

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Виробництво хлориду калію. Розробити сушарку киплячого шару

Виконав:
студент групи ХМдн-74р
Лапко Владислав Геннадійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн – 74р

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Лапку Владиславу Геннадійовичу

1 Тема роботи: Виробництво хлориду калію. Розробити сушарку киплячого шару

2 Вихідні дані: Розробити апарат киплячого шару продуктивністю 720 т/добу для сушіння кристалів хлориду калію. Початкова вологість матеріалу 5,0 %, а кінцева – 0,5 %. Початкова температура матеріалу становить 20°C. У якості теплоносія виступають димові гази з температурою 800°C. Діапазон розміру частинок матеріалу +1,0...+4,0 мм.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення сушарки</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Креслення кільця упорного та решітки</u> | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Смирнов В. О. Технологія збагачення вугілля : Навчальний посібник / В. О. Смирнов, П. В. Сергєєв, В. С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2011. – 476 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2020 р.

Керівник

підпис

доц. Юхименко М.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 51 с., 4 рис., 2 табл., 2 додатки, 17 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва хлориду калію, складальне креслення сушарки киплячого шару, креслення кільця упорного та решітки – усього 4 аркуші графічної частини (3,0×А1).

Тема кваліфікаційної роботи «Виробництво хлориду калію. Розробити сушарку киплячого шару».

У роботі наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення основних вузлів сушарки киплячого шару, виконано розрахунки матеріального і теплового балансів процесу сушіння. Проведено технологічні розрахунки апарату, визначено його габаритні розміри, визначено гідравлічний опір сушарки, розраховано і підібрано допоміжне обладнання, виконано розрахунки апарату на міцність та герметичність, розглянуто заходи монтажу та ремонту апарату. У розділі «Охорона праці» розглянуто нещасні випадки, пов'язані з виробництвом, порядок їх розслідування, спеціальне розслідування.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО, ХЛОРИД КАЛІЮ, КРИСТАЛИ, СУШІННЯ, ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР, МОНТАЖ, РЕМОНТ, НЕЩАСНИЙ ВИПАДОК.

Зміст

	<i>C.</i>
<i>Вступ</i>	5
1 Технологічна частина	7
<i>1.1 Опис технологічної схеми виробництва хлориду калію</i>	7
<i>1.2 Теоретичні основи процесу сушіння</i>	10
<i>1.3 Опис конструкції сушарки киплячого шару та вибір основних конструкційних матеріалів</i>	15
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	19
<i>2.1 Технологічні розрахунки</i>	19
<i>2.2 Конструктивні розрахунки</i>	27
<i>2.3 Гідравлічні розрахунки</i>	31
<i>2.4 Розрахунок та вибір допоміжного обладнання</i>	33
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	40
4 Монтаж та ремонт апарату	41
<i>4.1 Монтаж апарату</i>	41
<i>4.2 Ремонт апарату</i>	43
5 Охорона праці	47
<i>Список літератури</i>	50
<i>Додаток А – Графічне зображення реального процесу сушіння димовими газами на I – x діаграмі</i>	
<i>Додаток Б – Специфікації до графічної частини</i>	

					XI.C.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Апарат киплячого шару Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Лапко</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Юхименко</i>						4	51
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМдн – 74р		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>							

використовується в якості складової частини для виробництва комплексних мінеральних добрив, а також в металургії, піротехніці, текстильній, скляній, миловарній, фармацевтичній, целюлозно-паперовій, шкіряній і багатьох інших галузях промисловості [3].

Кваліфікаційна робота бакалавра являє собою комплексне навчально-дослідне та практичне розроблення, що виконується на базі теоретичних знань і практичних навичок, набутих студентом після вивчення дисциплін, визначених вимогами кваліфікаційної характеристики фахівця за відповідною спеціальністю. Даний проект виконано у відповідності до методичних вказівок [4] із представленням усіх регламентованих розділів.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Широке застосування мають пневмомеханічні флотаційні машини, в яких перемішування пульпи здійснюється одночасно імпульсом і стисненим повітрям.

Загальна технологічна схема отримання хлориду калію флотаційним методом представлена на рис. 1.1.

