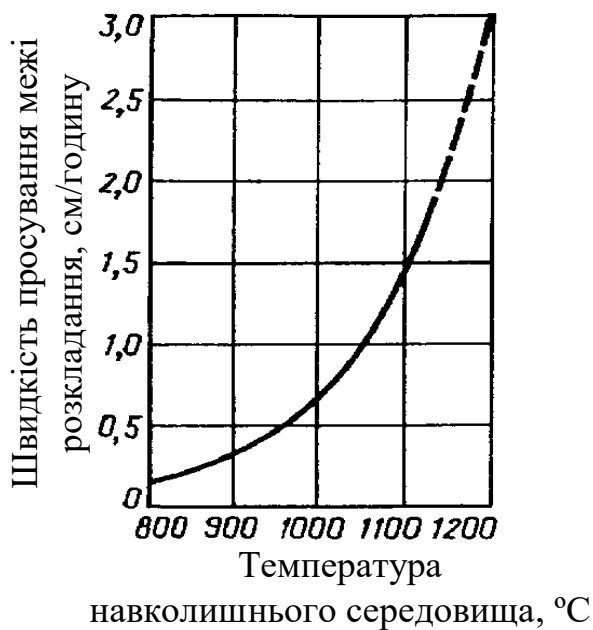


Рисунок 1.2 – Швидкість просування межі розкладання CaCO_3 в залежності від температури навколишнього середовища

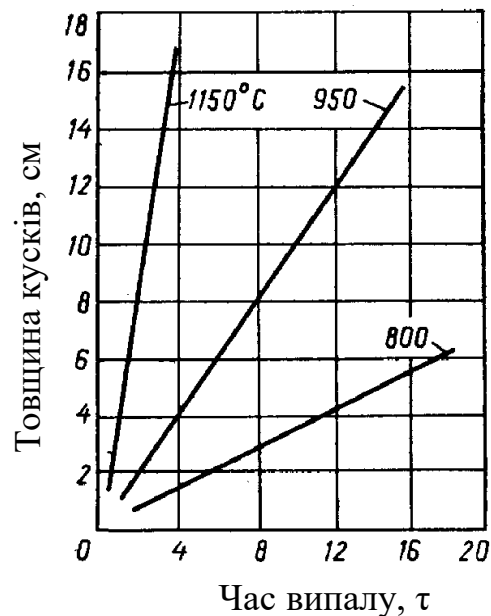


Рисунок 1.3 – Час випалу карбонатної сировини в залежності від товщини кусків

Тривалість випалу залежить і від швидкості підведення тепла до випалюваного матеріалу, тобто швидкості згоряння палива, від умов перемішування продуктів згоряння, від поверхні їх контакту з випалюваним матеріалом. Збільшення швидкості руху газового потоку в печі прискорює випал, оскільки при цьому поліпшується перемішування продуктів згоряння, а отже, і теплопередача.

При випалі карбонатної сировини поряд з хімічними реакціями розкладання карбонату кальцію протікає ряд побічних реакцій. Ці побічні реакції знижують ефективність випалу, оскільки деяка частина одержуваного вапна зв'язується в сполуки, які не можуть бути використані на стадії гасіння.

Кремнезем SiO_2 знаходиться в карбонатній сировині в вигляді окремих включень або рівномірно розподілений по всій масі. Кремнезем міститься також і у футерувальному матеріалі. В реакцію із CaO він вступає в твердому стані вже при 700-800°C. Реакція взаємодії протікає тим швидше і повніше,

чим вища температура в зоні випалу. В результаті взаємодії оксиду кальцію із кремнеземом утворюються наступні сполуки: $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – метасилікат кальцію ($t_{\text{пл}} = 1540^\circ\text{C}$); $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ – півтора- кальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 1475^\circ\text{C}$); $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – двокальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 2130^\circ\text{C}$); $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – трикальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 1900^\circ\text{C}$).

При взаємодії оксиду кальцію з оксидами заліза і алюмінію також утворюються побічні продукти. При взаємодії CaO з оксидом заліза можуть утворитися ферити: однокальцієвий $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1225^\circ\text{C}$) і двокальцієвий $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1300^\circ\text{C}$). Утворення феритів протікає вже при $800\text{-}900^\circ\text{C}$. Ферити кальцію, відрізняючись легкоплавкістю, сприяють зниженню температури плавлення інших сполук. Великий вплив чинить оксид заліза і на стійкість футерівки печі, яка при високих температурах в присутності оксиду заліза знижується.

Оксид алюмінію вступає в реакцію з оксидом кальцію в інтервалі температур $600\text{-}900^\circ\text{C}$. Реакція утворення алюмінатів протікає з великою швидкістю при 1000°C , причому спочатку утворюється моноалюмінат кальцію $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. У процесі подальшого підвищення температури сполука насичується оксидом кальцію, при цьому утворюється трикальцієвий алюмінат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. Ця сполука покриває зерна оксиду кальцію нереакційноздатною плівкою, перетворюючи активне вапно в неактивне.

У карбонатній сировині завжди присутня невелика кількість сульфату кальцію. Основний вплив домішки сульфату кальцію на процес випалу вапна полягає в зниженні температури утворення рідкої фази. Наявність домішки сульфату кальцію впливає також і на процес гідратації вапна, сильно сповільнюючи її.

При дисоціації карбонату кальцію відбувається розкладання і карбонату магнію. Температура розкладання MgCO_3 складає $402\text{-}756^\circ\text{C}$. Оскільки випал CaCO_3 відбувається при значно більш високих температурах, ніж випал MgCO_3 , то отриманий MgO втрачає в значній мірі свою активність при

										Арк
										25
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

нагріванні до температури розкладання CaCO_3 . Оксид магнію здатний розчинятися в розплаві інших сполук, що утворюються в вапняно-випалювальній печі, знижуючи при цьому температуру утворення рідкої фази. З цієї причини MgO сприяє руйнуванню шамотної футерівки печі. Таким чином, MgCO_3 в карбонатній сировині слід розглядати як шкідливий баласт [14].

					ДП.01.01.ПЗ	Арк
						26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Нові технічні рішення, прийняті в проекті

Удосконалення стадії випалу вапняку з метою підвищення економічної ефективності виробництва в порівнянні з діючими є основною задачею, що буде вирішуватися в даному дипломному проекті. Одним із показників ефективності проведення процесу випалу є ступінь випалу карбонатної сировини. Саме підвищення ступеня випалу є задачею, на вирішення якої буде направлено нове технічне рішення.

Новим технічним рішенням пропонується вапняк – перед подачею в вапняно-випалювальну піч зволожувати розчином хлоридної кислоти в кількості 0,9%мас. від маси вапняку.

Зволоження вапняку розчином хлоридної кислоти дозволяє підвищити його поверхневу активність. Це обумовлюється тим, що кислота очищає поверхню вапняку від адсорбованих речовин і утворює на ній хлорид кальцію, який в зоні сушки кристалізується на поверхні вапняку, зменшуючи її пористість. Обумовлене цим підвищення теплопровідності кусків приводить до збільшення швидкості дисоціації вапняку, а отже і до підвищення ступеня випалу вапняку.

2.2 Опис технологічної схеми

Опис технологічної схеми виробництва хімічно осадженої крейди вапняним способом представлений нижче.

Вапняк зі складу вивантажується до бункера (поз. 1). З бункера вапняк віброживильником (поз. 2) подається на грохот (поз. 3), де відділяється фракція розміром менше 40 мм і відбувається очищення вапняку від піску,

					<i>ДП.01.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Волков М.В.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					27	106
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля</i>		
<i>Н.Контроль</i>						<i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

глини та інших забруднень з малими розмірами часток. Виділена дрібна фракція вапняку направляється в бункер відходів (поз. 4), а очищений вапняк – велика фракція з розмірами кусків 40÷120 мм – транспортується в бункер стандартного вапняку (поз. 6). Стандартний вапняк завантажується в змішувальний барабан (поз. 8), в якому він зволожується розчином хлоридної кислоти. Скіповий підйомник (поз. 9) завантажує оброблений вапняк у вапняно-випалювальну піч (поз. 10). В якості палива використовується природний газ. Температура випалу складає 1100-1200°C. В процесі випалу вапняк розкладається з утворенням вапна та вуглекислого газу.

Вуглекислий газ і продукти випалу палива, які відсмоктуються димососом (поз. 11), проходять через сухий (поз. 12) і мокрий (поз. 15) уловлювачі, в яких вони очищаються від пилу, та ресивер (поз. 17), в якому відбувається їх осушіння. Далі вони направляються на стадію карбонізації.

Вапно з температурою 60°C вивантажується з печі та подається пластинчастим конвеєром (поз. 18), ковшовим конвеєром (поз. 19) до бункера вапна (поз. 20), звідки віброживильником (поз. 21) направляється в гасильник (поз. 22). До гасильника також подається вода та слабке вапняне молоко. Вода, що застосовується для гасіння, підігрівається до 80°C в збірнику конденсату (поз. 40) відпрацьованою парою після парових валків петльової сушарки (поз. 39). В гасильнику відбувається гасіння вапна з утворенням вапняного молока. Температура отриманого молока складає 95°C.

Вапняне молоко разом з домішками поступає в сортувальний барабан для крупного недопалу, який є продовженням гасильника та обертається разом з ним. Крупні куски недопалу розміром більше 40 мм передаються в вапняно-випалювальні печі для повторного випалу. Вапняне молоко, проходячи через отвори в барабані, поступає на вібросито (поз. 25), де очищається від дрібних твердих часток розміром більше 2 мм. Потім вапняне молоко відцентровим насосом подається на гідроциклони (поз. 27) для тонкого очищення від домішок. Чисте концентроване вапняне молоко відкачується в карбонізаційну

						Арк
						28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

колону (поз. 33). В разі потреби вапняне молоко відкачується на гідроциклони (поз. 29) для повторного його очищення від домішок. Слабке вапняне молоко, що виходить із гасильника, очищається в гідроциклоні (поз. 24) і знову подається на гасіння вапна.

Шлам після гідроциклонів (поз. 24, 27, 29) направляється в мішалку шламу (поз. 30), потім в шламонакопичувач (поз. 32), звідки освітлена фаза знову відцентровим насосом подається в мішалку слабого вапняного молока (поз. 23). Вапняна маса з шламонакопичувача відправляється на подальшу переробку на меліорант або будівельне вапно.

Карбонізація вапняного молока – двостадійний процес, що здійснюється в карбонізаційній колоні (поз. 33) і карбонізаторі (поз. 34) для одержання більш якісного продукту. Карбонізаційна колонна наповнюється вапняним молоком, а потім до неї подається вуглекислий газ. В карбонізатор (поз. 34) вапняне молоко подається після карбонізаційної колони. В карбонізаторі відбувається процес докарбонізації вапняного молока, його гріють парою та карбонізують. Після проведення карбонізації крейдяну суспензію підігрівають до 90°C, потім пару закривають і додають до суспензії розчин 0,5-1,0 М фосфорної кислоти для нейтралізації залишкової лужності. Після подачі кислоти протягом 20 хв. проходить процес докарбонізації. Температура крейдяного молока, яке надходить на станцію фільтрації, не вище 90°C.

Отримане крейдяне молоко насосами подається в мішалку (поз. 35), звідки самопливом надходить на вібросито (поз. 36), яке служить для очищення крейдяного молока від піску. Після вібросит крейдяна суспензія надходить самопливом на корито барабанних вакуум-фільтрів (поз. 37). Після вакуум-фільтрів фільтрат надходить в сепаратор, де відбувається відділення повітря від рідини, щоб уникнути влучення її у вакуум-насос. Із сепараторів фільтрат відкачується в збірник фільтрату (поз. 38). Осад, який утворюється на фільтруючій тканині, підсушується продувкою повітрям. Утворена крейдяна паста з вмістом вологи 35-60%(мас.) і температурою 30-40°C віддувається від

									Арк
									29
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

фільтруючої тканини стисненим повітрям і направляється в петльову сушарку (поз. 39). В якості сушильного агенту в петльовій сушарці використовуються продукти згоряння природного газу.

Висушена хімічно осаджена крейда з кінцевою вологістю 1%мас. і температурою 90°C виводиться з сушарки шнеком на дезінтегратор (поз. 43) для подрібнення. Далі подрібнена хімічно осаджена крейда шнеком (поз. 44) і елеватором (поз. 45) подається на сито-бурат (поз. 47) для просіювання. Готовий продукт затаровується в мішки та направляється на склад готової продукції [1].

2.3 Матеріальні розрахунки

2.3.1 Матеріальний баланс стадії випалу вапняку

Вихідні дані для матеріальних розрахунків [18]:

1. Хімічний склад вапняку, %мас.:

CaCO ₃	96
MgCO ₃	2
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,6
SiO ₂ + речовини, не розчинні в HCl	1,0
H ₂ O	0,4

2. Ступінь випалу CaCO ₃ , %	95
3. Ступінь випалу MgCO ₃ , %	100
4. Температура вапна, °C	60
5. Температура відхідних газів, °C	270
6. Паливо – природний газ, %об.:	
CH ₄	89,9
C ₂ H ₆	3,1
C ₃ H ₈	0,9
C ₄ H ₁₀	0,4

CO ₂	0,3
N ₂	5,2
7. Коефіцієнт надлишку повітря, α	1,16

1) Згоряння палива.

