

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

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 – 54р
Басов Дмитро Юрійович

підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:
канд. техн. наук, асистент

Литвиненко А.В.

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

Курс 3 Група ХМдн – 54р

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Басов Дмитро Юрійович

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

2 Вихідні дані: Розробити апарат псевдозрідженого шару для сушіння частинокКСІ продуктивністю 8,33 кг/с. Вологість матеріалу, %: початкова – 6,0; кінцева – 0,5. Температура матеріалу, °С: початкова – 15; кінцева – 90. Теплоносієм є топкові газы з температурою 750 °С. Розмір частинок матеріалу, мм: максимальний – 4,0; мінімальний – 0,5.

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

- | | |
|---|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальний кресленик апарату</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Кресленики вузлів та деталей</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. Романков П. Г. Сушка в кипящем слое / П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская. – Л. : Химия, 1964. – 288 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 2019 р.

Керівник

підпис

асист. Литвиненко А.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 с., 4 рис., 1 табл., 2 додатки, 15 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки виробництва хлориду калію, складальний кресленик сушарки киплячого шару, кресленики вузлів та деталей – усього 4 аркуші графічної частини (3,0 × А1).

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

У роботі наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення основних складових деталей та вузлів сушарки киплячого шару, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу. Також виконано технологічні розрахунки апарату, визначені його геометричні розміри, визначено гідравлічний опір апарату, розраховано та підібрано допоміжне обладнання, виконано розрахунки апарату на міцність та герметичність, розглянуто монтаж і ремонт апарату. У розділі «Охорона праці» розглянуто відповідальність власника за невиконання нормативних вимог охорони праці.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, УСТАНОВКА, ХЛОРИД КАЛІЮ, СУШАРКА, КИПЛЯЧИЙ ШАР, МОНТАЖ, РЕМОНТ, НОРМАТИВНІ ВИМОГИ.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	6
1.2 Теоретичні основи процесу	10
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	14
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	19
2.1 Технологічні розрахунки	19
2.2 Конструктивні розрахунки	27
2.3 Гідравлічний опір апарата	33
2.4 Вибір допоміжного обладнання	35
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	40
4 Монтаж та ремонт апарата	49
4.1 Монтаж розробленого апарата	49
4.2 Ремонт апарата	51
5 Охорона праці	54
Література	60
Додаток А – Процес сушіння топковими газами на I – х діаграмі	
Додаток Б – Специфікації до графічної частини	

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Виробництво КСІ Сушарка КШ	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Басов</i>						4	61
<i>Перевір.</i>	<i>Литвиненко</i>					СумДУ, ХМдн – 54р		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>							