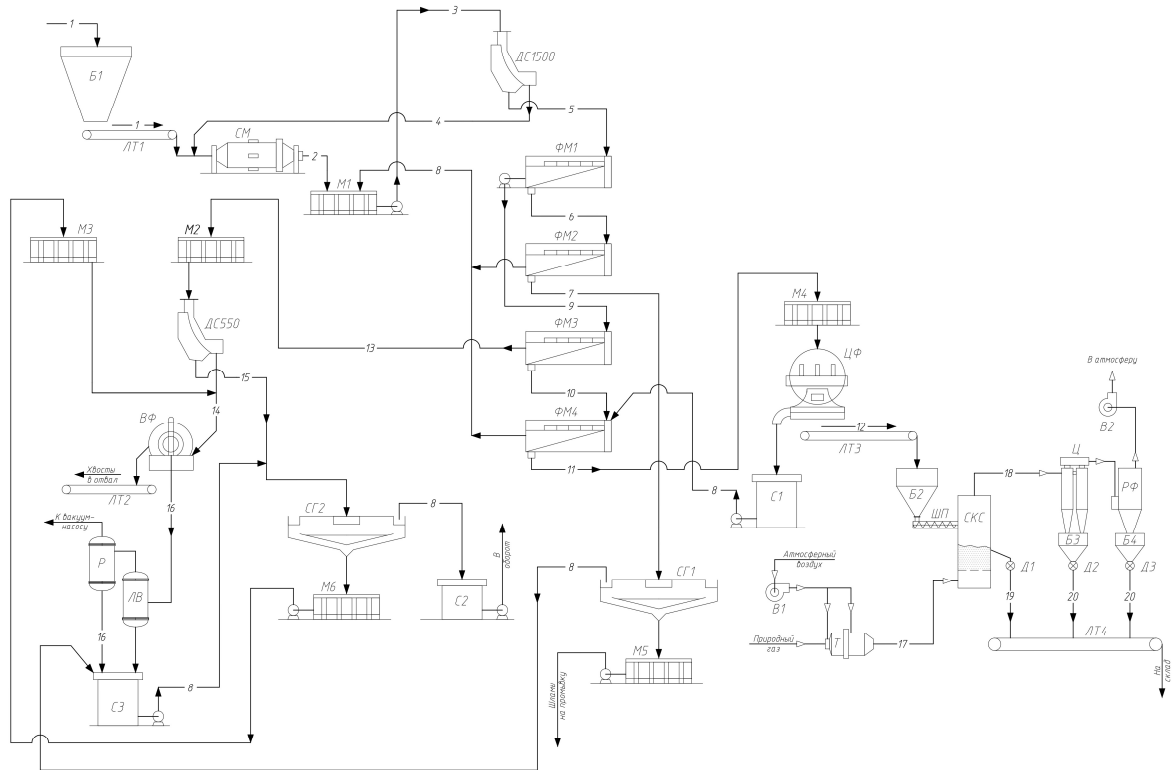


Рисунок 1.1 – Технологічна схема отримання хлориду калію флотаційним методом

У даному проекті об'єктом розробки є сушарка киплячого шару, а отже більш детально розглянемо блок сушіння кристалів KCl (рис. 1.2). Принцип роботи цього блоку полягає у наступному. Зневоднений концентрат хлориду калію за допомогою стрічкового транспортеру ЛТ3 потрапляє до бункеру вологого концентрату Б2. Звідки за допомогою шнекового живильника ШП спрямовується у сушарку киплячого шару СКС. Сушарка киплячого шару являє собою вертикальну шахту, що розділена по висоті горизонтальною решіткою на дві камери: нижню і верхню.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист

8

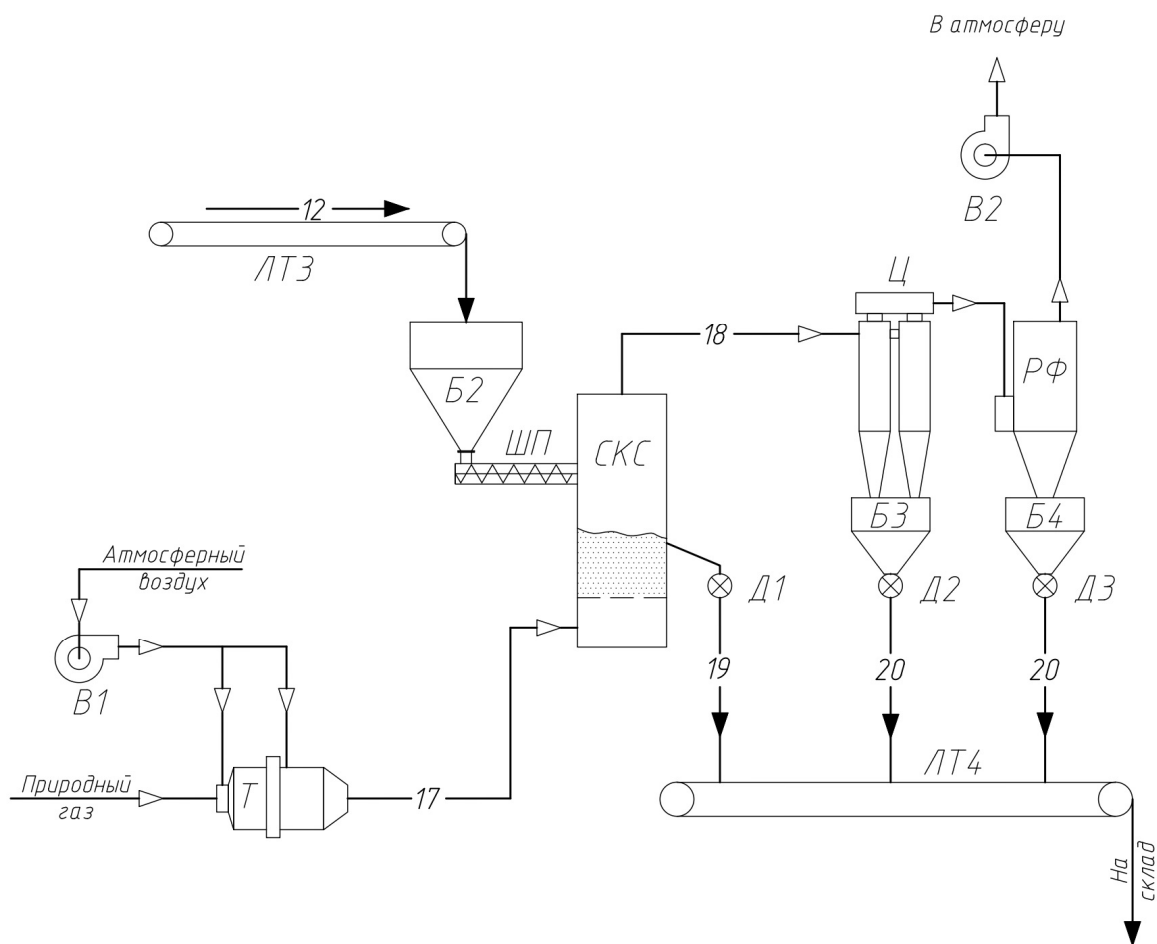


Рисунок 1.2 – Блок сушіння кристалів хлориду калію

Через нижню камеру, до якої примикає топка T , обладнана дуттєвим вентилятором, у сушарку подають димові гази. Верхня камера обладнана завантажувальним і розвантажувальним пристроями. У топці спалюється природний газ. Повітря для забезпечення горіння і пониження температури сушильного агента подається у топку за допомогою повітрорудки $B1$.