Витрата кисню на згоряння сухого газу розраховується за формулою [18]:

$$V_{O_2} = 0,01(2 \text{ CH}_4 + 3,5\text{C}_2\text{H}_6 + 5\text{C}_3\text{H}_8 + 6,5\text{C}_4\text{H}_{10}) \quad (7)$$

$$V_{O_2} = 0,01(2 \cdot 89,9 + 3,5 \cdot 3,1 + 5 \cdot 0,9 + 6,5 \cdot 0,4) = 1,976 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad \text{або} \quad \frac{1,76 \cdot 32}{22,4} = 2,82 \text{ êã.}$$

Витрата сухого повітря визначається з виразу [18]:

$$V_{\text{пов.}} = 4,76 \cdot \alpha \cdot V_{O_2} \quad (8)$$

$$V_{\text{пов.}} = 1,16 \cdot 4,76 \cdot 1,976 = 10,911 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{N_2} = 10,911 - 1,976 = 8,935 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad \text{або} \quad \frac{8,935 \cdot 28}{22,4} = 11,17 \text{ êã.}$$

Маса повітря дорівнює

$$2,82 + 11,17 = 13,99 \text{ кг.}$$

З 13,99 кг сухого повітря надходить вологи в наступній кількості:

$$13,99 \cdot 0,00872 = 0,12 \text{ кг}$$

Об'єми складових продуктів згоряння визначаються за формулами [18]:

$$V_{\text{NO}_2} = 0,01(\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10}) \quad (9)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(\text{H}_2\text{O} + 2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10}) \quad (10)$$

$$V_{N_2} = 0,01N_2 + 3,76 \cdot \alpha \cdot V_{O_2} \quad (11)$$

$$V_{\text{іаã. O}_2} = (\alpha - 1) \cdot V_{O_2} \quad (12)$$

$$V_{\text{NO}_2} = 0,01(0,3 + 89,9 + 2 \cdot 3,1 + 2 \cdot 0,9 + 4 \cdot 0,4) = 1,005 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad \text{або}$$

						Арк
						31
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$\frac{1,005 \cdot 44}{22,4} = 1,97 \text{ êã.}$$

$$V_{i_2i} = 0,01(1,9 + 179,8 + 3 \cdot 3,1 + 42 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,4) = 1,966 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ або}$$

$$\frac{1,966 \cdot 18}{22,4} = 1,58 \text{ êã.}$$

$$V_{N_2} = 0,01 \cdot 5,2 + 3,76 \cdot 1,2 \cdot 1,976 = 8,935 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ або}$$

$$\frac{8,935 \cdot 28}{22,4} = 11,17 \text{ êã.}$$

$$V_{\text{гáã. O}_2} = (1,16 - 1) \cdot 1,976 = 0,316 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ або } \frac{0,316 \cdot 32}{22,4} = 0,45 \text{ êã.}$$

Загальний об'єм продуктів згоряння палива:

$$V_{\alpha} = 1,005 + 1,966 + 8,935 + 0,316 = 12,222 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Об'єм сухих продуктів згоряння палива: $10,256 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Склад продуктів згоряння:

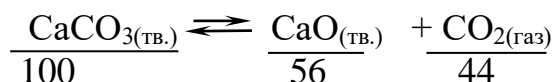
$$\text{CO}_2 \quad \frac{1,005 \cdot 100}{10,256} = 9,8\% \text{ íã.};$$

$$\text{O}_2 \quad \frac{0,316 \cdot 100}{10,256} = 3,1\% \text{ íã.};$$

$$\text{N}_2 \quad \frac{8,935 \cdot 100}{10,256} = 87,1\% \text{ íã.}$$

2) Випал вапняку (розрахунок виконується на 1000 кг вапняку).

Розкладання карбонату кальцію протікає за реакцією:



При випалі розкладається CaCO_3 :

$$960 \cdot 0,95 = 912 \text{ кг.}$$

Залишок CaCO_3 , що не розклався

						Арк
						32
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

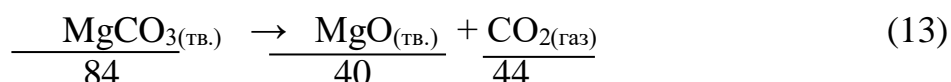
$$960 - 912 = 48 \text{ кг.}$$

За реакцією розкладання CaCO_3 утворюється

$$\text{CaO} = \frac{912 \cdot 56}{100} = 511,2 \text{ кг};$$

$$\text{CO}_2 = \frac{912 \cdot 44}{100} = 401,28 \text{ кг.}$$

Розкладання карбонату магнію протікає за реакцією:



При 100 %-вій дисоціації MgCO_3 утворюється

$$\text{MgO} = \frac{20 \cdot 40}{84} = 9,52 \text{ кг};$$

$$\text{CO}_2 = \frac{20 \cdot 44}{84} = 10,48 \text{ кг.}$$

Всього утворюється CO_2 від розкладання вапняку

$$401 + 10,5 = 411,5 \text{ кг.}$$

При випалі 1000 кг вапняку одержують вапно наступного складу:

CaO	511 кг	87,4 %мас.;
MgO	10 кг	1,7%мас.;
CaCO ₃	48 кг	8,2 %мас.;
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	6,0 кг	1,0%мас.;
речовини, нерозчинні в HCl	10,0 кг	1,7%мас.
<hr/>		
Разом	585 кг	100 %мас.

З відхідним газом уноситься у вигляді пилу 1% вапна:

$$585 \cdot 0,01 \approx 5,9 \text{ кг.}$$

З 1000 кг вапняку одержують стандартного 85%-вого вапна

						Арк
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$\frac{584,5 \cdot 87,4}{85} = 601 \text{ êã.}$$

2.4 Теплові розрахунки

2.4.1 Тепловий баланс стадії випалу вапняку

На підставі наведених вище матеріальних розрахунків процесу згоряння природного газу та випалу вапняку складається тепловий баланс вапняно-випалювальної печі. Позначимо через x (в кг) кількість природного газу, необхідного для випалу 1000 кг вапняку.

Тоді склад відхідного газу буде наступним, кг:

CO ₂	401,5 + 1,97x
O ₂	0,45x
N ₂	11,17x
H ₂ O	4 + 1,58x

Розрахунок теплового балансу.

Вихідні дані для теплових розрахунків [18]:

1. температура вапна, °C	60
2. температура відхідних газів, °C	270
3. теплотворна здатність палива, кДж/кг	35498

Прихід тепла

1. З фізичним теплом вапняку

$$Q_1 = (1000 - 4) \cdot 0,92 \cdot 15 = 13745 \text{ кДж,}$$

де 1000 – витрата вапняку, кг;

4 – кількість вологи в вапняку, кг;

0,92 – теплоємність вапняку, кДж/(кг · °C);

15 – температура вапняку, °C;

									Арк
									34
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

2. Теплота згоряння природного газу

$$Q_3 = 35498 \cdot x \text{ кДж},$$

де 35498 – тепловодна здатність палива, кДж/кг.

3. З фізичним теплом природного газу

$$Q_2 = x \cdot 0,84 \cdot 15 = 12,6 \cdot x \text{ кДж}.$$

де x – витрата газу, кг;

0,84 – теплоємність природного газу, кДж/(кг · °С);

15 – температура природного газу, °С.

4. З фізичним теплом повітря

$$Q_4 = 13,99 \cdot x \cdot 38,08 = 533 \cdot x \text{ кДж},$$

де 13,99 – кількість сухого повітря, що подається на випал, м³;

38,08 – ентальпія повітря, кДж/кг сухого повітря.

5. Теплота гасіння вапна вологою повітря



$$Q_5 = \frac{109 \cdot 0,12\delta \cdot 1000}{18} = 727\delta.$$

Разом прихід тепла: $(13745 + 36771 \cdot x)$ кДж.

Витрата тепла

1. З вапном, що вивантажується з печі

$$Q_6 = 579,4 \cdot 0,795 \cdot 60 = 27623 \text{ кДж},$$

де 579,1 – кількість утвореного вапна, кг;

60 – температура вапна, °С;

0,795 – теплоємність вапна, Дж/(кг · °С).

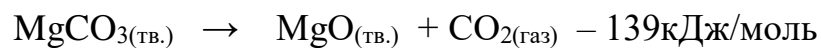
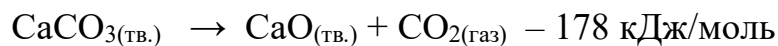
									Арк
									35
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

2. З відхідним газом

$$Q_7 = [(401,5 + 1,97x) \cdot 0,892 + 0,45x \cdot 0,932 + 11,17x \cdot 1,044] \cdot 270 + \\ + (4 + 1,58x) \cdot 3017 = (108728 + 8520x) \text{ кДж},$$

де 0,892; 0,932; 1,044 – теплоємність CO₂, O₂, N₂ відповідно, кДж/(кг · °С);
3017 – ентальпія водяної пари при t = 270°С і p = 0,1 · 10⁵ Па, кДж/кг.

3. Теплота розкладання вапняку згідно наведених реакцій



$$Q_8 = \frac{178 \cdot 912 \cdot 1000}{100} = 1623360 \text{ кДж}.$$

$$Q_9 = \frac{101,5 \cdot 20 \cdot 1000}{84} = 24167 \text{ кДж}.$$

4. З вапном у вигляді пилу

$$Q_{10} = 5,9 \cdot 0,795 \cdot 60 = 282 \text{ кДж},$$

5. Втрати тепла в навколишнє середовище приймаються 8 % від приходу

$$Q_{11} = (13745 + 36771 \cdot x) \cdot 0,08 = (1100 + 2942 \cdot x) \text{ кДж}.$$

Разом витрата тепла: (1785236 + 11462 · x) кДж.

Оскільки прихід дорівнює витраті, вирішуємо рівняння відносно x.
Визначаємо витрату природного газу на розкладання 1 т вапняку:

$$13745 + 36771 \cdot x = 1785236 + 11462 \cdot x, \text{ звідки } x = 70 \text{ кг}.$$

Отримане розрахункове значення x використовується для складання таблиць матеріального та теплового балансу стадії випалу вапняку.

									Арк
									36
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс стадії випалу вапняку (на 1 т вапняку)

Прихід			Витрата		
Статті	Розрахунок	кг	Статті	Розрахунок	кг
1. Вапняк:			1. Вапно:		
CaCO ₃		960	CaO		505,86
MgCO ₃		20	MgO		9,9
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃		6	CaCO ₃		47,5
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl		10	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃		5,94
H ₂ O		4	SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl		9,9
Разом:		1000	Разом:		579,1
2. Природний газ – CH ₄		70	2. Відхідний газ:		
3. Повітря:			CO ₂	401,5 + 1,97 · 70	540
O ₂	2,82 · 70	198	O ₂	0,45 · 70	32
N ₂	11,17 · 70	782	N ₂	11,17 · 70	785
H ₂ O	0,12 · 70	9	H ₂ O	4 + 1,58 · 70	117
Разом:		989	Разом:		1474
			3. Вапно у вигляді пилу з відхідним газом		5,9
РАЗОМ:		2059	РАЗОМ:		2059

Склад відхідного газу наступний:

$$\text{CO}_2 \quad \frac{540}{1,977} = 273 \text{ м}^3;$$

$$\text{O}_2 \quad \frac{32}{1,429} = 22 \text{ м}^3;$$

$$\text{N}_2 \quad \frac{785}{1,257} = 625 \text{ м}^3;$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad \frac{117}{0,804} = 146 \text{ м}^3;$$

де 1,977; 1,429; 1,257; 0,804 – густина CO₂, O₂, N₂, H₂O відповідно, кг/м³.

При перерахунку на сухий газ:

$$\text{CO}_2 \quad \frac{540}{1,977} = 273 \text{ м}^3 \text{ ààî } 30\% \text{ à.};$$

$$\text{O}_2 \quad \frac{32}{1,429} = 22 \text{ м}^3 \text{ ààî } 2,7\% \text{ à.};$$

$$N_2 \quad \frac{785}{1,257} = 625 \text{ м}^3 \text{ àáî } 67,3\% \text{â.}$$

Разом: 920 м³ 100%об.

Таблиця 2.2 – Тепловий баланс стадії випалу вапняку (на 1 т вапняку)

Прихід	кДж	Витрата	кДж
З фізичним теплом вапняку	13745	З вапном	27623
Теплота згоряння природного газу	2484860	З відхідним газом	705218
З фізичним теплом природного газу	882	Теплота розкладання CaCO ₃ MgCO ₃	1623360 24167
З фізичним теплом повітря	37292	З вапном у вигляді пилу	282
Теплота гасіння вапна вологою повітря	50890	Втрати в навколишнє середовище	207021
РАЗОМ:	2587669	РАЗОМ:	2587669

Годинна потужність виробництва

$$\frac{180000 \cdot 1000}{345 \cdot 24} = 21739 \text{ т/рік} ,$$

де 180000 – задана потужність виробництва, т/рік;

345 – ефективний фонд роботи виробництва, доба.

Коефіцієнт перерахунку кількісних величин матеріального балансу, складеного на 1000 кг вапняку, на годинну потужність дорівнює

$$\frac{21739}{1012} = 21,5,$$

де 1012 – кількість хімічно осадженої крейди, отриманої після сушки, кг.

Кількісні величини матеріального балансу стадії одержання вапна на годинну потужність з урахування коефіцієнту перерахунку заносимо до таблиці матеріального балансу (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс стадії випалу вапняку на годинну потужність

Прихід			Витрата		
Статті	кг/годину	%мас.	Статті	кг/годину	%мас.
1. Вапняк:			1. Вапно:		
CaCO ₃	20622,3	96,0	CaO	10866,6	87,4
MgCO ₃	429,6	2,0	MgO	212,7	1,7
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	128,9	0,6	CaCO ₃	1020,4	8,2
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	214,8	1,0	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	127,5	1,0
H ₂ O	85,9	0,4	SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	212,7	1,7
Разом:	21481,4	100,0	Разом:	12439,9	100,0
2. Природний газ			2. Відхідний газ:		
Разом:	1503,7	100,0	CO ₂	11599,9	36,6
3. Повітря:			O ₂	160,4	0,5
O ₂	4253,3	20,0	N ₂	16862,9	54,0
N ₂	16798,4	79,1	H ₂ O	2513,3	8,9
H ₂ O	193,3	0,9			
Разом:	21245,0	100,0	Разом:	31663,5	100,0
			3. Вапно у вигляді пилу з відхідним газом	126,7	100,0
ВСЬОГО	44230,1		ВСЬОГО	44230,1	

Таблиця 2.4 – Таблиця витратних коефіцієнтів

Назва сировини, матеріалів і енергоресурсів	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю товарного продукту
Вапняк	кг	1465
Вода	м ³	8,8
Хлоридна кислота	кг	23,1
Повітря	м ³	15,9
Природний газ	м ³	88
Електрична енергія	кВт·година	55,5

2.5 Розрахунки основного апарату

2.5.1 Опис конструкції та принцип дії шахтної вапняно-випалювальної печі, що працює на газоподібному паливі

На підставі даних матеріального балансу для випалу вапняку вибирається шахтна піч на газоподібному паливі продуктивністю 200 т/добу.