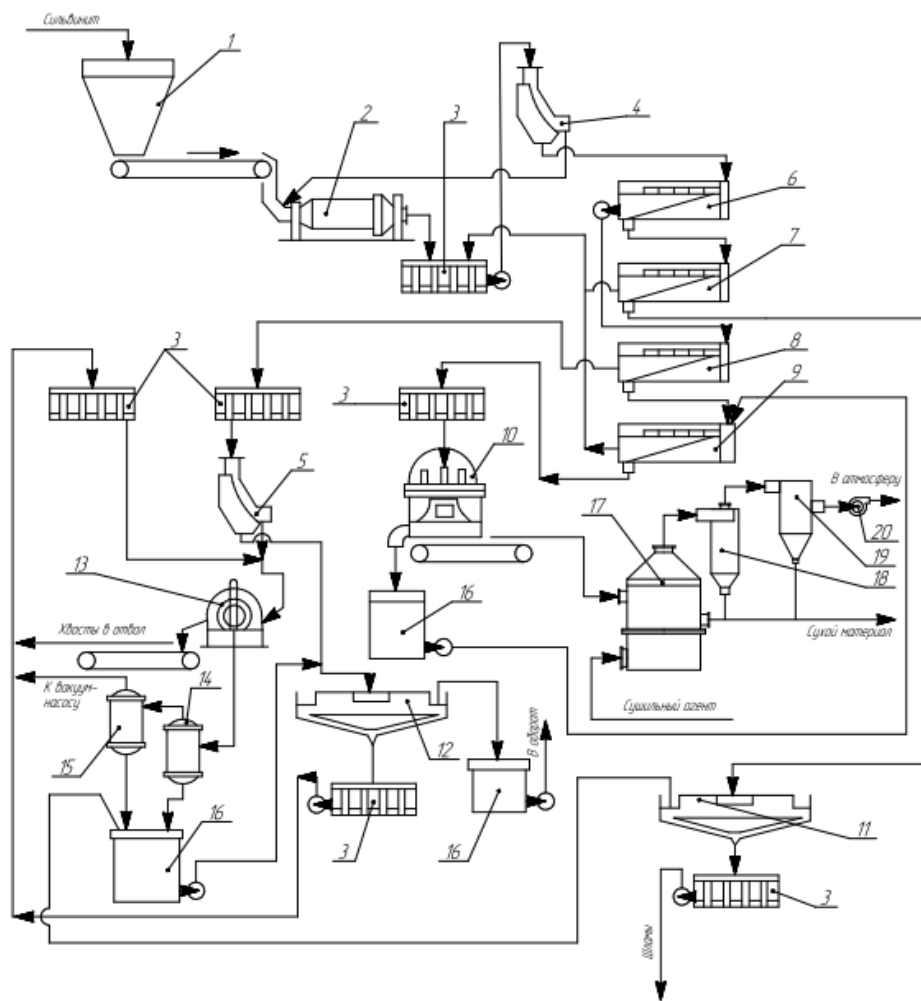


Рисунок 1.1 – Технологічна схема отримання КСІ флотаційним методом

Як збирачу глинистих шламів в пульпу вводять реагент ФР-2 (продукт окислення уайт-спіриту) з додаванням гасу для поліпшення властивостей піни і 0,25% -вого розчину поліакриламідю для зниження витрати реагентів. Тривалість шламової флотації складає 10 хвилин.

Пінний продукт шламової флотації піддають перецищенню у флотаційній машині 6 без додаткової подачі реагентів. Для згущення пінний продукт перецищення піддають освітленню в згущувачі 11. Згущений шлам після протитечійного промивання викидають у відвал, а освітлений насичений розчин повертають у цикл. За допомогою шламової флотації з сильвініту вдається витягти до 85 % нерозчинного залишку.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

який зневоднюється на центрифугі і надходить на сушку. Галітові хвости флотації поділяються на ситі на дві фракції: великі частки (понад 0,2 мм) фільтруються на барабанному вакуум-фільтрі, а дрібні (менше 0,2 мм) – попередньо згущуються і надходять в вакуум-фільтр. Фільтрат і злив згущувача повертаються в цикл виробництва. Кристали галіту на фільтрі відмиваються теплою водою від хлориду калію. Оскільки хлорид натрію в цій схемі не містить глинистих домішок, то продукт може бути використаний для виробництва кальцинованої соди і технічної солі.

Для більш повного вилучення хлориду калію галітові хвости з деяким вмістом сільвіна нагрівають до 60–70 °С. При цьому розчинність хлориду калію підвищується і кристалічний KCl переходить в розчин. Після зневоднення галітової пульпи матковий розчин охолоджують з виділенням в осад хлориду калію. Вміст KCl в отриманому продукті становить 93–95 %.

Метод з депресією шламів застосовують для руд, що містять до 5–6 % нерозчинного осаду.

Флотаційне збагачення сільвініту з депресією глинистих домішок відбувається наступним чином. Попередньо подрібнений сільвініт з бункера через живильник поступає в стрижневий млин, де в середовищі насиченого сольового розчину здійснюється його тонкий помел. Далі сільвініт у вигляді суспензії в розчині (пульпи) подається через збірник за допомогою насоса на дугові сита, де розділяється на дві фракції: зерна розміром більше 0,8 мм направляються знову в млин, менше 0,8 мм – в мішалку, куди надходить депресор глинистих домішок – тілоза. Після обробки тілозою глинисті домішки втрачають активність і не перешкоджають флотації хлористого калію. З мішалки руда надходить у флотаційну машину, де в присутності флотореагента (високоосновних амінів – солянокислого октадециламіну) розділяється на концентрат і флотаційні хвости. Концентрат у вигляді піни направляється на повторну флотацію (перечищення), а потім на згущення в вакуум-фільтрі. З фільтра сира сіль надходить на сушку. Флотаційні хвости основної флотації згущуються в гідроциклонах, згущувачах, вакуум-фільтрах

						ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			9

Суміш сухого газу з парами рідини називається вологим газом. Вологий газ характеризують такі параметри: температура, тиск, густина, відносна і абсолютна вологість, вологовміст, теплоємність, ентальпія.