Сутність цього способу сушіння полягає у тому, що вихідний матеріал на розподільній решітці потоками газу приводиться у псевдозріджений стан. Швидкість потоку газу крізь решітку підбирається такою, щоб матеріал на решітці перебував у завислому «киплячому» стані. У стані «кипіння» кожен кристал продукту омивається потоком гарячих газів, у результаті чого між газом і KCl створюється продуктивний контакт. При проходженні димових газів крізь киплячий шар з поверхні частинок

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист

9

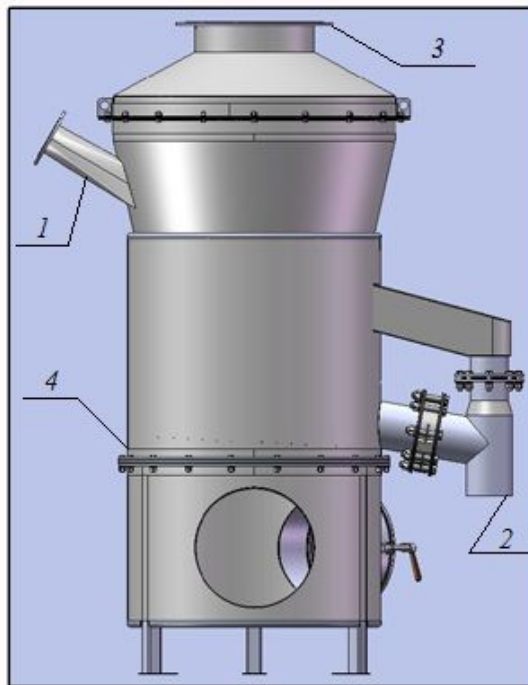


Рисунок 1.4 – Схематична модель сушарки киплячого шару:

*1 – завантажувальний пристрій; 2 – розвантажувальний пристрій;
3 – патрубок для виходу відпрацьованих димових газів; 4 – газорозподільна
решітка*

Правильний вибір матеріалів і технології виготовлення апаратів сприяє збільшенню тривалості їх ефективною експлуатації, зниженню трудомісткості їх виготовлення та собівартості. Вибір матеріалів та заготовок обумовлюється характером виробництва, конструктивними, експлуатаційними та технологічними особливостями, а також економічною доцільністю. Вибір конструкційних матеріалів для виготовлення основних деталей і вузлів проекрованої сушарки киплячого шару проводився на підставі [7, 8].

Матеріалами для виготовлення сталевих зварних апаратів є напівфабрикати, які поставляються металургічною промисловістю у вигляді листового, сортового та фасонного прокату, труб, спеціальних поволоків та відливків. Матеріали повинні бути хімічно та корозійностійкими в заданому середовищі при її робочих параметрах, володіти гарною

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист

16

зварюваністю та відповідними міцнісними та пластичними характеристиками в робочих умовах, допускати холодну та гарячу механічну обробку, а також мати якомога нижчу вартість та бути недефіцитними. Якість, хімічний склад та механічні властивості матеріалів повинні відповідати вимогам діючих стандартів і ТУ та бути підтвердженими сертифікатами заводів-поставників.

Також, обираючи матеріали заготовок, враховують: механічні властивості матеріалів, хімічну стійкість, теплопровідність, технологічність у виготовленні та вартість матеріалу. Одним із найважливіших показників при виборі матеріалу є здатність матеріалу добре зварюватися, адже більшість нероз'ємних з'єднань при виготовленні хімічних апаратів виконують саме зварюванням.

Вибір конструкційного матеріалу виконується так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечити високу якість та ефективну технологію виготовлення апарату. Із огляду на температурні параметри процесу сушіння (до 800°C) тиск в апараті (атмосферний) та помірну агресивність речовин, у якості основного матеріалу для виготовлення апарату киплячого шару обираємо низьколеговану (із вмістом легуючих елементів до 2,5 %) сталь, що поставляється у вигляді листового прокату товщиною (4–160 мм) згідно з ГОСТ 5520-2017 та ГОСТ 19281-2014.

Сталь 16ГС – сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Використовується для виготовлення апаратів, фланців, днищ, обичайок, судів. Поставляється у вигляді сталевих листів. Характеризується гарною зварюваністю, високою міцністю та ударною в'язкістю, використовується в інтервалі температур від –70°C до +875°C. Добре деформується в гарячому і холодному стані, легко піддається обробці різанням, добре зварюється всіма видами зварювання.

Сталь Ст3 – конструкційна вуглецева сталь звичайної якості. Застосовується для виготовлення збірників, насосів, несучих елементів

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

зварних і незварних конструкцій, що працюють при температурах від -40°C до $+725^{\circ}\text{C}$. Добре зварюється усіма видами зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості. Поставляється у вигляді листового та фасонного прокату.

Сталь 35Х – конструкційна легована сталь. Застосовується для виготовлення осей, валів, шестерень та інших полішуваних деталей. Обмежено зварювана, схильна до відпускнуї крихкості.

Пароніт – листовий матеріал прокладки, виготовлений пресуванням асбокаучукової маси, що складається з азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів. Застосовується для ущільнення фланцевих з'єднань.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок сушарок киплячого шару полягає у визначенні їх необхідної сумарної площі [5].

У якості палива використовуємо природний сухий газ такого складу: $CH_4 = 92,0$ % об.; $C_2H_6 = 0,5$ % об.; $H_2 = 5,0$ % об.; $CO = 1$ % об.; $N_2 = 1,5$ % об.

Теоретична кількість сухого повітря L_0 , що витрачається на спалювання 1 кг палива, за рівнянням:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot CO + 0,248 \cdot H_2 + \sum \frac{(m+n/4) \cdot C_m H_n}{(12m+n)} \right], \quad (2.1)$$

де склади горючих газів виражені в об'ємних частках.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{(1+4/4)}{(12 \cdot 1 + 4)} \cdot 0,92 + \frac{(2+6/4)}{(12 \cdot 2 + 6)} \cdot 0,005 \right] = 17,686 \text{ кг} / \text{кг}.$$

Для визначення теплоти згоряння палива скористаємося характеристиками горіння простих газів.