Шахта печі в зонах підігріву і випалу має круглий перетин діаметром 3,2 м, в зоні охолодження переходить в квадратний розміром 2,2 × 2,2 м. Робоча висота шахти 18 м, корисний об'єм – 143 м³. Кладка шахти виконана з легковагового вогнетриву товщиною 230 мм і футерована багатошамотною цеглою. Між кладкою і сталевим кожухом знаходиться шар теплоізоляційної засипки товщиною 65 мм із молотого шамоту.

Природний газ вводиться в піч на двох ярусах: на нижньому ярусі – через вісім периферійних дифузійних пальників (поз. 2) і балочний багатосопловий пальник центрального введення (поз. 12); на верхньому ярусі – через багатосопловий пальник центрального введення (поз. 11) і вісім периферійних дифузійних пальників (поз. 4). Балочні пальники охолоджуються проточною або оборотною водою. Первинне повітря вводиться в піч через балочні пальники та через отвори, розташовані по висоті шахти (поз. 3, 5). Вторинне повітря подається в зону охолодження печі через розсікач вивантажувального механізму (поз.1).

Газоподібні продукти відсмоктуються з печі димососом через патрубок (поз. 8).

В верхній частині шахти встановлений запобіжний клапан (поз. 10), що служить для виходу через нього газів, що утворюються в шахті в моменту вибуху газоподібного палива. Отвори (поз. 7) служать для установки датчиків радіоактивного рівнеміра вапняку. В зоні випалу передбачені вічка (поз. 6) для контролю за процесом випалу.

Вапняк завантажується в піч скіповим підйомником. Завантаження вапняку в ківш скіпу здійснюється автоматичним ваговим дозатором. Необхідний рівень матеріалу в печі підтримується автоматично за допомогою датчиків рівня.

Отримане вапно вивантажується з печі безперервно за допомогою вивантажувального механізму (поз. 1) [17].

Підготовку вапняно-випалювальної печі, що працює на газоподібному паливі, до розпалювання починають із завантаження зони охолодження печі

						Арк
						40
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

грудковим вапном. Вапно завантажують в шахту до рівня на 1 м нижче балкового пальника або нижнього ряду периферійних пальників. Поверх кусків вапна викладають в зоні випалу сухі поліна дров, розташовуючи їх в клітку. Укладені дрова просочують рідким паливом (гас, нафту, мазут). Пальне подають в відрах через допоміжний завантажувальний люк і рівномірно виливають по всій поверхні завантажених дров.

Після просочення дров паливом закладають допоміжні люки в шахті та приступають до завантаження печі вапняком. Шахту за допомогою скіпового підйомника завантажують вапняком приблизно на 3/4 робочої висоти. Включають систему водяного охолодження балкових пальників, вентилятор первинного повітря та димосос. Розрідження в зоні випалу печі встановлюють за допомогою шибера димососа в межах 10-15 мм вод. ст.

Дрова запалюють за допомогою факела через отвори підбалкових або периферійних вічок. Горіння дров продовжується 4-6 години і температура в зоні випалу піднімається до 650-700°C, що достатньо для займання природного газу.

Після підняття температури в зоні випалу печі до 650-700°C приступають до пуску газових дифузійних пальників. Першими розпалюють дифузійні пальники верхнього ярусу. Перед розпалюванням дифузійних пальників необхідно перевести запобіжно-запірний клапан на ручне управління, відкрити кран на введення та наступні крани по ходу газу та протягом 2-3 хв. продути газопровід на свічку; переконатися, що газопровід продутий. Для цього газ, що продувається в свічку, за допомогою запальника пропускають в відро з мильною емульсією, потім бульбашки підпалюють. Якщо полум'я газу жовте, закіптюжене, то вважається, що газопровід добре продутий. Після цього закривають кран на свічці.

Пальники розпалюють за допомогою переносного запальника. Для цього запалений сірник підносять до запальника й запалюють газ, відкривши кран запальника. Запальник вводять в піч через люк і підносять до сопла

						Арк
					ДП.01.01.ПЗ	41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

периферійного пальника, потім плавно відкривають кран газового пальника. Після того як газ, що виходить з пальника, загориться, перекривають кран запальника і виймають його з печі. Таким же чином запалюють балкові пальники. Переконавшись в стійкій роботі пальників верхнього ярусу, в тій же послідовності розпалюють пальника нижнього ярусу.

Якщо при розпаленні відривається полум'я або загасає пальник, слід негайно припинити подачу газу в піч, згасити переносний запальник, відрегулювати розрідження в печі і після закінчення 10-15 хв. знову приступити до розпалювання пальників.

Виведення печі на робочий режим починається з пуску всіх пальників на витрату газу в кількості 40-50% від нормального і підняття температури в зоні випалу печі до 800-900°C. При цьому піч у міру осідання вапняку довантажують сировиною до нормального рівня.

У міру збільшення витрати газу збільшують також кількість введеного вентилятором первинного повітря. З пуском дуттьового вентилятора вторинного повітря додають витрата газу до 60-70% і стежать за температурою в зоні випалу.

Природний газ в пусковий період роботи печі розподіляється по пальникам наступним чином: в верхній і нижній яруси подають приблизно однакову кількість газу, в кожному ярусі 70% газу подають в балковий багатосопловий пальник і 30% – в периферійні пальники.

Після того як температура в зоні випалу печі підніметься до 1000-1100°C, а температура відхідних газів виросте до 200°C, пускають на малу швидкість розвантажувальний механізм і одночасно довантажують піч новими порціями вапняку до нормального рівня.

Виведення печі на робочий режим триває протягом 2-3 діб. У першу добу продуктивність печі складає 20-25% від. На другу добу, у міру підвищення температури в зоні випалу до 1100-1200°C і підвищення вмісту CaO у вапні до 80-85%(мас.), продуктивність печі підвищують до 50% від

						Арк
						42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

проектного значення. На третю добу, після підвищення активності вапна до 85%, продуктивність печі збільшують до проектної величини і піч переводять на автоматичне завантаження вапняком. Виведення печі на робочий режим вважається закінченим.

Зупинку шахтної печі, обладнаної дифузійними пальниками, виконують в такій послідовності: спочатку закривають крани пальників верхнього ярусу і кран на колекторі верхнього ярусу, відкривають кран на свічку верхнього ярусу; далі закривають крани пальників нижнього ярусу і кран на колекторі нижнього ярусу, відкривають кран на свічку нижнього ярусу; після цього закривають кран на введенні природного газу.

Через 10-15 хв. після припинення роботи пальників вимикають вентилятори первинного і вторинного повітря і відкривають дверцята вивантажувального механізму. Припиняють подачу в піч вапняку. Після вивантаження матеріалів з печі зупиняють розвантажувальну пристрій. При зниженні температури в шахті печі до 250°C вимикають систему водяного охолодження балкових пальників, а після зниження температури до 50°C вимикають димосос і приступають до огляду шахти печі [19].

Кількість вапняно-випалювальних печей, що буде забезпечувати задану потужність виробництва складає

$$\frac{12566,6 \cdot 24}{200 \cdot 1000} = 1,5 \text{ од.},$$

де 12566,6 – кількість одержуваного вапна згідно матеріального балансу,
кг/годину;

200 – продуктивність вапняно-випалювальної печі, т/добу.

Приймаємо 2 вапняно-випалювальні печі.

									Арк
									43
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.01.01.ПЗ

2.5.2 Технологічний розрахунок вапняно-випалювальної печі

Розрахунок часу перебування вапняку в печі. Його розраховують за зонами: в зоні нагрівання τ_n , в зоні випалу τ_b і в зоні охолодження τ_{ox} [18]:

$$\tau = \tau_n + \tau_b + \tau_{ox} \quad (14)$$

Для розрахунку τ до прийнятих раніше вихідних даних додаємо:

температура початку розкладання вапняку	856°C
температура в зоні випалу	1100°C
температура вапняку, що виходить із зони випалу	940°C
температура повітря на вході в зону випалу	400°C
середній радіус куска вапняку	0,06 м

Приймаємо, що куски вапняку мають форму кулі.

Кількість тепла, що переходить від середовища до тіла, залежить від температурного перепаду, площі тіла, часу контакту фаз і коефіцієнта теплопередачі K [18]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (15)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від газу до тіла, Вт/(м² · °С);

δ – товщина шару куска вапняку, що підігривається, дорівнює радіусу r , м;

λ – коефіцієнт теплопровідності вапняку, Вт/(м² · °С);

$$\text{або } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{r}{\lambda}} \quad (16)$$

Приймаємо наступні значення α , Вт/(м² · °С):

для зони нагрівання $\alpha_n = 13,96$;

для зони випалу $\alpha_b = 20,93$;

для зони охолодження $\alpha_{\text{ох}} = 11,63$.

Для вапняку приймаємо $\lambda = 0,89$ Вт/(м · °С).

1. Розрахуємо час перебування вапняку в зоні нагрівання.

Щоб нагріти кусок вапняку від 15°С до температури його розкладання, тобто до 856°С, йому треба повідомити тепла [18]:

$$q_1 = m \cdot c \cdot t, \quad (17)$$

де m – маса куску вапняку, кг;

c – теплоємність куску вапняку, кДж/(кг · °С);

t – температура вапняку, °С.

$$q_1 = m \cdot 0,816 \cdot (856 - 15) \text{ кДж.}$$

Маса кулі m буде дорівнювати [18]:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650, \quad (18)$$

де 2650 – щільність вапняку, кг/м³.

Отже,

$$q_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650 \cdot 0,816 (856 - 15) = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1816416 \text{ кДж.}$$

З іншого боку, кількість тепла, що повідомляється куску вапняку радіусом r за час нагрівання τ_n , становить [18]:

$$q_2 = K_n \cdot F \cdot \Delta t_n \cdot \tau_n \cdot 10^{-3}, \quad (19)$$

де K_n – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м² · °С);

F – поверхня куска вапняку, м²;

Δt_n – температурний перепад, °С;

τ_n – час перебування в зоні нагрівання, с.

Тоді

						Арк
						45
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{13,96} + \frac{0,06}{0,89}} = 7,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С});$$

$$\Delta t_H = \frac{(1100 - 856) + (150 - 15)}{2} = 189 \text{ } ^\circ \text{С}.$$

$$F = 4\pi r^2$$

Звідси

$$q_2 = 7,20 \cdot 4\pi r^2 \cdot 189 \cdot \tau_H \cdot 10^{-3} = 4\pi r^2 \cdot 1,3608 \tau_H.$$

З рівності $q_1 = q_2$ маємо:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1816416 = 4\pi r^2 \cdot 1,3608 \cdot \tau_H.$$

Звідси можна знайти час перебування в зоні нагрівання:

$$\tau_H = \frac{4\pi r^3 \cdot 1816416}{3 \cdot 1,3608 \cdot 3600 \cdot 4\pi r^2} = \frac{0,06 \cdot 1816416}{3 \cdot 3600 \cdot 1,3608} = 7,4 \text{ години}.$$

2. Визначимо час перебування вапняку в зоні випалу.

Знайдемо кількість тепла, що надходить при випалі в кулястий кусок вапняку через його поверхню [18]:

$$q_3 = K_B \cdot F \cdot \Delta t_B \cdot \tau_B \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

Для розкладання цього куска вапняку необхідно повідомити йому тепла [18]:

$$q_4 = m \cdot 1782,7, \quad (21)$$

де m – маса куска, кг;

$q = 1782,7$ – масова теплота згоряння CaCO_3 , кДж/кг.

$$q_4 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650 \cdot 1782,7 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 4724155 \text{ кДж}.$$

						Арк
						46
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

Враховуючи, що в вапняку міститься 97,65%(мас.) CaCO_3 і ступінь випалу становить 95 %, то одержимо:

$$q_4 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 4724155 \cdot 0,9765 \cdot 0,95 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 4382480 \text{ кДж.}$$

Для визначення q_3 необхідно враховувати коефіцієнт усадки вапняку, який дорівнює 0,95, середню теплопровідність вапняку і вапна. Для вапна $\lambda = 0,62 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$. Тоді

$$r_B = \frac{0,06 + 0,06 \cdot 0,95}{2} = 0,058 \text{ м;}$$

$$\lambda_B = \frac{0,89 + 0,62}{2} = 0,75 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C);}$$

$$K_B = \frac{1}{\frac{1}{20,93} + \frac{0,058}{0,75}} = 8,10 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C);}$$

$$F_B = \frac{4\pi(r + 0,95r)^2}{2^2} = 1,95^2 \cdot \pi r^2 = 3,8\pi r^2;$$

$$t_B = 1100 - \frac{940 + 856}{2} = 202 \text{ °C.}$$

Тоді

$$q_3 = 8,10 \cdot 3,8\pi r^2 \cdot 202 \cdot \tau_B \cdot 10^{-3} = 6,218 \pi r^2 \tau_B.$$

З рівності $q_3 = q_4$:

$$6,218 \cdot \pi r^2 \cdot \tau_B = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 4382480.$$

Звідси одержуємо:

$$\tau_B = \frac{4\pi r^3 \cdot 4382480}{3 \cdot 6,218 \cdot \pi r^2 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot r \cdot 34382480}{3 \cdot 6,218 \cdot 3600} = 15,1 \text{ години.}$$

3. Розрахуємо час перебування вапняку в зоні охолодження.

						ДП.01.01.ПЗ	Арк
							47
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Кусок вапняку з початковим радіусом r після випалу буде мати масу:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650 \cdot \frac{586,5}{1000} = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1554 \text{ кг},$$

де $m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650$ – маса куску вапняку до випалу, кг;

$\frac{586,5}{1000}$ – вихід вапна з 1 кг вапняку.

При охолодженні цього куска до 60°C він віддає тепла:

$$q_5 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1554 \cdot 0,795(940 - 60) = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1087178, \text{ кДж},$$

де $0,795$ – теплоємність вапна, кДж/(кг · °C).