Абсолютна вологість – це маса водяної пари в одиниці об'єму вологого повітря. Оскільки пар як компонент бінарної газової суміші займає весь об'єм вологого газу, поняття абсолютної вологості збігається з поняттям густини пари ρ_n (в кг/м³) при температурі t і парціальному тиску P_n .

Відносна вологість (φ) – це відношення кількості парів рідини в газі до максимально можливого при даній температурі і загальному тиску або ставлення густини пари ρ_n за даних умов до щільності насиченої пари при тих самих умовах:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{n.n.}} = \frac{P_n}{P_{n.n.}}. \quad (1.1)$$

Під вологовмістом x розуміють кількість пари рідини (в кг), що припадає на 1 кг абсолютно сухого газу:

$$x = \frac{G_n}{L}, \quad (1.2)$$

де G_n – маса (масова витрата) пари, кг (кг/с);

L – маса (масова витрата) абсолютно сухого газу, кг (кг/с).

Питома теплоємність вологого газу приймається адитивною величиною теплоємностей сухого газу та пари.

Питому ентальпію (H) парогазової суміші (в Дж/кг) виражають також за правилом адитивності як суму питомих ентальпій сухого газу $H_{c.z.}$ і пари H_n :

$$H = H_{c.z.} + H_n \cdot x. \quad (1.3)$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Точка K_2 (рис. 1.2) називається другою критичною точкою, а відповідна їй вологість матеріалу – другою критичною вологістю $w''_{кр}$. До кінця другого періоду температура матеріалу підвищується і досягає температури повітря або середовища, що оточують матеріал. Одночасно вологість матеріалу знижується до рівноважної по всій його товщині.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Сушарка киплячого шару (рис. 1.3) являє собою вертикальний апарат, який працює наступним чином. Через патрубок 3 у сушарку подається топкові газу. Верхня камера оснащена завантажувальним 1 і розвантажувальним 2 пристроями. Вологі частинки КСІ подаються у сушарку за допомогою живильника. Вони потрапляють на газорозподільну решітку 5, через яку проходять сушильний агент.

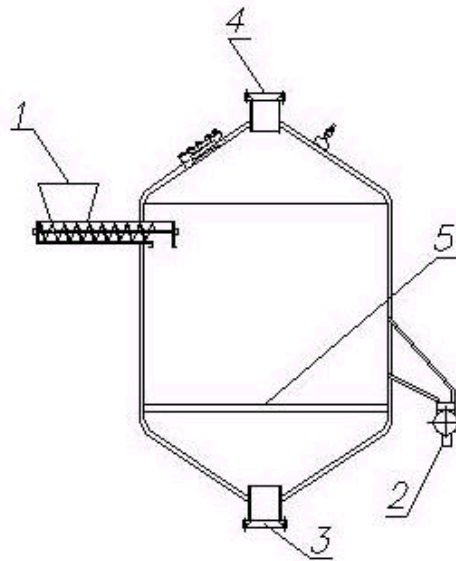


Рисунок 1.3 – Конструктивна хема сушарки киплячого шару:

1 – завантажувальний пристрій; 2 – розвантажувальний пристрій; 3 – патрубок для входу сушильного агента (топкові газу); 4 – патрубок для виходу відпрацьованих топкових газів; 5 – газорозподільна решітка

Сутність цього способу сушки полягає у тому, що вихідний матеріал на розподільній решітці потоками газу приводиться у стан псевдозрідження. Швидкість потоку газу крізь решітку підбирається такою, щоб матеріал на решітці перебував у завислому «киплячому» стані (рис. 1.4).