У такому разі, кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 м³ газу:

$$Q_v = \sum \phi_i \cdot H_i = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,05 \cdot 10810 + 0,01 \cdot 12680 = 33868 \text{ кДж} / \text{м}^3,$$

де ϕ_i – об'ємна частка компонентів газу;

H_i – тепловий ефект реакції (кДж/м³).

Густина газоподібного палива ρ_T за рівнянням:

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}, \quad (2.2)$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

де M_i – молярна маса i -того компонента палива, кмоль / кг;

t_m – температура палива, що дорівнює 20°C ;

v_0 – молярний об'єм, рівний $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

Підставивши значення, отримаємо:

$$\rho_T = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) \cdot 273}{22,4(273 + 20)} = 0,652 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива за рівнянням:

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T}; \quad (2.3)$$

$$Q = \frac{33868}{0,652} = 51945 \text{ кДж} / \text{кг}.$$

Маса сухого газу, що подається в сушарку, в розрахунку на 1 кг палива, що спалюється визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші $t_{cm} = 800^\circ\text{C}$.

Значення α знаходимо з рівнянь матеріального і теплового балансів.

Рівняння матеріального балансу за формулою:

$$1 + L_0 = L_{c.z.} + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n, \quad (2.4)$$

де $L_{c.z.}$ – маса сухих газів, що утворюються при згорянні 1 кг палива;

$C_m H_n$ – масова частка компонентів, при згорянні яких утворюється вода, кг/кг.

Рівняння теплового балансу за формулою:

$$Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + \alpha \cdot L_0 \cdot I_0 = [L_{c.z.} + L_0 \cdot (\alpha - 1)] \cdot i_{c.z.} + \left[\alpha \cdot L_0 \cdot x_0 + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n \right] \cdot i_n, \quad (2.5)$$

									Лист
									20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

де $\eta=0,95$ – загальний коефіцієнт корисної дії, що враховує ефективність роботи топки і втрати тепла топкою в навколишнє середовище;

c_T – теплоємність газоподібного палива при 20°C , дорівнює $1,34 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

I_0 – ентальпія свіжого повітря, що дорівнює $41,9 \text{ кДж}/\text{кг}$;

x_0 – вологовміст свіжого повітря, ($0,0092 \text{ кг}/\text{кг}$ сухого повітря), при температурі $t_0 = 18^\circ\text{C}$ і відносній вологості 72% (за діаграмою, Додаток А);

$i_{\text{с.г.}}$ – ентальпія сухих газів, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$$i_{\text{с.г.}} = c_{\text{с.г.}} \cdot t_{\text{с.г.}}, \quad (2.6)$$

$$i_{\text{с.г.}} = 1,15 \cdot 750 = 862,5 \text{ кДж}/\text{кг},$$

$c_{\text{с.г.}}$ і $t_{\text{с.г.}}$ – відповідно теплоємність і температура сухих газів; теплоємність сухих газів приймаємо рівною теплоємності сухого повітря при 800°C .

$c_{\text{с.г.}} = 1,15 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; $t_{\text{с.г.}} = 800^\circ\text{C}$;

$i_{\text{п}}$ – ентальпія водяної пари, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$$i_{\text{п}} = r_0 + c_{\text{п}} t_{\text{п}}, \quad (2.7)$$

$$i_{\text{п}} = 2500 + 1,85 \cdot 800 = 3980 \text{ кДж}/\text{кг},$$

r_0 – теплота випаровування води при температурі 0°C , дорівнює $2500 \text{ кДж}/\text{кг}$;

$c_{\text{п}}$ – середня теплоємність водяної пари, що дорівнює $1,85 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

$t_{\text{п}}$ – температура водяної пари $t_{\text{п}} = 800^\circ\text{C}$.

Вирішуючи спільно рівняння щодо коефіцієнта надлишку повітря α , отримаємо:

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T - i_{\text{с.з.}} \cdot \left(1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n\right) - i_n \cdot \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n}{L_0 (i_{\text{с.з.}} + i_n \cdot x_0 - I_0)}. \quad (2.8)$$

									Лист
									21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Запишемо рівняння робочої лінії сушіння за формулою:

$$\Delta = \frac{I - I_1}{x - x_1} \text{ або } I = I_1 + \Delta(x - x_1). \quad (2.17)$$

Для побудови робочої лінії сушіння на діаграмі $I - x$ необхідно задати координати (I і x) мінімум двох точок.

Координати однієї точки відомі: $I_1 = 982$ кДж/кг, $x_1 = 0,0583$ кг/кг. Для знаходження координат другої точки задамося довільним значенням x і визначимо відповідне значення I . Нехай $x = 0,1$ кг вологи/кг сухого повітря. Тоді отримаємо: $I = 982 - 850 \cdot (0,1 - 0,0583) = 946$ кДж/кг.

Далі проводимо лінію сушіння на діаграмі $I-x$ через дві точки з координатами $x_1 = 0,0583$; $I_1 = 982$ і $x = 0,1$; $I = 946$ до перетину з заданим параметром відпрацьованого повітря $t_2 = 100$ °С. У точці перетину лінії сушіння і ізотерми 100 °С знаходимо кінцевий вологовміст відпрацьованого повітря $x_2 = 0,25$ кг/кг (див. Додаток А).