Тепло, що віддається поверхнею куска отриманого вапна в зоні охолодження [18]:

$$q_6 = K_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}} \cdot \Delta t_{\text{ок}} \cdot \tau_{\text{ок}} \cdot 10^{-3}, \quad (22)$$

$$K_{\text{ок}} = \frac{1}{\frac{1}{11,63} + \frac{0,06 \cdot 0,95}{0,62}} = 5,68 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)};$$

$$F_{\text{ок}} = 4\pi \cdot (0,95r)^2 = 3,61 \pi r^2;$$

$$\Delta t_{\text{ок}} = \frac{(940 - 400) - (60 - 15)}{2,3 \lg \frac{940 - 400}{60 - 15}} = 200 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$q_6 = 5,68 \cdot 3,61 \cdot \pi r^2 \cdot 200 \tau_{\text{ок}} \cdot 10^{-3} = 4,1 \pi r^2 \tau_{\text{ок}}.$$

З рівності $q_5 = q_6$:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1087178 = 3,5667 \pi r^2 \tau_{\text{ок}};$$

$$\tau_{\text{ок}} = \frac{4\pi r^3 \cdot 1087178}{4,1 \cdot \pi r^2 \cdot 3 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot r \cdot 1087178}{12,3 \cdot 3600} = 5,9 \text{ години.}$$

Загальний час перебування вапняку в печі буде дорівнює:

						Арк
						48
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = 7,4 + 15,1 + 5,9 = 28,4 \text{ години.}$$

2.5.3 Розрахунок гідравлічного опору вапняку

Гідравлічний опір матеріалу може бути розрахований за формулою [20]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot V^2 \cdot g \cdot \gamma_t \cdot H}{\Pi^2 \cdot 2g \cdot d_{\text{пр.}}^{\text{сер}}}, \quad (23)$$

де ΔP – опір шару матеріалу, Па;

ξ – коефіцієнт опору, що залежить від величини критерію Re ;

V – умовна швидкість, віднесена до порожньої шахти печі і до середньої температури газів у даній зоні, м/с;

γ_t – питома вага газу при даній температурі, кг/м³;

H – висота шару матеріалу, м;

Π – порозність матеріалу, що представляє відношення об'єму міжкускового простору до всього об'єму, м³/м³;

$d_{\text{пр.}}^{\text{сер}}$ – середній приведений діаметр кусків матеріалу, м.

Коефіцієнт опору визначається з рівняння [20]:

$$\xi = \left(\frac{490}{Re} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{Re}} \right) + 5,85, \quad (24)$$

де Re – критерій Рейнольдса.

Критерій Рейнольдса розраховується за формулою [20]:

$$Re = \frac{V_d \cdot d_{\text{пр.}}^{\text{сер}}}{\Pi \nu}, \quad (25)$$

де V_d – дійсна швидкість між кусками матеріалу, м/с;

ν – кінематична в'язкість газів, м²/с.

Середній приведений діаметр визначається за даними гранулометричного складу матеріалу за формулою [20]:

						Арк
						49
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$d_{\text{пр.}}^{\text{сеп}} = \frac{100}{\sum \left(\frac{d_i}{a_i} \right)}, \quad (26)$$

де d_i – середній розмір матеріалу в даній фракції, м;

a_i – вміст у сипучому матеріалі, %.

Порозність матеріалу визначається за формулою [20]:

$$\Pi = \frac{(\gamma_y - \gamma_n)}{\gamma_y}, \quad (27)$$

де γ_m – удавана питома вага матеріалу, кг/м³;

γ_n – насипна вага матеріалу, кг/м³.

Таблиця 2.5 – Фізико-механічні властивості вапняку

Межа фракції	Вапняк		
	0,0-0,04	0,04-0,12	0,12-0,15
Середній розмір фракції, м	0,02	0,08	0,135
Ваговий вміст, %	12	73	15
Удавана питома маса, кг/м ³	2650		
Насипна маса, кг/м ³	1800		

Визначимо $d_{\text{пр.}}^{\text{сеп}}$ матеріалу:

$$d_{\text{пр.}}^{\text{сеп}} = \frac{100}{\left(\frac{12}{0,02} + \frac{73}{0,08} + \frac{15}{0,135} \right)} = 0,065 \text{ м.}$$

Порозність матеріалу:

$$\Pi = \frac{(2650 - 1800)}{2650} = 0,32.$$

Розрахунок гідравлічного опору матеріалу ведеться за зонами.

Питома вага відхідних газів:

$$\gamma_t = 0,30 \cdot 1,977 + 0,027 \cdot 1,429 + 0,673 \cdot 1,257 = 1,48 \text{ кг/м}^3,$$

де 0,30; 0,027; 0,673 – вміст CO₂, O₂, N₂ у відхідних газах відповідно до матеріального балансу випалу вапняку;

1,977; 1,429; 1,257 – густина CO₂, O₂, N₂ відповідно, кг/м³.

Зона випалу і підігріву.

Середня температура газів, що проходять через зону випалу і підігріву:

$$t_{\text{сер}} = \frac{1100 + 178}{2} = 639^\circ\text{C}.$$

Питома вага газу при 639°C:

$$\gamma_t = \frac{1,48 \cdot 273}{(273 + 639)} = 0,44 \text{ кг/м}^3.$$

Швидкість газів у незаповненій матеріалом шахті дорівнює 0,6 м/с, кінематична в'язкість $\nu = 90 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{0,6 \cdot 0,065 \cdot 10^6}{0,32 \cdot 90} = 1354.$$

Коефіцієнт опору:

$$\xi = \left(\frac{490}{1354} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{1354}} \right) + 5,85 = 8,91.$$

Опір шару матеріалу:

$$\Delta P = \frac{8,91 \cdot 0,6^2 \cdot 0,44 \cdot 15 \cdot 9,81}{0,32^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,065} = 1520 \text{ Па}.$$

Зона охолодження.

Середня температура газів, що проходять через зону охолодження:

$$t_{\text{сер}} = \frac{16 + 639}{2} = 328^\circ\text{C}.$$

						Арк
						51
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

Питома вага газу при $t = 328^{\circ}\text{C}$:

$$\gamma_t = \frac{1,48 \cdot 273}{(273 + 328)} = 0,67 \text{ кг/м}^3.$$

Кінематична в'язкість $\nu = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; середня швидкість газів $V_{\text{сер}} = 0,5 \text{ м/с}$; дійсна швидкість газів у незаповненій матеріалом шахті $V_{\text{д}} = 1,49 \text{ м/с}$.

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{1,49 \cdot 0,065 \cdot 10^6}{50} = 1937.$$

Коефіцієнт опору:

$$\xi = \left(\frac{490}{1937} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{1937}} \right) + 5,85 = 8,4.$$

Гідравлічний опір шару матеріалу:

$$\Delta P = \frac{8,4 \cdot 0,5^2 \cdot 0,67 \cdot 15 \cdot 9,81}{0,32^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,065} = 1585 \text{ Па}.$$

$$\Delta P_{\text{заг}} = \Delta P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{о}} = 1520 + 1585 = 3105 \text{ Па}.$$

2.6 Розрахунок та вибір технологічного обладнання

2.6.1 Розрахунок грохоту

Згідно матеріального балансу на грохот надходить 21481,4 кг/годину вапняку або

$$\frac{21481,4}{1800} = 11,9 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Гранулометричний склад вапняку, що надходить на грохот наступний:

0-40 мм 12% 1,4 м³/годину

						Арк
						52
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

40-120 мм	73%	8,7 м ³ /годину
120-150 мм	15%	1,8 м ³ /годину
		11,9 м ³ /годину

Схема розташування сит в грохоті представлена на рис. 2.1.

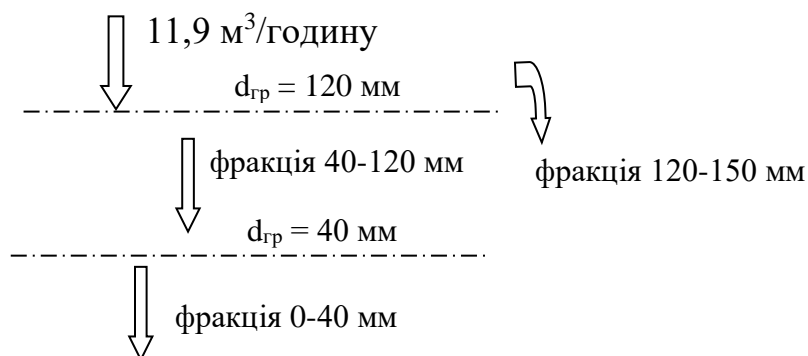


Рисунок 2.1 – Схема розташування сит в грохоті

Межа розділення $d_{гр}$ для сита, на яке поступає весь вапняк (11,9 м³/годину) – 120 мм. Вміст фракції нижнього класу (0-120 мм) складає 12 + 73 = 85%. Отже, приймаємо сито з квадратними отворами зі стороною квадрата 115 мм.

На сито з межею розділення 40 мм надходить фракція крупністю 40-120 мм в кількості 8,7 м³/годину. Для цього сита вміст фракції нижнього класу (крупністю 0-40 мм) складає 12%. Отже, приймаємо сито з квадратними отворами зі стороною квадрата 35 мм.

Площа сита грохота розраховується за формулою [21]:

$$F = \frac{\dot{I}}{m \cdot q \cdot \hat{E}_1 \cdot \hat{E}_2 \cdot \hat{E}_3}, \quad (28)$$

де \dot{I} – кількість матеріалу, що поступає на сито, м³/годину;

m – коефіцієнт, що враховує можливу нерівномірність живлення та зернового складу матеріалу, форму зерен і тип грохоту;

q – продуктивність 1 м² сита, м³/годину;

K_1 – коефіцієнт, що враховує кут нахилу грохота;

K_2 – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст фракцій нижнього класу в вихідному матеріалі;

K_3 – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст в нижньому класі зерен, що менше половини розміру отворів сита.

Площа сита з межею $d_{гр} = 120$ мм буде складати

$$F_1 = \frac{11,9}{0,65 \cdot 82 \cdot 0,4 \cdot 1,25 \cdot 0,65} = 0,7 \text{ м}^2.$$

Площа сита з межею $d_{гр} = 40$ мм буде складати

$$F_2 = \frac{8,7}{0,65 \cdot 62 \cdot 0,4 \cdot 0,58 \cdot 0,91} = 1,0 \text{ м}^2.$$

Сумарна площа сит грохота складає

$$0,7 + 1,0 = 1,7 \text{ м}^2.$$

За отриманим значенням обираємо самобаласний грохот ГИС-22 з наступним технічними характеристиками: розмір просівальної поверхні – 1000× 2000 мм; площа просівальної поверхні – 2 м²; число ярусів – 2 ш.; продуктивність – 50 м³/годину; кут нахилу просівальної поверхні – 10°; потужність – 7,5 кВт.

2.6.2 Розрахунок та вибір стрічкового транспортера для подачі вапняку

Коефіцієнт однорідності розмірів часток матеріалу дорівнює:

$$\hat{E}_0 = \frac{120}{40} = 3,$$

						Арк
						54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

де 120 і 40 – найбільший та найменших розмір куска вапняку, мм.

Оскільки $K_0 > 2,5$, то вантаж вважається рядовим.

Розмір типового куска рядового матеріалу при концентруванні найбільших кусків більше 10% дорівнює найбільшому розміру куска матеріалу, тобто $a' = 120$ мм.

Оскільки $a' = 120$ мм, то вантаж вважається середньокусковим.

Вапняк – малообразивний матеріал.

Форма стрічки – жолобчата на двороликовій опорі.

Кут нахилу – 10° .

Ширина стрічки транспортування розраховується за формулою [22]:

$$\hat{A} = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q}{v \cdot \rho_f \cdot k \cdot k_\beta}} + 0,05 \right), \quad (29)$$

де $Q = 21,4814$ – продуктивність транспортера, т/годину;

$v = 1,25$ – швидкість стрічки при плужковому розвантажувачі для кускового матеріалу, м/с;

$\rho_n = 1,8$ – насипна маса вапняку, кг/м³;

k – коефіцієнт, що залежить від кута природного укосу матеріалу;

k_β – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу транспортера.

Кута природного укосу вапняку складає $37,5^\circ$. Кут укосу насипного вантажу на стрічці приймається як половина кута природного укосу цього вантажу, тобто $\approx 19^\circ$. Отже, $k = 535$.

При куті нахилу транспортера 10° $k_\beta = 1$.

$$\hat{A} = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{21,4814}{1,25 \cdot 1,8 \cdot 535 \cdot 1}} + 0,05 \right) = 0,202 \text{ м} = 202 \text{ мм.}$$

Ширина стрічки перевіряється за формулою:

									Арк
									55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$$B = 2a' + 200 \quad (30)$$

$$B = 2 \cdot 120 + 200 = 440 \text{ мм} > 202 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 22647-77 з нормального ряду вибирається найближче значення $B = 500 \text{ мм}$.

З урахуванням того, що транспортується середньокусковий важкий матеріал, вибирається стрічка пошарова з двобічною гумовою обкладкою. Матеріал прокладок – Б-820 (бельтинг). Число прокладок гумовотканинних конвеєрних стрічок – 3-6. Товщина гумових обкладок гумовотканинних конвеєрних стрічок: робочий бік – 3 мм; неробочий бік – 1 мм.

2.6.3 Розрахунок та вибір циклону для очистки газу вапняно-випалювальних печей

Для сухої очистки газу вапняно-випалювальних печей від пилу вапна вибирається циклон ЦН-15.

Діаметр циклона визначається за формулою [23]:

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi \cdot \omega_{\text{opt}}} \right)^{0,5}, \quad (31)$$

де Q – секундна витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\omega_{\text{opt}} = 3,5$ – оптимальна швидкість газу в перетині циклону, $\text{м}/\text{с}$.

Згідно матеріального балансу (табл. 2.3) на очистку в циклон надходить газовий потік

$$Q = \frac{31663,5}{3600 \cdot 1,48} = 5,93 \text{ м}^3/\text{ї},$$

де 1,48 – густина газового потоку, $\text{кг}/\text{м}^3$.

						Арк
					ДП.01.01.ПЗ	56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, діаметр циклона дорівнює

$$D = \left(\frac{4 \cdot 5,93}{3,14 \cdot 3,5} \right)^{0,5} = 1,47 \text{ м} = 1470 \text{ мм}.$$

Приймаємо циклон діаметром 1600 мм, що забезпечує продуктивність 22350-35760 м³/годину.

Дійсна швидкість газового потоку в циклоні буде складати

$$\omega = \frac{4 \cdot 5,93}{3,14 \cdot 1,6^2} = 3,0 \text{ м/с}.$$

Гідравлічний опір циклону визначається за формулою [23]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (32)$$

де $\xi = 155$ – коефіцієнт гідравлічного опору циклону ЦН-15.