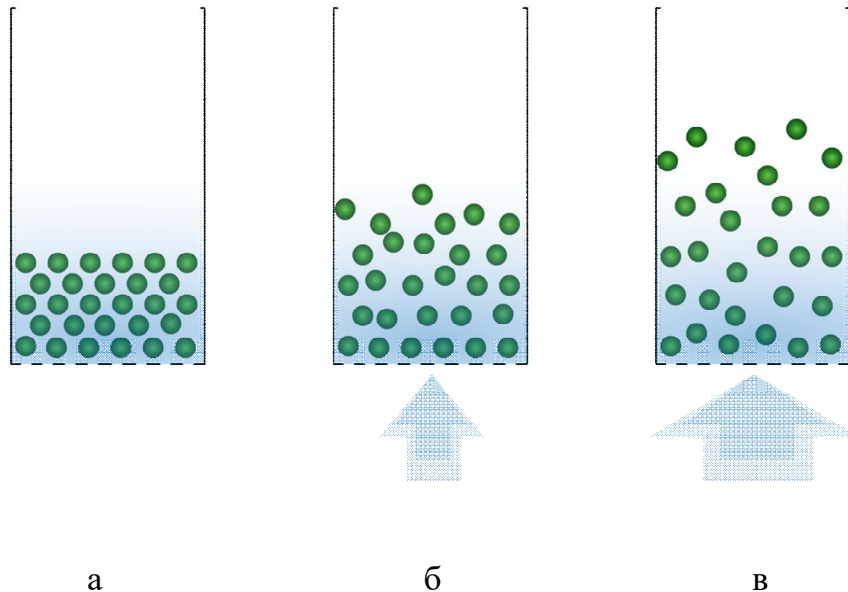


Рисунок 1.4 – Ржими «кипіння» частинок:

а – режим нерухомого шару; б – режим початку «кипіння»; в – режим зважених частинок

У стані стійкого «кипіння» (рис. 1.4, в) кожна частинка матеріалу гарантовано омивається потоком гарячого повітря, у результаті чого між газом і купоросом створюється гарний контакт. Частинки КСІ нібито «течуть» по решітці від точки завантаження до розвантажувального пристрою сушарки. При проходженні зріджуючого повітря крізь киплячий шар із поверхні частинок випаровується волога. Підсушені на решітці більш великі частинки матеріалу видаляються з сушарки по лотку, розташованому над шаром матеріалу, а дрібні частинки – виносяться з шару сушильним агентом і відділяються від нього в батареї циклонів.

при виготовленні хімічних апаратів виконують зварюванням. Хімічна промисловість відрізняється застосуванням агресивних речовин, а тому корозійна стійкість матеріалів є ключовим фактором при виборі матеріалу обладнання та визначає довголіття хімічного обладнання.

Вибір конструкційного матеріалу виконується так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечити високу якість та ефективну технологію виготовлення апарату. З огляду на температурні параметри процесу сушіння (до 750°C) тиск в апараті (до 0,1 МПа) та помірну агресивність речовин, в якості основного матеріалу для виготовлення апарату киплячого шару обираємо низьколеговану (з вмістом легуючих елементів до 2,5 %) сталь, що поставляється у вигляді листового прокату товщиною (4–160 мм) згідно з ГОСТ 5520-79 та ГОСТ 19281-89.

Листовий прокат – основний матеріал при виготовленні апаратів киплячого шару. З листової сталі виготовляють обичайки, днища, фланці, газорозподільчі решітки тощо.

Сталь 16ГС – сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Використовується для виготовлення апаратів, фланців, днищ, обичайок, судів. Поставляється у вигляді сталених листів. Характеризується гарною зварюваністю, високою міцністю та ударною в'язкістю, використовується в інтервалі температур від –70°C до +775°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 зварних і незварних конструкцій, що працюють при температурах від –40°C до +725°C. Добре зварюється усіма видами зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості. Поставляється у вигляді листового та фасонного прокату.

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

Сталь 35Х – конструкційна легована сталь. Застосовується для виготовлення осей, валів, шестерень та інших поліпшуваних 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.

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

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок проводимо у відповідності до методики, що представлена у [6]. У якості палива використовуємо природний сухий газ наступного складу, % об.: 92,0 CH₄; 0,5 C₂H₆; 5,0 H₂; 1 CO; 1,5 N₂.

Теоретична кількість сухого повітря L₀, 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:

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

									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 °С;

v_0 – молярний об'єм, рівний 22,4 м³/кмоль;

$T_0 = 273$ К.

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 $t_{cm} = 750$ °С.

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.