Витрата сухого газу на сушіння розраховуємо за рівнянням:

$$L_{c.g.} = \frac{W}{x_2 - x_1}; \quad (2.18)$$

$$L_{c.g.} = 0,4 / (0,25 - 0,0583) = 2,09 \text{ кг/с.}$$

Витрата сухого повітря на сушку розраховуємо за рівнянням:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}; \quad (2.19)$$

$$L = 0,4 / (0,25 - 0,0092) = 1,66 \text{ кг/с.}$$

Середня температура повітря в сушарці:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}; \quad (2.20)$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$t_{cp} = (800 + 100) / 2 = 450^{\circ}\text{C}.$$

Середній вологовміст повітря в сушарці:

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2}{2}; \quad (2.21)$$

$$x_{cp} = \frac{0,0583 + 0,25}{2} = 0,154 \text{ кг вологи/кг сухого повітря}$$

Середня густина сухого повітря і водяної пари відповідно:

$$\rho_{св.возд.} = \frac{M_{с.в.}}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{cp.}}, \quad \rho_{в.п.} = \frac{M_{в.п.}}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{cp.}} \quad (2.22)$$

де $M_{с.в.} = 29$ – молярна маса сухого повітря, кмоль/кг;

$M_{в.п.} = 18$ – молярна маса водяної пари, кмоль/кг;

v_0 – молярний об'єм, рівний $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$;

$$\rho_{с.в.} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 450} = 0,506 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{в.п.} = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 450} = 0,314 \text{ кг/м}^3.$$

Середня об'ємна продуктивність за повітрям за рівнянням:

$$V = \frac{L}{\rho_{с.в.}} + \frac{x_{cp} \cdot L}{\rho_{в.п.}}; \quad (2.23)$$

$$V = \frac{2,02}{0,506} + \frac{0,154 \cdot 2,02}{0,314} = 4,98 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Знаходимо швидкість початку псевдозрідження:

$$w_{nc} = \frac{Re \cdot \mu_{cp}}{\rho_{cp} \cdot d_3}, \quad (2.24)$$

$$де Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} - \text{критерій Рейнольдса};$$

$$Ar = \frac{d_3^3 \cdot \rho_{cp} \cdot g \cdot \rho}{\mu_{cp}^2} - \text{критерій Архімеда.}$$

$\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$ – щільність частинок матеріалу, що висушується (вихідні дані);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення сили тяжіння;

μ_{cp} – в'язкість повітря при середній температурі:

$$\mu_{cp} = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273} \right)^{3/2};$$

$$\mu_{cp} = 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273 + 124}{273 + 425 + 124} \left(\frac{273 + 425}{273} \right)^{3/2} = 34,16 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с},$$

де $\mu_0 = 17,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – в'язкість повітря при 0°C ;

$C = 124$ – постійна Сатерленда для повітря;

$$d_3 = \frac{1}{\sum_1^n \frac{m_i}{d_i}} - \text{еквівалентний діаметр полідисперсних частинок матеріалу};$$

n – число фракцій;

d_i – середній ситовий розмір i -тої фракції, м;

m_i – вміст i -тої фракції, мас. частки.

Розрахуємо d_3 на підставі вихідних даних про склад фракцій продукту:

									Лист
									27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Приймаємо діаметр апарату $D = 2400$ мм.

Максимальний діаметр частинок становить 4,0 мм. Перевіряємо умови псевдозрідження частинок максимального розміру.

Ш видкість повітря біля газорозподільної решітки:

$$w_{\text{реи}} = w \cdot (273 + t_1) / (273 + t_2) = 1,15 \cdot (273 + 800) / (273 + 100) = 3,3 \text{ м/с.} \quad (2.29)$$

Швидкість повітря в отворах решітки:

$$W_{\text{от}} = w_{\text{реи}} / F_c = 3,3 / 0,03 = 110,3 \text{ м/с,} \quad (2.30)$$

де F_c – частка живого перетину решітки, яка приймається в інтервалі від 0,02 до 0,1. Приймаємо $F_c = 0,03$.

Швидкість псевдозрідження частинок максимального розміру:

$$w_{\text{кр.от}} = W_{\text{от}} / K_w = 110,3 / 2,8 = 39,4 \text{ м/с,} \quad (2.31)$$

де $K_w = 2,8$ – прийняте раніше робоче число псевдозрідження.

Критерій Архімеда для частинок максимального розміру:

$$Ar_{\text{max}} = \frac{(4,0 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,506 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 10^3}{(34,16 \cdot 10^{-6})^2} = 54,45 \cdot 10^4.$$

Критерій Рейнольдса для частинок максимального розміру:

$$Re_{\text{max}} = \frac{54,45 \cdot 10^4}{1400 + 5,22 \sqrt{54,45 \cdot 10^4}} = 103,7 \cdot$$

Швидкість газу, що необхідна для зрідження частинок максимального розміру:

$$w_{\text{кр(мак)}} = \frac{103,7 \cdot 34,16 \cdot 10^{-6}}{0,506 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}} = 1,75 \text{ м/с.}$$

									Лист
									30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Оскільки $v_{кр(от)} = 39,4 \text{ м/с} > v_{кр(max)} = 1,75 \text{ м/с}$, буде мати місце псевдозрідження частинок максимального розміру.

Висота $H_{ст}$ пов'язана з діаметром отворів розподільчих решіток d_0 співвідношенням $H_{ст} \approx 20 d_0$; отже, $H \approx 80 d_0$.

Діаметр отворів розподільчих решіток вибирають з ряду нормальних розмірів. Вибираємо $d_0 = 2,5 \text{ мм}$.

Тоді:

$$H = 80 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ м.}$$

Висоту сепарації простору сушарки H_c приймаємо в 4–6 разів більше висоти псевдозрідженого шару:

$$H_c = 5 \cdot H = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ м.}$$

Загальна висота апарату (над решіткою):

$$H + H_c = 0,2 + 1 = 1,2 \text{ м.}$$

2.3 Гідравлічні розрахунки [10]

Основну частину загального гідравлічного опору сушарки складають гідравлічний опір псевдозрідженого шару та опір самої решітки:

$$\Delta P = \Delta P_{nc} + \Delta P_p. \quad (2.32)$$

Гідравлічний опір псевдозрідженого шару знаходимо за рівнянням:

$$\Delta P_{nc} = \rho \cdot (1 - \varepsilon) \cdot g \cdot H, \quad (2.33)$$

де ε – порозність псевдозрідженого шару.