Отже, гідравлічний опір циклону дорівнює

$$\Delta P = \frac{155 \cdot 1,48 \cdot 3,0^2}{2} = 1032 \text{ Па}.$$

Циклон складається з циліндричної (поз. 2) та конічної (поз. 3) частин корпусу, вхідного патрубку для запиленого газового потоку (поз. 1), вихлопної труби для очищеного газу (поз. 4) та вихідного патрубку для пилу (поз. 5). Запилений газ надходить в циліндричну частину апарату, де рухається по спіралі зі швидкістю, що збільшується від периферії апарату до центру, та спускається по зовнішній спіралі. Потім підіймається по внутрішній спіралі та виходить через вихлопну трубу. Під дією відцентрової сили частки пилу відкидаються до стінки циклона і рухаються вниз у конічну частину циклону, а потім вони потрапляють у бункер.

									Арк
									57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

2.6.4 Стисла характеристика технологічного обладнання стадії випалу вапняку

В табл. 2.6 наведена стисла характеристика технологічного обладнання стадії випалу вапняку [2, 17, 19].

Таблиця 2.6 – Перелік основного та допоміжного обладнання стадії випалу вапняку

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Кількість
1	2	3	4
поз.1, 6	Бункер вапняку	Призначений для зберігання вапняку. Продуктивність – 40 т/годину	1
поз.2	Вібраційний живильник	Призначений для розвантаження бункеру вапняку. Габаритні розміри: Ш/Д/В – 500/1200/350 мм. Продуктивність – 50 м ³ /годину. Виконання лотка – відкрите.	1
поз.3	Грохот	Призначений для розділення вапняку на фракції. Встановлюється під кутом 10° до горизонту, має два яруси сит з розміром сит 1000×2000 мм, продуктивність – 50 м ³ /годину, потужність 7,5 кВт	1
поз.4	Бункер відходів	Призначений для зберігання дріб'язку вапняку.	1
поз.5	Стрічковий транспортер	Призначений безперервного переміщення вапняку. Продуктивність – до 25 м ³ /годину; ширина стрічки – 500 мм; довжина конвеєру між осями барабанів – до 10 м; швидкість руху стрічки – 1,25 м/с; потужність електродвигуна – 5,5 кВт.	1
поз. 8	Змішувальний барабан	Призначений для обробки вапняку розчином хлоридної кислоти. Продуктивність – 25 т/годину, діаметр – 3,2 м, довжина – 8 м, швидкість обертання – 10 об/хв., потужність – 40 кВт	1
поз.9	Збірник хлоридної кислоти	Призначений для зберігання хлоридної кислоти. Представляє собою вертикальну циліндричну ємність, виконану з гумованої сталі. Робоча ємність – 45 м ³	1
поз.10	Скіповий підйомник	Призначений для доставки вапняку в завантажувальний механізм печі. Встановлюється під кутом 60-80° до горизонту. Висота – 25 м. Вантажопідйомність – 0,5 т при швидкості підйому 30 /хв.	2

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4
поз. 11	Димосос	Призначений для протягування газу вапняно-випалювальних печей через циклон. Продуктивність – 44000 м ³ /годину, частота обертання – 1500 об/хв., тиск – 5,5-2,6 кПа, потужність – 75 кВт	2
поз. 12	Циклон	Призначений для очистки газу вапняно-випалювальних печей від пилу. Продуктивність – 22350-35760 м ³ /годину, швидкість потоку – 3,0 м/с, тиск – 5 кПа, ступінь очистки – 98%	1

3 КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Схемою автоматизації стадії випалу вапняку в шахтній вапняно-випалювальній печі, що працює на газоподібному паливі, передбачається регулювання витрати вапняку, природного газу та повітря, положення рівня вапняку в печі, температури зони випалу, тиску газів в верхній частині печі, вміст CO₂ у відхідному газі.

Витрата природного газу, що подається в балочний пальник, вимірюється комплектом, який складається з діафрагми (поз. 4-1), вторинного приладу (поз. 4-3) і регулюючого пристрою (поз. 4-4), виконавчого механізму (поз.4-5).

Продуктивність печі змінюється при перенастроюванні регулятора витрати повітря, який складається з камерної діафрагми (поз. 5-1), вторинного приладу (поз. 5-3) і регулюючого пристрою (поз. 5-4), виконавчого механізму (поз.5-5).

Контроль тиску газу перед пальником контролюється датчиком (поз.9-1), сигнал з якого поступає на показувальний реєструючий прилад (поз. 9-2). Регулюючий пристрій (поз. 9-4) виробляє команду управління, що надходить на виконавчий механізм (9-5).

Аналогічними приладами вимірюється тиск первинного повітря, що поступає в балочний пальник (поз. 7).

Основним показником, що характеризує продуктивність вапняно-випалювальної печі, є витрата повітря. Повітря, що подається в піч, витрачається на горіння. Тому за витратою повітря судять про кількість тепла, що виділяється в печі, за даний проміжок часу і, отже, про кількість вапна, яке може бути при цьому отримано.

					<i>ДП.01.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Волков М.В.</i>			<i>Контроль та автоматизація виробництва</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арку</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					60	106
<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>						

Автоматичне завантаження печі здійснюється в залежності від рівня вапняку. Датчиком регулятора є ізотопний рівнемір (поз. 11-1), який при зниженні рівня вапняку нижче заданого значення подає сигнал на регулятор (поз. 11-3), який включає скіповий підйомник (поз. 11-4), що завантажує піч вапняком. Завантаження здійснюється до тих пір, поки рівень вапняку не підніметься вище заданого значення. Верхній рівень вапняку в печі (поз. 10-1) служить для аварійного відключення механізмів завантаження.

Положення зони випалу регулюється за температурою відхідних газів у верхній частині печі шляхом зміни відбору вапна. Оскільки завантаження вапняку в піч ведеться періодично, то температура відхідних газів сильно змінюється, знижуючись в момент завантаження і поступово підвищуючись до максимального значення. Щоб уникнути коливань температури, датчик температури газів (поз. 1-1) занурюють в вапняк. Якщо датчик показує підвищену в порівнянні з заданою температуру, це означає, що вивантаження вапна затримується і зона випалу піднімається вгору. При зниженні температури відбувається дуже швидке вивантаження вапна з печі.

Процес регулювання протікає таким чином. При підвищенні температури, що вимірюється датчиком (поз. 1-1), вторинний реєструючий прилад (поз.1-2) з регулюючим пристроєм (поз. 1-3) включить виконавчий механізм (поз. 1-4), що змінює швидкість обертання улиги. Улига почне обертатися швидше, кількість вивантажуваного вапна збільшиться, вапняк почне опускатися, зміщуючи зону випалу вниз до тих пір, поки вона не досягне потрібного положення.

Аналіз відхідного газу на вміст CO_2 виконується забірним пристроєм (поз. 6-1) і автоматичним газоаналізаторами (поз. 6-2), розташованими на щиті КВП.

Реєстрація температури в зоні випалу здійснюється комплектом приладів, що складається з датчика (поз. 2-1), сигнал з якого надходить на

						Арк
						61
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

вторинний прилад (поз. 2-2), де перетворюється в пневматичний сигнал, який надходить на автоматичний самописний прилад.

Контроль тиску в зонах охолодження (поз. 3-1) і підігріву (поз. 8-1) здійснюється вимірювальним перетворювачем (поз.3-2, 8-2), сигнал з якого поступає на автоматичний самописний прилад (поз.3-3, 8-3) [3, 18, 20].

В табл. 3.1 представлена відомість приладів і засобів автоматизації вапняно-випалювальної печі.

Таблиця 3.1 – Відомість приладів і засобів автоматизації вапняно-випалювальної печі

№ позиції	Найменування параметра	Граничне значення параметра	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип, модель
1	2	3	4	5	6
1-1	Температура в зоні підігріву	300°C	По місцю	Первинний пірометричний перетворювач	ПСМ
1-2			На щиті	Автоматичний самописний прилад Шкала: 0 – 300 °С пл.	РП-160-16
2-1	Температура в зоні випалу	1000°C	По місцю	Первинний пірометричний перетворювач	ПСМ
2-2			На щиті	Автоматичний самописний прилад Шкала: 0 – 1000 °С пл. Кл. точн. 0,5	РП-160-16
3-1	Тиск в зоні охолодження	0 - 2 кгс/см ²	По місцю	Первинний перетворювач тиску	МС-П1
3-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач тиску	«Сапфір» - 22ДД мод. 2150
3-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад Шкала 0 - 4кгс/см ²	РП-160-16
4-1	Витрата природного газу	1500 м ³ /годину	Трубо-провід	Діафрагма вимірювальна камерна Ду-150	ДСК-0,6-150
4-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач різниці тисків ΔР = 16 кПа	«Сапфір» - 22ДД мод. 2430
4-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад	РП-160-16

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
4-4			На щиті	Регулюючий прилад в комплекті	РС.29.011 У-29.3
4-5			По місцю	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/63-063
4-6			Трубо-провід	Засувка поворотна	43П-100-05-200
5-1	Витрата повітря	9000 м ³ /годину	Трубо-провід	Діафрагма вимірювальна камерна Ду-150	ДСК-0,6-150
5-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач різниці тисків $\Delta P = 16$ кПа	«Сапфір» - 22ДД мод. 2430
5-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад	РП-160-16
5-4			На щиті	Регулюючий прилад в комплекті	РС.29.011 У-29.3
5-5			По місцю	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/63-063
5-6			Трубо-провід	Засувка поворотна	43П-100-05-200
6-1	Концентрація CO ₂	30%об.	По місцю	Газосигналізатор	АО22-09
6-2			На щиті	Комплект газоаналізатора	АО22-09 МСМ
7-1	Тиск повітря	0 - 1 кгс/см ²	По місцю	Первинний перетворювач тисків	МС-ПІ
7-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач різниці тиску	«Сапфір» - 22ДД мод. 2120
7-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад	РП-160-16
8-1	Тиск в зоні підігріву	0 - 1 кгс/см ²	По місцю	Первинний перетворювач тисків	МС-ПІ
8-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач різниці тиску	«Сапфір» - 22ДД мод. 2120
8-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад	РП-160-16
9-1	Тиск природного газу	0 - 1 кгс/см ²	По місцю	Первинний перетворювач тисків	МС-ПІ
9-2			По місцю	Вимірювальний перетворювач різниці тиску	«Сапфір» - 22ДД мод. 2120
9-3			На щиті	Автоматичний самописний прилад	РП-160-16
9-4			На щиті	Регулюючий прилад в комплекті	РС.29.011 У-29.3

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.01.01.ПЗ

Арк

63

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
9-5			По місцю	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/63-063
9-6			Трубо-провід	Засувка поворотна	43П-100-05-200
10-1	Верхній рівень вапняку	Верхній рівень	Верхня частина печі	Радіоізотопний рівнемір	УР-8
10-2	Сигналізація верхнього рівня вапняку		По місцю	Сигналізатор рівня	ЕСР-2М
11-1	Нижній рівень вапняку	Нижній рівень	Верхня частина печі	Радіоізотопний рівнемір	УР-8
11-2			На щиті	Електронний реєстручий прилад одноканальний	РП-160-09
11-3			На щиті	Електронний регулюючий прилад	Р25.12
11-4			Скіповий підйомник	Виконавчий механізм	

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 хімічно осадженої крейди представлені в табл. 4.1, 4.3 [24].

В табл. 4.2 наведені характеристики пожеженебезпечності використовуваних та одержуваних речовин [25].

Таблиця 4.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
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)	-
	Хімічно осаджена крейда				1339 (арагоніт)	
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	-	-
Природний газ	Метан	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Газ	-182,5	-161,6
Хлоридна кислота	Хлороводнева кислота	HCl	H - Cl	Рідина	-30	48

ДП.01.01.ПЗ				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Волков М.В.			
Керівник	Золотарьова			
Консультант				
Н.Контроль.				
Зав. каф.	Суворін О.В.			
Охорона праці			Літ.	Аркуш
				65
			Аркушів	
			106	
СНУ ім. В. Даля каф. XIЕ, гр.ТНР-19зм				

Таблиця 4.2 – Показники вибухо- і пожеженобезпечності

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		
Метан	87,8	537,8	16,6	102,6	5,28	14,1	5	15,0

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	С _{мр} *	С _{сд} **	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
Хімічно осаджена крейда							
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 дихання.	1	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К.

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8
		При потраплянні на шкіру: почервоніння, набряк; на мокру шкіру – можливі опіки					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: слезотеча, 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
Природний газ	4	Не чинить токсикологічної дії на організм людини, але при концентраціях, що знижують вміст кисню в атмосфері до 15-16%об, викликає задуху.	300	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Хлоридна кислота	2	При вдиханні: кашель, першіння в горлі, порушення дихання, задуха, біль у грудях, блювота з кров'ю. При потраплянні на шкіру: подразнення, хімічний опік. При потраплянні в очі: біль, різь, слезотеча, хімічний опік, сліпота	5	–	–	300	Спецодяг з кислото-стійкої тканини, фартух з неоперену, чоботи з проти-кислотної гуми, гумові рукавички, захисні окуляри, протигаз марки «В»

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.01.01.ПЗ

Арк

67

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві

Основними видами небезпек у виробництві хімічно осадженої крейди є:

1. Наявність устаткування та комунікації високого та середнього тисків, посудин що працюють під тиском (живильних насосів, трубопровідних магістралей водяної пари та гарячої води).
Більшість компонентів газових сумішей і речовин, які використовуються в виробництві хімічно осадженої крейди, є вибухобезпечними та не токсичними.
2. Порушення норм технологічного режиму за тиском, температурою, парою та технологічним повітрям, подаче газу, а також недотримання умов герметизації устаткування, трубопроводів і арматури може привести до розриву та руйнування трубопроводів і апаратів, до загоряння і як наслідок до підвищення вмісту шкідливих компонентів у повітрі робочої зони.
3. Можливість термічних опіків. У процесі виробництва хімічно осадженої крейди можливе одержання термічних опіків у випадках влучення пари, гарячого газу або конденсату на шкіру і внаслідок дотику відкритих частин тіла людини до гарячих неізольованих поверхонь трубопроводів або апаратів.
4. Наявність рухомих і обертових частин механізмів – електротельферів, кран-балок і інших піднімальних механізмів, насосів, димососів.
5. Поразка електричним струмом (може відбутися внаслідок несправності заземлення електроустаткування, порушення ізоляції електричних проводів).
6. Робота з хімічними речовинами, які викликають подразнення шкіри та очей при прямому контакті.
7. Шум і вібрація (від діючих насосів, вентиляторів).
8. Виробничий пил (утворюється під час завантаження вапняно-випалювальної печі вапняком, вивантаження вапна з печі та

						Арк
						68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ	

завантаження його в гасильник, затарювання хімічно осадженої крейди, ремонтів, демонтажу та монтажу термоізоляції при використанні мінеральної вати, при проведенні робіт на обладнанні зв'язаних з обробкою металу та інших матеріалів різанням).