									Лист
									20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Вирішуючи спільно рівняння щодо коефіцієнта надлишку повітря α , отримаємо:

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

Перерахуємо компоненти палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові:

$$\omega_i = \frac{\varphi_i \cdot M_i \cdot T_0}{22,4 \cdot \rho_T \cdot (T_0 + t_T)}, \quad (2.9)$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$\omega(\text{CH}_4) = 0,92 \cdot 16 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,939;$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,005 \cdot 30 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0096;$$

$$\omega(\text{H}_2) = 0,05 \cdot 2 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0064.$$

Кількість вологи, що виділяється при згорянні 1 кг палива:

$$\sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,0096 + \frac{9 \cdot 2}{12 \cdot 0 + 2} \cdot 0,0064 = 2,19 \text{ кг} / \text{кг}.$$

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо за рівнянням:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T - i_{c.z.} \cdot (1 - 2,19) - i_n \cdot 2,19}{L_0 \cdot (i_{c.z.} + i_n \cdot x_0 - I_0)} = \\ &= \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 862,5 \cdot (1 - 2,19) - 3977,5 \cdot 2,19}{17,686 \cdot (862,5 + 3977,5 \cdot 0,0092 - 41,9)} = 2,61 \end{aligned}$$

									Лист
									22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ				

Загальна питома маса сухих газів, одержуваних при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші 750 °С, дорівнює за рівнянням:

$$G_{c.z} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n ; \quad (2.10)$$

$$G_{c.z} = 1 + 2,61 \cdot 17,686 - 2,19 = 44,97 \text{ кг/кг.}$$

Питома маса водяної пари в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива за рівнянням:

$$G_n = \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0 ; \quad (2.11)$$

$$G_n = 2,19 + 2,61 \cdot 0,0092 \cdot 17,686 = 2,62 \text{ кг/кг.}$$

Вологовміст газів на вході в сушарку ($x_1 = x_{cm}$) на 1 кг сухого повітря:

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{c.z}} ; \quad (2.12)$$

$$x_1 = 2,62 / 44,97 = 0,0583 \text{ кг/кг.}$$

Ентальпію газів на вході в сушарку знаходимо за рівнянням:

$$I_1 = 1000 \cdot t + (2493 + 1,97 \cdot t) \cdot 10^3 \cdot x_1 ; \quad (2.13)$$

$$I_1 = 1000 \cdot 750 + (2493 + 1,97 \cdot 750) \cdot 10^3 \cdot 0,0583 = 982 \text{ кДж/кг.}$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

сушіння і ізотерми 100 °С знаходимо кінцевий вологовміст відпрацьованого повітря $x_2 = 0,25$ кг/кг (додаток А).

Витрата сухого газу на сушіння розраховуємо за рівнянням:

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

$$L_{c.g.} = 0,487 / (0,25 - 0,0583) = 2,54 \text{ кг/с.}$$

Витрата сухого повітря на сушку розраховуємо за рівнянням:

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

$$L = 0,487 / (0,25 - 0,0092) = 2,02 \text{ кг/с.}$$

Середня температура повітря в сушарці:

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

$$t_{cp} = (750 + 100) / 2 = 425^\circ\text{C.}$$

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:

									Лист
									26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

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

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 $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$;

$$\rho_{с.в.} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273+425} = 0,506 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{в.п.} = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{273}{273+425} = 0,314 \text{ кг/м}^3.$$

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

Далі розраховуємо (на повний переріз апарату) швидкість початку псевдозрідження за рівнянням:

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

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

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

						Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	

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

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

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

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

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

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

$C = 124$ – постійна Сатерленда для повітря;

$d_3 = \frac{1}{\sum_1^n \frac{m_i}{d_i}}$ – 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:

$$d_3 = \frac{1}{\frac{0,09}{(0+0,5) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,16}{(0,5+1,0) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,36}{(1,0+2,5) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,34}{(2,5+4,0) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,05}{(4,0+0) \cdot 10^{-3}}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{(1,1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,506 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 10^3}{(34,16 \cdot 10^{-6})^2} = 1,33 \cdot 10^4.$$

Критерій Рейнольдса:

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					28

$K_w = w / w_{nc}$ рекомендується вибирати в інтервалі від 3 до 7; при $K_{np} = w_{cb} / w_{nc}$ менше 20–30 значення $K_w = w / w_{nc}$ можна вибирати в інтервалі від 1,5 до 3.

$$K_{np} = \frac{4,0}{0,41} = 9,8.$$

Прийmemo $K_w = 2,8$. Тоді робоча швидкість сушильного агента:

$$w = K_w \cdot w_{nc}; \quad (2.26)$$

$$w = 2,8 \cdot 0,41 = 1,15 / c.$$

Оскільки швидкість витання часток більше робочої швидкості повітря, можна використовувати апарат циліндричної форми.