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P}; \\ \frac{P_{np} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u - P_{np}} \end{array} \right\}, \quad (3.7)$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,1 \cdot 2,4}{2 \cdot 1 \cdot 129 - 0,1} = 0,00093 \\ \frac{0,22 \cdot 2,4}{2 \cdot 1 \cdot 218 - 0,22} = 0,0012 \end{array} \right\} = 0,0012 \text{ м} = 1,2 \text{ мм}$$

Виходячи з конструктивних і технологічних міркувань мінімальну товщину стінки (без надбавки на корозію) вальцьованих циліндричних обичайок діаметром від 2000 мм до 4000 мм рекомендується приймати не менше 5 мм [13]. Приймаємо $S_p = 5$ мм.

Виконавчу товщину стінки обичайки корпусу апарату визначаємо за формулою:

$$S \geq S_p + C, \quad (3.8)$$

$$S \geq 5,0 + 2,3 = 7,3 \text{ мм} .$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки обичайки корпусу апарату $S = 8$ мм.

Допустимий внутрішній тиск для обичайки корпусу апарату товщиною $S = 8$ мм визначаємо:

– в робочих умовах

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 129 \cdot (8 - 2,3)}{2400 + (8 - 2,3)} = 0,61 \text{ МПа} \quad (3.9)$$

– в умовах гідравлічних випробувань

$$[P]_{np} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 218 \cdot (8 - 2,3)}{2400 + (8 - 2,3)} = 1,03 \text{ МПа} \quad (3.10)$$

Таким чином $P = 0,1 \text{ МПа} < [P] = 0,61 \text{ МПа}$;

$P_{np} = 0,22 \text{ МПа} < [P]_{np} = 1,03 \text{ МПа}$, тобто міцність обичайки сушарки забезпечується як в робочому стані, так і при гідравлічних випробуваннях.

Перевіряємо умову застосовності розрахункових формул для обичайок $D \geq 2000 \text{ мм}$:

$$\frac{S-C}{D_p} \leq 0,1; \quad (3.11)$$

$$\frac{8-2,3}{2400} = 0,0024,$$

що менше 0,1 – умову застосовності формул виконано.

Сушарка зверху закрита конічним невідборттованим днищем (кришкою) за ГОСТ 12620-78 з кутом при вершині $2\alpha = 120^\circ$, привареною до обичайки корпусу сушарки. Матеріал кришки – сталь 16ГС.

Номінальна товщина стінки кришки сушарки:

$$S_{кр} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}; \\ \frac{P_{np} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{ii} - P_{np}} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \end{array} \right\}, \quad (3.12)$$

де $\alpha = 60^\circ$ – половина кута при вершині конуса.

$$S_{кр} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,1 \cdot 2,4}{2 \cdot 1 \cdot 129 - 0,1} \cdot \frac{1}{\cos 60^\circ} = 0,0019 \\ \frac{0,22 \cdot 2,4}{2 \cdot 1 \cdot 218 - 0,22} \cdot \frac{1}{\cos 60^\circ} = 0,0024 \end{array} \right\} = 0,0024 \text{ м} = 2,4 \text{ мм}$$

З конструктивних і технологічних міркувань приймаємо виконавчу товщину стінки кришки апарату рівній товщині стінки обичайки апарату:

$$S_k = S = 8 \text{ мм.}$$

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					39

Допустимий внутрішній тиск для кришки товщиною $S_k = 8$ мм визначаємо:

– в робочих умовах

$$[P] = \frac{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] \cdot (S_k - C) \cdot \cos \alpha}{D + (S_k - C) \cdot \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 129 \cdot (8 - 2,3) \cdot \cos 60^\circ}{2400 + (8 - 2,3) \cdot \cos 60^\circ} = 0,31 \text{ МПа} \quad (3.13)$$

– в умовах гідравлічних випробувань

$$[P]_{np} = \frac{2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_{II} \cdot (S_k - C) \cdot \cos \alpha}{D + (S_k - C) \cdot \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 218 \cdot (8 - 2,3) \cdot \cos 60^\circ}{2400 + (8 - 2,3) \cdot \cos 60^\circ} = 0,52 \text{ МПа} \quad (3.14)$$

Таким чином:

$$P = 0,1 \text{ МПа} < [P] = 0,31 \text{ МПа};$$

$$P_{np} = 0,22 \text{ МПа} < [P]_{np} = 0,52 \text{ МПа},$$

тобто міцність кришки сушарки забезпечується як в робочому стані, так і при гідравлічних випробуваннях.

Перевіряємо умову застосовності розрахункових формул:

$$\frac{S_k - C}{D_p} \leq \frac{0,1}{\cos \alpha} \quad (3.15)$$

$$\frac{8 - 2,3}{2400} = 0,024 \leq \frac{0,1}{\cos 60^\circ} = 0,2.$$

Умову застосовності формул виконано.

Остаточно приймаємо конічне невідбортоване днище (кришку) 120-2400-8 за ГОСТ 12620-78 із внутрішнім діаметром 2400 мм, товщиною 8 мм і з кутом при вершині 120° .

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

4 Монтаж та ремонт апарату

4.1 Монтаж апарату [14, 15]

Роботи по будівництву споруд та будівель доручають будівельній організації – генеральному підрядчику. Ця організація долучає в якості субпідрядників спеціалізовані організації для виконання монтажних, сантехнічних, електротехнічних, теплоізоляційних та інших робіт.

Для виконання монтажних робіт розробляється проект проведення робіт (ППР), який містить:

- *відомості про об'єми монтажних робіт та кошторисно-фінансові розрахунки за трудовими затратами;*
- *об'єми виготовлення металоконструкцій і трубопроводів, а також трудові витрати на їх виготовлення і монтаж;*
- *технічні рішення по монтажу обладнання із застосуванням вантажопідйомних кранів і засобів механізації;*
- *графік суміщеного проведення будівельних, монтажних і спеціальних робіт, що виконуються всіма організаціями на об'єкті; робочі креслення металоконструкцій і трубопроводів, а також схеми і технологічні карти на послідовність монтажу металоконструкцій і трубопроводів;*
- *перелік монтажного обладнання, механізмів, інструментів та матеріалів, необхідних для виконання монтажних робіт;*
- *креслення на необхідні помости, ліса, драбини та площадки для виконання робіт на висоті;*
- *перелік заходів з техніки безпеки і охорони праці.*

Монтаж установок киплячого шару проводять за допомогою самохідних стрілових кранів. Після установки обладнання на фундамент проводять вивірку за відхиленнями від проектних осей і відміток в горизонтальному і вертикальному напрямках. Вибір способу провадження

						Лист
					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	41
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

монтажних робіт і використовуваних механізмів залежить від конструкції, маси і габаритів обладнання.