9. Статична електрика (виникає внаслідок тертя двох діелектриків друг об друга або об метали в апаратах, резервуарах, трубопроводах води, пару, на естакадах). [1].

4.3 Класифікація і категорійність виробництва та його приміщень

Таблиця 4.4 – Класифікація виробництва за вибухопожежо-небезпечністю, ступенем вогнестійкості, електроустаткування та санітарною характеристикою

Найменування відділення	Категорія пожежонебезпечності виробництва по ОНТП 24-86	Класифікація приміщень і зовнішніх установок по ел. устаткуванню (ПУЕ-85)		Група виробничих процесів по санітарній характеристиці по СНтаП 2.09.04.37
		Клас приміщення за правилами пристрою електричного устаткування	Категорія і група вибухонебезпечних сумішей за правилами виготовлення вибухозахищеного електричного устаткування	
Виробництво хімічно осадженої крейди	В	П-Ша	–	Ia

4.4 Заходи запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам

4.4.1 Вентиляція виробничих приміщень

Згідно норм у виробничих приміщеннях з об'ємом на одного працюючого більше 20 м³, подача зовнішнього повітря повинна становити не менш 20 м³/годину.

У побутовому приміщенні, у приміщеннях чистого та забрудненого одягу використовується подача зовнішнього повітря, а в душі – витяжна вентиляція, з

									Арк
									69
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ				

компенсацією повітря, яке видаляється за рахунок надходження його з чистого відділу побутового приміщення.

В виробничому приміщенні передбачена змішана (природна та механічна) вентиляція. У приміщеннях з пилоподібними шкідливими виділеннями слід подавати припливне повітря для усунення можливості надходження шкідливих речовин з сусідніх приміщень. Кратність повітрообміну в приміщенні повинна бути не менш 5 [26].

Виконаємо розрахунок вентиляції для центрального пульта управління. Приміщення ЦПУ має габаритні розміри: довжина – 12 м, ширина – 5,5 м, висота – 4 м.

Кількість повітря, що подається в приміщення ЦПУ, визначається за формулою [27]:

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

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$W = 5 \cdot 264 = 1320 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Вибираємо вентилятор відцентровий типу В-Ц4-70 (1-го виконання) для продуктивності 1350 м³/годину. Технічна характеристика вентилятора:

- номер вентилятора – 2,5,00;
- напір, мм.вод. ст. – 67;
- частота обертання, об/хв – 2500;
- тип електродвигуна – 4АА63 В2;
- потужність, кВт – 0,55.

При перевищенні ГДК шкідливих компонентів включається аварійна вентиляція. Тип вентилятора В-Ц4-70 вибухобезпечного типу, продуктивність 2000 м³/годину, потужність – 1,5 кВт, електродвигун типу В63 У2, кількість

						Арк
						70
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ	

вентиляторів – 1 шт. Така вентиляція забезпечить достатній повітрообмін у приміщенні центрального пункту управління, в випадку аварійної ситуації на виробництві [28].

4.4.2 Опалення виробничих приміщень

Опалення центрального пункту керування здійснюється від пункту тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори. Кількість тепла, необхідна для обігріву приміщення, визначається за формулою [27]:

$$Q_0 = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (34)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати на опалення 1 м^2 приміщення, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

F – площа приміщення, м^2 ;

$K = 0,34$ – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення.

$$F = 12 \cdot 5,5 = 66 \text{ м}^2.$$

$$Q = 152 \cdot 66 \cdot (1 + 0,34) = 13443 \text{ Вт}.$$

Площу поверхні радіаторів визначимо за формулою [27]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (35)$$

де Q – кількість тепла, необхідна для обігріву приміщення, Вт .

$$H = \frac{13443}{506} = 26,6 \text{ м}^2.$$

По розрахунковій площі вибираємо радіатор марки М-140АО із площею поверхні нагрівання однієї секції $0,35 \text{ екм}$ ($0,299 \text{ м}^2$) і об'ємом $4,1 \text{ м}^3$. Для забезпечення необхідної площі поверхні нагрівання встановлюється 6 радіаторів по 13 секцій у кожному.

						Арк
						71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ	

4.4.3 Освітлення виробничих приміщень

Виробничі приміщення можуть освітлюватися природним або штучним світлом. Центральний пульт управління за зоровими умовами відноситься до III розряду (точні роботи).

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Сумарна площа віконних отворів приблизно розраховується, як добуток площі приміщення на світловий коефіцієнт приміщення та визначається за формулою [27]:

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_{\text{п}}, \quad (36)$$

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

$S_{\text{п}}$ – площа виробничого приміщення, м²;

$1/6 \div 1/5$ – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв.

$$S_{\text{вік}} = \frac{66}{5} = 13,2 \text{ м}^2.$$

Приймається освітлення через віконні отвори розміром $1,76 \times 2,37$ м. Кількість вікон – 3 шт.

Для освітлення приміщення центрального пульта управління вибирається світильник типу ОД – відкритий люмінесцентний з лампами білого світла (ЛБ).

Кількість світильників по довжині n_A та ширині n_B приміщення відповідно розраховується за формулами відповідно [27]:

$$n_A = \frac{A}{L}, \quad (37)$$

						Арк
					ПД.01.01.ПЗ	72
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_B = \frac{B}{L}, \quad (38)$$

де $A = 12$ – довжина приміщення, м;

$B = 5,5$ – ширина приміщення, м;

L – оптимальна відстань між світильниками або рядами люмінесцентних світильників, м.

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (39)$$

де $\lambda = 1,4$ – коефіцієнт для визначення відстані між світильниками;

H_p – розрахункова висота підвісу світильника, м.

Розрахункова висота підвісу світильника визначається з виразу [27]:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (40)$$

де $H = 4$ – висота приміщення, м;

$h_c = 0$ – звисання світильника, м;

$h_p = 0,8$ – висота робочої поверхні, м;

$$H_p = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ м.}$$

$$L = 1,4 \cdot 3,2 = 4,5 \text{ м.}$$

$$n_A = \frac{12}{4,5} \approx 3 \text{ шт.}$$

$$n_{\hat{A}} = \frac{5,5}{4,5} \approx 1 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників складає:

$$3 \cdot 1 = 3 \text{ шт.}$$

						Арк
						73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідний світловий потік одного ряду люмінесцентних світильників визначається за формулою [27]:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K}{n \cdot U \cdot Z}, \quad (41)$$

- де $E = 400$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;
 $S = 66$ – освітлювана площа, м²;
 $K = 1,5$ – коефіцієнт запасу для люмінесцентних ламп у приміщеннях з малим виділенням забруднень;
 $n = 1$ – кількість рядів світильників;
 $Z = 1,1$ поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника люмінесцентний;
 $U = 1$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення i .

$$F = \frac{400 \cdot 66 \cdot 1,5}{1 \cdot 1 \cdot 1,1} \approx 36000 \text{ лк}.$$

Оскільки в ряду світильників розміщено 3 світильники, то світловий потік одного світильника складає 12000 лк. В одному світильнику встановлено 4 лампи. Отже, розрахунковий світловий потік однієї лампи складає 3000 лк. Для забезпечення даного значення світлового потоку вибирається лампа ЛБ80 (світловий потік – 3260 лк, потужність – 80 Вт).

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визнається за формулою [27]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (42)$$

- де $n = 12$ – розрахункова кількість ламп, шт;

						Арк
					ПД.01.01.ПЗ	74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$W = 80$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{12 \cdot 80 + 0,2 \cdot 12 \cdot 80}{1000} = 0,15 \text{ \u00c2\u00d0}.$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 4.1.

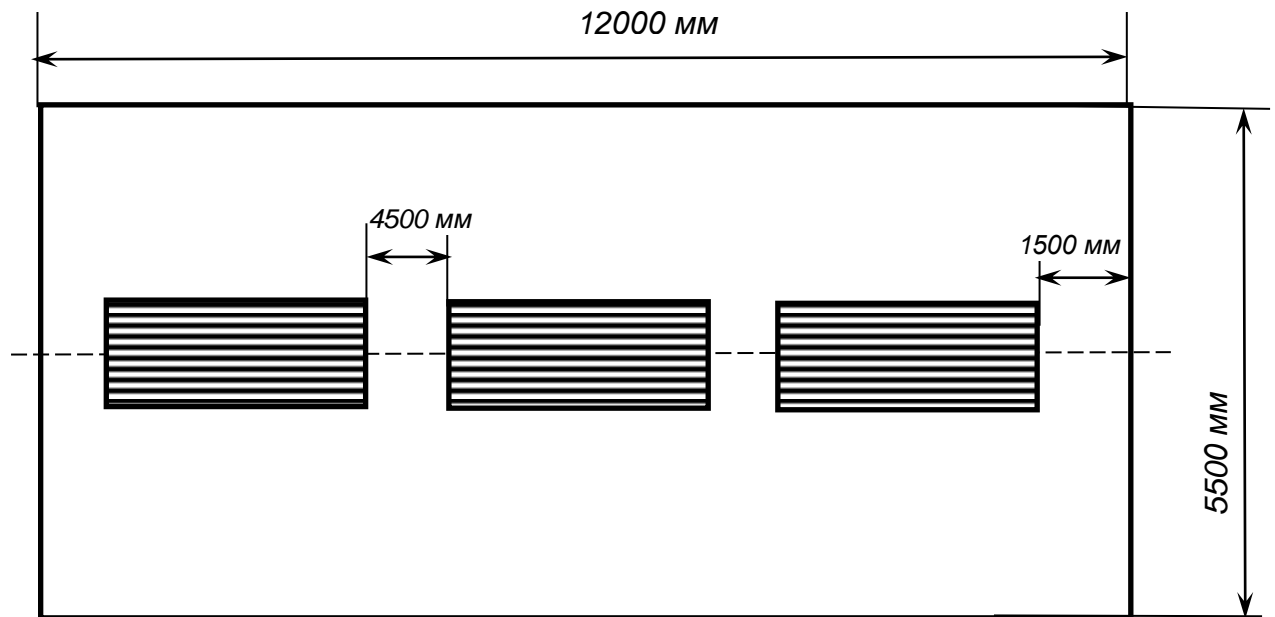


Рисунок 4.1 – Схема розміщення світильників

4.4.4 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

Рекомендовано застосовувати як організаційні, так і технічні заходи:

- усунення або зменшення вібрації та шуму в джерелах їх утворення, а потім застосування заходів зменшення шуму на шляху його розповсюдження, а також засобів індивідуального захисту;
- жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супраженнях машин і механізмів;
- амортизація та віброізоляція з допомогою сталених пружин (ресор) і пружних матеріалів (гума, повсть, деревина, пробка);

									Арк
									75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ				

- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- збільшення загальної маси фундаменту і використання металічних масивних плит в фундаментних опорах;
- ізоляція фундаменту устаткування від ґрунту за допомогою повітряних розривів (акустичних швів);
- зміна числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- застосування динамічних віброгасників;
- заповнення потенційних резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами (гума, повсть, азбест, тощо);
- зниження рівню шуму, що утворюється за руху газів і повітря у трубопроводах, шляхом збільшення площі поперекового перетину газоходів тощо;
- заміна ударного устаткування безударним.

Працюючі в зонах з рівнем шуму вище 80 дБ повинні забезпечуватися і використовувати "беруши", протишумові навушники які закривають вушну раковину ззовні. Для захисту від вібрації передбачають віброізолююче взуття і рукавички [28].

4.4.5 Заходи захисту від статичної електрики

Іскри розрядів статичної електрики, що утворюються в результаті тертя двох діелектриків друг об друга або діелектриків об метали, часто є джерелами пожеж і вибухів. Для запобігання небезпек, пов'язаних з іскровими розрядами статичної електрики, проектом передбачений захист шляхом відводу в землю зарядів і вирівнювання потенціалів, що створюються на апаратах, трубопроводах і металевих конструкціях.

						Арк
						76
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Система апаратів, трубопроводів і повітроводи у межах заводу заземлюються не менш, ніж у двох місцях приєднанням до магістралей захисного заземлення або до вогнищ заземлення.

Всі паралельно йдучи або перетинаючи трубопроводи, розташовані між собою на відстані 10 см і менш з'єднуються перемичками на відстані від 25 до 30 метрів кожна. Трубопроводи, що проходять на такій же відстані від металевих сходів і конструкцій будинків, з'єднані з ними перемичками.

Трубопроводи вентиляції й повітропроводи на всьому протязі повинні представляти безперервне електричне коло через фланцеві з'єднання.

Всі фланцеві з'єднання на трубопроводах природного й скидного газу забезпечуються токопровідними металевими перемичками.

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині передбачають: використання електропровідних підлог, заземлення ручок дверей, рукояток приладів і апаратів; забезпечення працівників струмопровідним взуттям [29].

4.4.6 Заходи електробезпеки

До таких заходів відносяться:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки поразки за з'явлення напруги на корпусах, кожухах та частинах електроустаткування, що досягається використанням малих напруг;
- застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням; застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристроїв; організація безпечної експлуатації електроустановок тощо.

						Арк
					ПД.01.01.ПЗ	77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Для усунення переходу напруги на корпус і на неструмоведучі частини електричного і технологічного обладнання за замкнення на них одної з фаз застосовують захисне заземлення або занулення [29].

Розрахунок заземлюючого контуру здійснюють, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззп}$, повинен бути меншим 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [27]:

$$R_{\text{ззп}} = \frac{R_{\text{з}} \cdot R_{\text{см}}}{R_{\text{см}} \cdot n \cdot \eta_{\text{з}} + R_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{см}}}, \quad (43)$$

де $R_{\text{з}}$ – опір заземлювача, Ом;

$R_{\text{см}}$ – опір металевої смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

$\eta_{\text{з}} = 0,2-0,9$ – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_{\text{см}} = 0,1-0,7$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги.

Опір заземлювача визначається за формулою [27]:

$$R_{\text{з}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (44)$$

де $\rho = 450$ – питомий опір піску, Ом·м;

$l = 8$ – довжина заземлювача – стрижня, м;

$d = 0,02$ – діаметр стрижня, м;

$t = 4,5$ – відстань від середини забитого в ґрунт стрижня до рівня землі, м.

$$R_{\text{з}} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 8} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 8}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 4,5 + 8}{4 \cdot 4,5 - 8} \right) = 64,1 \hat{=} \cdot \Omega$$

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі визначається за формулою [27]:

						Арк
						78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{нi}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (45)$$

де $L = 410$ – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;

$b = 0,05$ – ширина смуги, м;

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

$$R_{\phi} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 410} \cdot \ln \frac{2 \cdot 500^2}{0,05 \cdot 0,5} = 2,94 \hat{\text{н}} \cdot \text{н}.$$

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [27]:

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (46)$$

де 4 – припустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності.

$$n = \frac{2 \cdot 64,1}{4 \cdot 0,5} = 64.$$

Тоді

$$R_{\text{зсi}} = \frac{64,1 \cdot 2,94}{2,94 \cdot 64 \cdot 0,5 + 64,1 \cdot 0,4} = 1,57 \hat{\text{н}}.$$

Висновок: розроблений заземлюючий контур можна використовувати на проєктованому виробництві, оскільки його опір $R_{\text{ззп}} < 4$ Ом, що відповідає вимогам ПУЕ.

4.5 Заходи пожежної безпеки на виробництві

Пожежі й вибухи можуть виникнути в результаті порушення технологічного режиму, несправності устаткування, порушення герметизації устаткування й комунікацій, порушення правил пожежної безпеки и т.п.

						Арк
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ	

З метою попередження виникнення пожеж або вибухів необхідно дотримувати наступних правил:

1. Забороняється палити на робочому місці та виробничих приміщеннях. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях.
2. Засоби пожежогасіння (пісок, азбестова ковдра, вогнегасники) повинні знаходитися в легко доступних місцях та перебувати завжди в справному стані.
3. Обслуговуючий персонал повинен знати розташування протипожежного інвентарю та вміти ним користуватися. Застосовувати пожежний інвентар для господарських потреб строго забороняється.
4. Масло для змащення обертових частин устаткування повинне застосовуватися з температурою спалаху на 75°C вище, ніж припустима максимальна температура у вузлах тертя.
5. Не дозволяється розкидати промаслені ганчірки або класти їх на опалювальні прилади. Промаслена дрантя повинна вчасно та регулярно збиратися в спеціальний металевий ящик з кришкою, що щільно запирається.
6. Забороняється захаращувати проходи, сходові клітки, а також підходи до засобів пожежогасіння.
7. При виникненні пожежі треба негайно викликати пожежну охорону по телефонах 101 або пожежним сповіщувачем. Вжити заходів до обмеження и ліквідації пожежі силами зміни.
8. Гасіння вогнища пожежі на електроустаткуванні здійснюється після повного відключення його від живлення порошковими (ОП-5, ОП-9), вуглекислотними (ЕОУ-5,10) вогнегасниками, піском, азотом або азбестовою ковдрою [30].

						ПД.01.01.ПЗ	Арк
							80
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

5 КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Фасад виробничої будівлі виробництва хімічно осадженої крейди виконано в простих архітектурних формах з горизонтальним розташуванням вікон. Віконні палітурки, прийняті по серії ПР-50173 ГОСТ-12-506-77 і ГОСТ-12-14-80. Двері дерев'яні по ГОСТ-6629-84. Ворота дерев'яні по серії 1.434.36629-84. Покриття без ліхтарів. Покрівля з внутрішнім водостоком. Утеплювач прийнято з розрахунку пінобетону $j = 500 \text{ кг/м}^3$.

Фундаменти під колони каркасу будівлі виробничого приміщення прийняті монолітними залізобетонними сталевого типу. Каркас будівлі запроектований у збірному варіанті, внутрішня етажерка запроектована із збірних залізобетонних колон і металевих майданчиків. Зовнішні стіни викладені в деяких місцях з червоної цегли. Обладнання, яке викликає вібрацію конструкції, в даному виробництві немає. Для вентиляційних установок передбачаються віброізолятори. За безпекою виробництво відноситься до категорії «В».

Евакуація з виробничого приміщення забезпечується на першому поверсі через двері та ворота. Захист конструкцій від руйнувань під час пожежі забезпечується застосуванням типових збірних залізобетонних та металевих конструкцій з необхідною межею вогнестійкості. Шум, виникаючий під час роботи технологічного обладнання в межах нормованого, за винятком вентиляційних установок, що встановлюються в окремому приміщенні на віброізолятори, конструкції яких розташовуються нижче за позначку 0.000 і покриваються гарячої бітумної мастикою за 2 рази по холодній бітумній ґрунтовці. Металоконструкції, розташовані на відкритому повітрі, покриваються атмосферним лакофарбовим складом. Заставні та з'єднуючі деталі залізобетонних конструкцій оцинковуються.

					<i>ПД.01.01.ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Компоновка технологічного обладнання</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Волков М.В.</i>						81	106	
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</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>								

Побутові приміщення розміщені з максимальним наближенням до робочих місць, вбудовані до виробничої будівлі розміром у плані 12×36 м. При проектуванні побутових приміщень були враховані можливості обсягів об'єднання в окремо-технологічні вузли приміщення душових, туалетів та умивальників, створивши тим самим їх як в суміжному розміщенні на поверхах. Гардероб для зберігання домашнього і робочого одягу, туалети, умивальники, душові спроектовані для чоловіків і жінок.

Склад і кількість обладнання побутових приміщень, їх розмір необхідної площі обраний з урахуванням кількості працюючих даного цеху. На першому поверсі розташовані приміщення масового користування: гардероб з туалетами, умивальниками, душові, медичний пункт, кімната прийому їжі. На верхньому поверсі розміщені цехові, адміністративно-конторські приміщення, лабораторія.

На відкритих майданчиках розташовуються шахтні вапняно-випалювальні печі, циклони, склад вапняку.

Зона ремонту включає в себе майданчики для виконання ремонтних робіт, площу для монтажу і демонтажу обладнання.

Зона технологічного обладнання та ремонту розташовується по периметру обладнання на рівні 2 м від підлоги. У місцях обслуговування обладнання на висоті понад 2 м спроектовані майданчики з постійною сходами до них, на одній стороні яких вільний прохід шириною 0,7 м. Настил виконаний на майданчику з рифленої сталі. По периметру майданчиків обслуговування влаштовані огороження висотою 1 м із забитою на 15 см знизу суцільний бортовий обшивкою.

Службові сходи на майданчиках обслуговування виконані з поручнями. Ширина маршу 0,7-0,9 м, висота підсходинок 250-280 мм, кут нахилу до підлоги 45 °

						Арк
						82
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.01.01.ПЗ	

Ширина вільного проходу між обладнанням визначена з урахуванням висоти виступаючих елементів сусідніх агрегатів. Цей прохід не використовується для обслуговування і ремонту самого устаткування. Він потрібен для переходу робітників з однієї ділянки агрегату на інший.

У місцях відсутності приладів, допоміжного обладнання відстань від стіни до агрегатів чи суміжному обладнанню одно не менше 0,8 м [1].

					ПД.01.01.ПЗ	Арк
						83
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, спрямованих на попередження негативного впливу людської діяльності підприємства на навколишню природу, що забезпечує належні і безпечні умови людській життєдіяльності. Беручи до уваги швидкий розвиток науково-технічного прогресу, перед населенням землі постала непроста задача – охорона важливих складових середовищ (земля, вода, повітря), схильних сильному забрудненню техногенними відходами і викидами, що призводить до окислення землі і води, руйнування озонового шару землі та кліматичним змінам. Промислова політика всього світу привела до таких незворотних і істотних змін в навколишньому середовищі, що це питання (охорона середовища на підприємстві) стало загальносвітовою проблемою і примусило муніципальні апарати створити тривалу екологічну політику зі створення внутрішньодержавного контролю з ПДВ.

Основними критеріями для поліпшення екології в країні є: охорона припасів природного резерву, забезпечення безпеки екології, збільшення і формування екологічного мислення у населення, а також контроль над екологією в індустрії. Охорона середовища на підприємстві зумовила ряд заходів по зниженню рівня забруднень:

- виявлення, оцінка, незмінний контроль і обмеження викиду шкідливих частин в атмосферу, також створення технологій і техніки, які охороняють і зберігають природу і її ресурси;
- розробка правових законів, спрямованих на охоронні заходи середовища і стимулювання виконаних вимог та профілактики комплексу природоохоронних заходів;

					<i>ДП.01.01.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Волков М.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>				84	106
<i>Консультант</i>					<i>СНУ ім. В. Даля</i>		
<i>Н.Контроль</i>					<i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>					

– профілактика екологічної обстановки методом виділення спеціально відведених територій (зон).

Твердими відходами в виробництві хімічно осадженої крейди є: вапняк фракцією менше 40 мм, вапно фракцією менше 20 мм, відходи гасіння в вигляді недопалу і пилу, осадженого при очищенні газів вапняно-випалювальних печей. Рідкі відходи – вапняна суспензія з гідроциклонів, фільтрат після розділення крейдяної суспензії і забруднена вода зі зрошуваних циклонів випалювальних печей, шлам з вібросит при очищенні крейдяної суспензії. Газоподібні викиди в атмосферу – це відпрацьовані гази з карбонізаторів та карбонізаційних колон (запиленість не більше 10 мг/м³) і димові гази із сушарок (запиленість не більше 20 мг/м³). Вміст в димових газах шкідливих речовин після очищення нижче гранично допустимих концентрацій.

Відходами, що знову використовуються у виробництві хімічно осадженої крейди є: забруднена вода зі зрошуваних циклонів печей, яка повертається після фільтрації на зрошування; фільтрат крейдяної суспензії, який використовується після відстоювання або фільтрації у процесі гасіння вапна; недопал крупніше 40 мм, який повертається на випал у вапняно-випалювальні печі. Вапно фракцією менше 20 мм продається споживачам в якості будівельного вапна.

Осад після фільтрації вапняної суспензії із гідроциклонів перероблюють на меліорант для кислих та підзолистих ґрунтів. Для цього його висушують і піддають подрібнюванню разом з вапняком і пилом вапняно-випалювальної печі. Отриманий меліорант за своєю ефективністю не тільки не поступається гіпсу, крейді, дефекату і ін., а часто перевищує їх, що пояснюється більш високою активністю іонів кальцію.

Осад після фільтрації вапняної суспензії з гідроциклонів і пил вапняно-випалювальної печі може перероблюватися на будівельне вапно.

Вапняк фракцією менше 40 мм може бути використаний в якості будівельного щебеню, а відфільтрований осад після гідроциклонів і вібросита – у виробництві силікатної цегли [1].

						Лист
					ДП.01.01.ПЗ	86
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 хімічно осадженої крейди 180 тис. т/рік. Виробництво складається з однієї технологічної лінії.

Калькуляція діючого виробництва хімічно осадженої крейди станом на 2020 р. приведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Калькуляція діючого виробництва хімічно осадженої крейди

Найменування статей витрат	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю продукції		
		кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Сировина і основні матеріали, в т.ч.				
Вапняк	кг	1465	0,15	219,75
Природний газ	м ³	88	11,81	1071,84
Разом сировина і основні матеріали	грн			1291,59
Енерговитрати, в т.ч.				
Електроенергія	кВт/год	55,5	2,27	125,98
Вода річкова фільтрована	м ³	8,8	9,492	83,53
Повітря	м ³	15,9	0,16	2,54
Разом енерговитрати	грн			212,05
Зарплата основна з нарахуваннями	грн			32,06
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ)	грн			42,08
в т.ч. амортизація				10,55
Загальновиробничі витрати	грн			9,26
Інші				7,15
Повна собівартість	грн			1594,19

					ПД.01.01.ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Волков М.В.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Золотарьова				87	106
Консультант					СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм		
Н.Контроль							
Зав. каф.		Суворін О.В.					

Техніко-економічні
розрахунки

Дані з графіка ППР:

1. Календарний фонд часу $T_{\text{кал}} = 8760$ годин.
2. Плановані простої в ремонті $T_{\text{рем}} = 480$ годин

Структура основних виробничих фондів виробництва хімічно осадженої крейди представлена в табл. 7. 2.

Таблиця 7. 2 – Структура основних виробничих фондів

Найменування	Кошторисна вартість, тис. грн
1. Будівлі	12998,58
2. Споруди	79848,42
Усього будівлі і споруди	92847
3. Основне технологічне устаткування	43328,6
4. Допоміжне устаткування	18569,4
Усього устаткування	61898
Усього основні фонди	154745,0

7.1.2 Проектовані організаційно-технічні заходи

Новим технічним рішенням пропонується вапняк перед подачею в вапняно-випалювальну піч зволожувати розчином хлоридної кислоти в кількості 0,9%мас. від маси вапняку. Зволоження вапняку розчином хлоридної кислоти дозволяє збільшити швидкість дисоціації вапняку, що у свою чергу приводить до підвищення ступеня випалу вапняку.

Впровадження нового технічного рішення дасть можливість збільшити вихід вапна за рахунок підвищення ступеня випалу вапняку, що позитивно вплине на вихід готової продукції – хімічно осадженої крейди.

7.2 Розрахунок річної виробничої потужності

Виробництво хімічно осадженої крейди є безперервним виробництвом.

Річна виробнича потужність визначається за формулою [27]:

$$\Pi_p = q_r \cdot N \cdot T_{\text{эф}}, \quad (47)$$

де $q_r = 21,7$ – годинна продуктивність устаткування, т/г;

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

Ефективний фонд робочого часу [27]:

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{рем}}, \quad (48)$$

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

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

$$T_{\text{эф}} = 8760 - 480 = 8280 \text{ годин.}$$

Річна виробнича потужність діючого виробництва:

$$\ddot{I}_\delta^0 = 21,7 \cdot 1 \cdot 8280 = 180 \text{ т/г.}$$

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

$$\ddot{I}_\delta^1 = Q_1 = 23,2 \cdot 1 \cdot 8280 = 191,7 \text{ т/г.}$$

При цьому відбувається збільшення випуску продукції (ΔQ) в порівнянні з виробництвом, що діє (Q_0).