При монтажі апаратури застосовують наступні методи:

Метод ковзання без відриву від землі застосовується для установки вертикальних апаратів за допомогою самохідних кранів або щогл. Апарат підводиться за монтажні пристрої, закріплені на корпусі вище центру ваги. Нижня частина апарату, укладена на сани або візок, при підйомі підтягують трактором або лебідкою до фундаменту. Вантажопідйомність крану повинна бути не менше маси апарату.

Метод витискання – різновид методу повороту навколо шарніра. Штовхачі закріплені за допомогою шарніра до корпусу апарата. Нижні кінці штовхачів встановлюються на колії. При роботі лебідки кінці штовхачів рухаються по рейках і піднімають апарат до вертикального положення. Цей метод застосовується в обмежених умовах, коли не можна використовувати вантажопідйомні крани і неможливо встановити щогли з розтяжками.

Метод повороту навколо шарніра. Шарнір розташований поблизу фундаменту і закріплений до нього. Нижній кінець апарату з'єднаний з шарнірним пристроєм. При підйомі за верхівку апарат повертається на шарнірі і при досягненні вертикального положення своєю основою встановлюється на фундамент. Такий спосіб дозволяє піднімати апарати значно більшої маси в порівнянні з вантажопідйомністю монтажних кранів або механізмів.

Послідовність подачі деталей і вузлів сушарки в монтажну зону відображається в технологічній монтажній карті або в окремому графіку. У графіку вказуються: час подачі деталей і вузлів; місце, до якого деталь або вузол повинні бути подані; застосовувані транспортні та підйомні засоби і трудові витрати. Запас деталей в монтажній зоні не повинен перевищувати 2–3 змінної потреби. Складання вузлів і деталей в монтажній зоні повинно проводитися так, щоб не заважати виконанню монтажних

										XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
											42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

робіт. Подачу деталей до місця монтажу бажано проводити в зміну, вільну від монтажу.

Монтаж сушарок киплячого шару зводиться по суті до установки апарату на фундамент або опорну металоконструкцію, вивірки його, випробуванню на міцність і щільність з'єднань (швів, фланців, прокладок) і приєднання його до комунікацій.

Установку на фундамент можна проводити будь-яким наявним механізмом достатньої вантажопідйомності: мостовими кранами, тельферами, електроталями, автокранами, щоглами і т. д. При відсутності зазначених механізмів в зоні монтажу можуть бути застосовані ручні талі, домкрати та інші прості такелажні пристрої.

Встановлений апарат піддається вивірці по осях, висотним відміткам і орієнтації штуцерів і патрубків щодо комунікацій.

Допустимі відхилення по осях і висоті лежать в межах ± 2 мм для апаратів, що стоять групами, і ± 5 мм для окремо розташованих апаратів.

Під час вивірення апаратів за базу приймають фланці горловини і штуцери. Вивірка апарату здійснюється: по осях за допомогою нівеліра або гідростатичного рівня; по відстані між апаратами – за допомогою рулетки.

Основна увага при монтажі має приділятися щільності фланцевих з'єднань. Установка прокладок на місце повинна проводитися дуже ретельно, робоча поверхня фланців повинна бути очищена від бруду та іржі. Для того щоб прокладка не змістити зі свого місця (при плоских фланцях), її прив'язують до фланця нитками.

4.2 Ремонт апарату [15]

У процесі експлуатації технологічного обладнання спостерігаються відхилення від норми в роботі обладнання і вихід його з ладу. Для підтримки обладнання в робочому стані передбачена система технічного обслуговування і ремонтів. Передбачено капітальний і технологічний ремонт обладнання.

									Лист
									43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

XI.C.00.00.00 ПЗ

Технологічний ремонт – це ремонт, який здійснюється в процесі експлуатації для забезпечення працездатності обладнання, що складається в заміні і відновленні окремих його частин і їх регулювання.

Капітальний ремонт – це ремонт, який здійснюється з метою відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові, їх регулювання.

Система ремонтів включає в себе технологічний огляд, поточний, середній і капітальний ремонти. Розглянемо найбільш розповсюджені неполадки в роботі сушарки киплячого шару та способи їх усунення (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Можливі неполадки, їх причини та способи усунення

<i>Неполадки</i>	<i>Причини неполадок</i>	<i>Способи усунення</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Не відбувається подачі матеріалу в апарат</i>	<i>Зупинка живильника або конвеєра через несправність електродвигуна</i>	<i>Ліквідувати несправність живильника, конвеєра або бункера та відновити подачу матеріалу</i>
<i>Різке падіння рівня в збірниках при нормальній подачі</i>	<i>Забивка комунікацій або зупинка насоса</i>	<i>Очистити та промити комунікації, ліквідувати несправність насоса</i>
<i>Підвищення рівня в збірнику</i>	<i>Несправність насосу</i>	<i>Налагодити роботу насоса</i>
<i>Підвищений гідравлічний опір шару гранул в апараті</i>	<i>Збільшення висоти киплячого шару. Утворення крупних агломератів та гранул</i>	<i>Перевірити режим роботи апарату та налагодити роботу розвантажувального патрубку</i>
<i>Відрив полум'я в топці.</i>	<i>Швидкість газоповітряної суміші на виході з топки більше швидкості поширення полум'я</i>	<i>Зменшити подачу газу та первинного повітря в топці</i>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Спостерігається просакування полум'я в пальник топки апарата</i>	<i>Швидкість газоповітряної суміші на виході з топки менше швидкості поширення полум'я</i>	<i>Збільшити подачу газу та первинного повітря</i>
<i>Зниження інтенсивності перемішування та висоти киплячого шару в апараті</i>	<i>Забивка газорозподільчої решітки. Несправність компресора, ресивера</i>	<i>Зупинити апарат та прочистити газорозподільчу решітку, перевірити роботу компресора та ресивера</i>
<i>Підвищення температури димових газів на виході з топок</i>	<i>Нестача первинного та вторинного повітря в топці</i>	<i>Відрегулювати подачу первинного та вторинного повітря</i>
<i>Підвищена вологість продукту на виході з апарату</i>	<i>Недостатня подача або температура теплоносія</i>	<i>Відрегулювати подачу та температуру теплоносія</i>
<i>Механічні неполадки обладнання</i>	<i>Знос окремих деталей, корпусів апаратів тощо. Несвоєчасний планово-попереджувальний ремонт, погане обслуговування</i>	<i>Своєчасно проводити заміну деталей та дотримуватись графіку планово-попереджувального ремонту</i>