Індекс потужності підприємства визначається за формулою [27]:

$$J_Q = \frac{Q_1}{Q_0}, \quad (49)$$

$$J_Q = \frac{191700}{18000} = 1,065.$$

						Арк
						89
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

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.
Збірник хлоридної кислоти	1	135000	135000
Разом вартість устаткування		135000	135000

Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування з урахуванням додаткових витрат на транспортування і монтаж представлена в табл. 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	
Збірник хлоридної кислоти	135000	4050	24300	163350
Усього вартість устаткування	135000	4050	24300	163350

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 [27]

									Арк
									90
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

$$I^B = \frac{H_{B_1}}{H_{B_0}}, \quad (50)$$

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 ($I^Ц$) на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів розраховуються за формулою [27]:

$$I^Ц = \frac{Ц_1}{Ц_0}, \quad (51)$$

де $Ц_0$, $Ц_1$ – 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, $I^u = 1$.

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 ($I^{\hat{A}_{\text{ош}}}$) [27]:

$$I^{BUEY} \approx I^{B_{yc}} = \frac{B_{yc1}}{B_{yc0}} = \frac{B_{yc0} + \Delta B_{yc}}{B_{yc0}}, \quad (52)$$

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.

$$I^{BUEY} = \frac{61,898 + 0,16335}{61,898} = 1,00263.$$

						Арк
						91
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

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 повної собівартості одиниці продукції за статтями «Сировина і матеріали» та «Енерговитрати» відбувається оберненопропорційно збільшенню обсягу виробництва.

Зміна повної собівартості за статтею «Сировина і матеріали»:

За проектом додається соляна кислота вартістю 35,5 грн/т (23,1 кг/т за ціною 1,2 грн/кг), при цьому собівартість зміниться у відсотках наступним чином:

$$\Delta C = 100 \cdot \frac{35,50}{1594,19} = 2,22 \%$$

Зміна повної собівартості за статтею «Сировина і матеріали» [27]:

$$\Delta C = 100 \cdot (I^B \cdot I^C - 1) \cdot d_{cc} \cdot d_i, \quad (53)$$

де I^B – індекс зміни витрат пару;

I^C – індекс зміни ціни на ресурси.

$$\Delta C = 100 \cdot (0,97 \cdot 1 - 1) \cdot 0,75 \cdot \frac{219,75}{1291,59} = -1,73\%$$

Зміна повної собівартості за статтею «Зарплата основна з нарахуваннями» [27]:

$$\Delta c_{\text{зар.пл.}} = 100 \cdot \left(\frac{I_{\text{ст}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{\text{ст}}, \quad (54)$$

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

									Арк
									92
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ				

$$\Delta C = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,065} - 1 \right) \cdot 0,02 = -1,061\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «ВУЕУ» [27]:

$$\Delta c = 100 \cdot \left(\frac{I_{ст}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{ст} \cdot d_{ам}, \quad (55)$$

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

$$\Delta C = 100 \cdot \left(\frac{1,00263}{1,065} - 1 \right) \cdot 0,03 \cdot 0,3 = -0,068\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «Загальнопромислові витрати» [27]:

$$\Delta c_{заг.вироб.} = 100 \cdot \left(\frac{I_{ст}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{ст}, \quad (56)$$

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

$$\Delta C = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,065} - 1 \right) \cdot 0,05 = -2,06\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «Інші витрати» [27]:

$$\Delta c_{інші} = 100 \cdot \left(\frac{I_{ст}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{ст}, \quad (57)$$

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

$$\Delta C = 100 \cdot \left(\frac{1,0}{1,065} - 1 \right) \cdot 0,004 = -0,156\%.$$

Згідно розрахунків отримані результати приведені в табл. 7.5.

Запропоновані заходи призводять до зниження собівартості продукції у вартісному виразі на 9,73 грн. за 1 тону хімічно осадженої крейди.

						Арк
						93
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

Таблиця 7.5 – Зміна собівартості продукції

Статті витрат	Витрати на діючому виробництві		Зміна витрат		Витрати в проєктованом у виробництві
	грн/т	питома вага, d _{ст}	%	грн	грн/т
Сировина і матеріали в т.ч. соляна кислота	1291,59	0,81	-4,05	-28,15	1263,44
Енерговитрати	212,05	0,3	-0,783	-7,45	204,6
Зарплата основна нарахуваннями	32,06	0,02	-1,061	-0,95	31,11
ВУЕУ	42,08	0,03	-1,95	-0,67	41,41
Загальновиробничі витрати	9,26	0,05	-2,06	-0,56	8,7
Інші витрати	7,15	0,004	-0,156	-0,57	6,58
Усього	1594,19	1,0	-1,256	-9,73	1587,46

7.5 Розрахунок техніко-економічних показників

Зміна річного обсягу виробництва [27]:

у натуральному виразі:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0, \quad (58)$$

$$\Delta Q = 0$$

у вартісному виразі [27]:

$$Q^B = Q \cdot Ц, \quad (59)$$

де Ц = 1600 – ціна 1 т хімічно осадженої крейди, грн.

$$Q_0^{\hat{a}} = 180000 \cdot 1600 = 264000 \text{ тис.грн.};$$

$$Q_1^{\hat{a}} = 191700 \cdot 1600 = 281160 \text{ тис.грн.};$$

$$\Delta Q^B = 281160 - 264000 = 17160 \text{ тис.грн.}$$

або в відсотковому відношенні зміна вартісного обсягу виробництва складе [27]:

$$\Delta Q^B = \left(\frac{Q_1^B}{Q_0^B} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (60)$$

						Арк
						94
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДП.01.01.ПЗ

$$\Delta Q^{\hat{a}} = \left(\frac{281160}{264000} - 1 \right) \cdot 100 = 8,9\%.$$

Зміна собівартості одиниці продукції [27]:

$$\Delta C = C_1 - C_0, \quad (61)$$

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

$$\Delta C = 1594,19 - 1587,46 = -9,73 \text{ грн}$$

або в відсотковому відношенні зміна собівартості складе [27]:

$$\Delta C = \left(\frac{C_1}{C_0} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (62)$$

$$\Delta C = \left(\frac{1587,46}{1594,19} - 1 \right) \cdot 100 = -2,45\%.$$

Прибуток на одиницю продукції [27]:

$$\Pi = \Pi - C, \quad (63)$$

$$\Pi_0 = 1600 - 1594,46 = 289,87 \text{ грн/т};$$

$$\Pi_1 = 1600 - 1587,46 = 298,87 \text{ грн/т}.$$

Зміна прибутку на одиницю продукції [27]:

$$\Delta \Pi = \Pi_1 - \Pi_0, \quad (64)$$

$$\Delta \Pi = 298,87 - 289,87 = 9,73 \text{ грн/т};$$

у відсотковому виразі [27]:

$$\Delta \Pi = \left(\frac{\Pi_1}{\Pi_0} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (65)$$

						Арк
						95
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$\Delta\Pi = \left(\frac{298,87}{289,87} - 1 \right) \cdot 100 = 3,1\%.$$

Вартість основних фондів:

Основні фонди на діючому виробництві складають:
 $\Phi_0 = 154745,0$ тис. грн.

Основні фонди на проектованому виробництві знаходяться за формулою [27]:

$$\Phi_1 = \Phi_0 + \Phi_{\text{вв}}, \quad (66)$$

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

$$\Phi_1 = 154745 + 163,35 = 154908,35 \text{ тис. грн.}$$

Фондовіддача:

на діючому виробництві [27]:

$$f = \frac{Q^{\text{в}}}{\Phi}, \quad (67)$$

$$f_0 = 264000/154745 = 1,7 \text{ грн/грн.};$$

на проектованому виробництві:

$$f_1 = 281160/154908,35 = 1,81 \text{ грн/грн.}$$

Зміна фондівіддачі:

у абсолютному виразі [27]:

$$\Delta f = f_1 - f_0, \quad (68)$$

$$\Delta f = 1,81 - 1,7 = 0,11 \text{ грн/грн.};$$

у відсотковому виразі [27]:

$$\Delta f = (f_1/f_0 - 1) \cdot 100 \%, \quad (69)$$

						Арк
						96
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

$$\Delta f = (1,81/1,7 - 1) \cdot 100 = 6,4 \%$$

Річний прибуток [27]:

$$\Pi^p = \Pi \cdot Q, \quad (70)$$

на діючому виробництві:

$$\dot{I}_0^{\delta} = 289,87 \cdot 180 = 63771,4 \text{ тис. грн.};$$

на проектованому виробництві:

$$\dot{I}_1^{\delta} = 298,87 \cdot 191,7 = 70025,5 \text{ тис. грн.}$$

$$\Delta \Pi^p = \left(\frac{\Pi_1^p}{\Pi_0^p} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (71)$$

$$\Delta \Pi = \left(\frac{70025,5}{63771,4} - 1 \right) \cdot 100 = 10,9 \%$$

Рентабельність витрат на виробництво [27]:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\%, \quad (72)$$

на діючому виробництві:

$$P_0 = \frac{298,87}{1594,19} \cdot 100 = 27,7;$$

на проектованому виробництві:

$$P_1 = \frac{289,87}{1584,46} \cdot 100 = 29,6\%.$$

Зміна рентабельності витрат на виробництві:

у абсолютному вигляді [27]:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_0, \\ \Delta P &= 29,6 - 27,7 = 1,9 \%. \end{aligned} \quad (73)$$

Продуктивність праці основних робітників [27]:

						Арк
						97
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi^n = \frac{Q}{N}, \quad (74)$$

де $N = 27$ – чисельність основних робітників, особа.

$$\ddot{I}_0 = \frac{180000}{27} = 8148,15 \text{ \$/року}.$$

$$\ddot{I}_1 = \frac{191700}{27} = 8677,77 \text{ \$/року}.$$

Зміна продуктивності праці основних робітників:

у абсолютному виразі: $\Delta \ddot{I} = 407,41 \text{ \$/року}$;

у відсотковому виразі: $\Delta \Pi^n = 5\%$.

Річний економічний ефект від зниження собівартості визначається за формулою [27]:

$$E_p = \Delta C \cdot Q_1, \quad (75)$$

де $\Delta C = -9,73$ – зміна собівартості одиниці продукції, грн/т;

$Q_1 = 234300$ – річна виробнича потужність підприємства, т/рік.

$$\dot{A}_0 = -9,73 \cdot 191700 = -2279,74 \text{ тис. грн.}$$

Річний економічний ефект від збільшення прибутку:

$$\Delta \Pi = \Pi_1 \cdot Q_1 - \Pi_0 \cdot Q_0 = 70025,5 - 63771,4 = 6254,1 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності одноразових витрат визначається за формулою [27]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Phi_{\text{вв}}}{E_p}, \quad (76)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{163,35}{6254,1} = 0,03 \text{ року.}$$

						Арк
						98
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

Результати розрахунків зведено в табл. 7.6.

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	180	191,7	8,9
• у вартісному вигляді	млн. грн	264,0	281,16	8,9
2. Ціна одиниці продукції	грн/т	1600,0	1600,0	-
3. Річна собівартість виробництва продукції	тис. грн	350721,8	366010,26	3,68
4. Річний прибуток від виробництва продукції	тис. грн	63771,4	70025,5	8,67
5. Собівартість одиниці продукції	грн/т	1594,19	1584,46	-2,45
6. Прибуток на одиницю виробленої продукції	грн/т	289,87	298,87	3,1
7. Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	27,7	29,6	1,9
8. Вартість основних виробничих фондів	тис. грн	154745,0	154908,35	0,11
9. Фондовіддача	грн/грн	1,7	1,81	6,4
10. Чисельність основних робітників	осіб	27	27	-
11. Продуктивність праці основних робітників	т/люд	8148,15	8555,56	5,0
12. Одноразові витрати на заходи	тис. грн	-	163,35	-
13. Річний економічний ефект від:				
• зниження собівартості	тис. грн	-	-2279,74	-
• збільшення прибутку	тис. грн	-	6254,1	-
14. Термін окупності одноразових витрат	років	-	0,03	-

Аналіз техніко-економічних показників показує, що запропоновані заходи приведуть до зміни потужності виробництва на 8,9%, при цьому скоротиться споживання матеріально-енергетичних ресурсів та умовно-постійних витрат на одиницю продукції, що зменшить її собівартість на

2,45%. При цьому прибуток на одиницю продукції збільшиться на 3,1%. Одноразові витрати на заходи складають 163350 грн. Вартість основних фондів збільшиться на 0,11%. Фондовіддача збільшиться на 6,4%. Рентабельність витрат на виробництво зросте на 1,9 %.

Річний економічний ефект від зниження собівартості продукції складе 2279,74 тис. грн, від збільшення прибутку 6254,1 тис. грн.

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

						Арк
						100
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.01.01.ПЗ	

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблена стадія випалу вапняку в виробництві хімічно осадженої крейди потужністю 180 тис. т/рік.

На підставі огляду та аналізу патентно-технічної літератури по способу одержання вапна було запропоновано нове технічне рішення, яке дало можливість збільшити вихід вапна за рахунок підвищення ступеня випалу вапняку, що позитивно вплине на вихід готової продукції – хімічно осадженої крейди. З урахуванням прийнятого нового технічного рішення була удосконалена технологічна схема виробництва хімічно осадженої крейди.

В дипломному проекті виконаний розрахунок матеріального та теплового балансів шахтної вапняно-випалювальної печі, а також її технологічний та гідравлічний розрахунок, розраховано та вибрано технологічне обладнання стадії випалу вапняку.

Запропонована система автоматизації шахтної вапняно-випалювальної печі дозволяє проводити технологічний процес відповідно до норм технологічного режиму. Дотримання норм технологічного режиму забезпечує найбільшу продуктивність вапняно-випалювальної печі та високу якість продукції, що відповідає нормам ГОСТу.

Велика увага в проекті приділена питанню охорони повітряного басейна, відходам виробництва та способам їх утилізації.

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

Впровадження пропонованого технічного рівня дасть річний економічний ефект від зниження собівартості продукції – 2279,74 тис. грн.

					<i>ДП.01.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Волков М.В.</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					101	106
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Свєорін О.В.</i>						