Капітальний ремонт сушарки киплячого шару складається з наступних операцій:

- 1. Роз'єднують фланцеві стики, знімається трубна обв'язка, оглядове скло, кришки люків, кришку апарату, верхню та нижню секції апарату, перфоровану газорозподільчу решітку.*
- 2. Встановлюють заглушки. Очищують та промивають апарат і газорозподільчу решітку. Розбракуюють деталі, дефектні деталі замінюються.*

3. *Виготовляють комплект прокладок. Встановлюють перфоровану решітку, прокладки, нижню частину апарату, верхню кришку апаратів, оглядові вікна, люки.*
4. *Знімають заглушки, з'єднують фланцеві стики та встановлюють трубну обов'язку, випробовують апарат та здають його в експлуатацію, після заповнення відповідних ремонтних документів.*

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

5 Охорона праці

Нещасні випадки, пов'язані з виробництвом. Порядок їх розслідування, спеціальне розслідування [16, 17]

Нещасними випадками, пов'язані з виробництвом, вважаються якщо вони відбулися:

- а) в дорозі на роботу або з роботи;*
- б) при виконанні державних і громадських дорученні та обов'язків;*
- в) при виконанні обов'язку громадянина країни по рятуванню людського життя та правопорядку;*
- г) втрати працездатності при виконанні донорських функцій.*

Розслідування нещасних випадків, пов'язаних з роботою, виконується страховим делегатом. Розслідування цих нещасних випадків оформлюється актом довільної форми. Метою розслідування є з'ясувати обставини, стан потерпілого (пов'язаний або не пов'язаний зі сп'янінням).

Нещасними випадками на виробництві вважаються, якщо вони відбулися:

- а) на території організації (підприємства, заводу):*
- б) поза територією організації. Під час виконання роботи за завданням організації (на комунікації тепло- і електромережі на ремонті житлового фонду і т. д.), а також з робітниками, які доставляють на транспорті підприємства.*

Нещасні випадки розслідуються незалежно від того, в який час вони відбулися: перед початком або в кінці роботи, або в період підготовки до неї, або під час миття в душі, або в надурочний час, або під час роботи у вихідні дні. Гострі отруєння і обмороження розслідуються і враховуються як нещасні випадки.

Нещасні випадки, що сталися з працівниками заводу, спрямовані на сільгоспроботи в колгоспи і радгоспи розслідуються керівництвом сільського господарства, а враховуються заводом. Нещасні випадки на виробництві

оформляються актом за формою Н-1. Нещасні випадки на виробництві, що сталися у зв'язку зі сп'янінням, при виготовленні речей для особистих цілей, при використанні транспорту в особистих цілях, розслідуються адміністрацією і тоді, коли не встановлюється зв'язок з виробництвом.

Адміністрація в цьому випадку виносить це питання на обговорення, на акті в правому верхньому куті робить позначку «Нещасний випадок не пов'язаний з виробництвом» і вказує № протоколу і дату засідання. Зазначені нещасні випадки до звіту не включаються.

При незгоді з пропозицією зазначена відмітка не робиться. Висновок технічного інспектора про зв'язок нещасного випадку з виробництвом, вище зазначених нещасних випадків, є обов'язковим для адміністрації.

Коли стався нещасний випадок потерпілий або очевидець зобов'язаний повідомити майстру чи начальнику цеху.

У тих випадках, коли потерпілий про нещасний випадок не повідомив протягом дня або непрацездатність настала пізніше, акт складається після того, коли нещасний випадок підтверджений і доведений беспорно.

Майстер, дізнавшись про нещасний випадок, зобов'язаний надати потерпілому допомогу, повідомити начальнику цеху і зберегти обстановку, при якій стався нещасний випадок.

Начальник цеху зобов'язаний: повідомити керівника організації, комітету профспілки і інженера з охорони праці; провести розслідування спільно зі старшим громадським інспектором цеху з охорони праці та інженером з техніки безпеки протягом 24-х годин, скласти акт за формою Н-1 в 4-х примірниках і направити головному інженеру на затвердження.

Головний інженер організації зобов'язаний: протягом доби розглянути і затвердити акт форми Н-1 і розіслати начальнику цеху та технічному інспекторові.

Групові нещасні випадки (із 2-ма працівниками і більше), смертельні і важкі розслідує технічний інспектор. Ступінь тяжкості нещасних випадків

								XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
									48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

11. Павлов К. Ф. *Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.*
12. *Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.*
13. *Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; Под общ. ред. М. Ф. Михалева. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с.*
14. *Гайдамак К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.*
15. *Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.*
16. *Несчастные случаи, связанные с работой, несчастные случаи на производстве, расследование и их оформление [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://delta-grup.ru/bibliot/19/12.htm>*
17. *Цель расследования несчастных случаев. Методы изучения причин травматизма [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://delta-grup.ru/bibliot/19/13.htm>*