Діаметр сушарки визначаємо з рівняння:

$$w = \frac{V}{0,785 \cdot d^2}. \quad (2.27)$$

Звідки

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}; \quad (2.28)$$

$$d = \sqrt{\frac{4,98}{0,785 \cdot 1,15}} = 2,348 м.$$

Приймаємо діаметр апарату $d = 2400$ мм.

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

Ш видкість повітря біля газорозподільної решітки:

						Лист
					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_{\text{реш}} = w \cdot (273+t_1)/(273+t_2) = 1,15 \cdot (273+750)/(273+100) = 3,154 \text{ м/с.}$$

Швидкість повітря в отворах решітки:

$$w_{\text{от}} = w_{\text{реш}}/F_c = 3,154/0,03 = 105,13 \text{ м/с,}$$

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:

$$w_{\text{кр.от}} = w_{\text{от}}/K_w = 105,13/2,8 = 37,5 \text{ м/с,}$$

де $K_w = 2,8$ – прийняте 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:

$$Re_{\text{max}} = \frac{54,45 \cdot 10^4}{1400 + 5,22 \sqrt{54,45 \cdot 10^4}} = 103,67.$$

Швидкість газу, необхідна для зрідження частинок максимального розміру:

$$w_{\text{кр(max)}} = \frac{103,67 \cdot 34,16 \cdot 10^{-6}}{0,506 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}} = 1,75 \text{ м/с.}$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Оскільки $v_{кр(от)} = 37,5 \text{ м/с} > v_{кр(max)} = 1,75 \text{ м/с}$, буде мати місце псевдозрідження частинок максимального розміру.

У разі видалення поверхневої вологи (перший період сушіння) було встановлено, що висота псевдозрідженого шару H повинна бути в 4 рази більше висоти зони гідродинамічної стабілізації шару $H_{ст}$, тобто $H = 4H_{ст}$. 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:

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

Число отворів в розподільній решітці за формулою:

$$n = \frac{4SF_s}{\pi d_0^2} = \frac{d^2 F_c}{d_0^2}, \quad (2.29)$$

де S – перетин розподільчої решітки, чисельно дорівнює перерізу сушарки, м^2 ;

$F_c = 0,03$ – прийнята частка живого перетину.

Знайдемо n :

$$n = \frac{2,4^2 \cdot 0,03}{0,0025^2} = 27648.$$

Рекомендується застосовувати розташування отворів в решітці по кутах рівносторонніх трикутників. При цьому поперечний крок t' і поздовжній крок t'' обчислимо по співвідношенням:

									Лист
									32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$t' = 0,95 \cdot d_0 \cdot F_c^{-0,5}; \quad (2.30)$$

$$t' = 0,95 \cdot 0,0025 \cdot 0,03^{-0,5} = 0,014 \text{ м.}$$

$$t'' = 0,866 \cdot t'; \quad (2.31)$$

$$t'' = 0,866 \cdot 0,014 = 0,012 \text{ м.}$$

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

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

Загальна висота апарату (над решіткою):

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

2.3 Гідравлічний опір апарата

Основну частку загального гідравлічного опору сушарки ΔP складають гідравлічний опір псевдозрідженого шару ΔP_{nc} і решітки ΔP_p .

За формулою:

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

Величину ΔP_{nc} знаходимо за рівнянням [8]:

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

де ε – порозність псевдозрідженого шару; знаходимо за формулою:

$$\varepsilon = \left[(18\text{Re} + 0,36\text{Re}^2) / Ar \right]^{0,21}. \quad (2.34)$$

Критерій Рейнольдса для робочого режиму:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho_{cp}}{\mu_{cp}},$$

де w – робоча швидкість сушильного агента.

$$\text{Re} = \frac{1,15 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,506}{34,16 \cdot 10^{-6}} = 18,74.$$

Тоді:

$$\varepsilon = \left[\frac{18 \cdot 18,74 + 0,36 \cdot 18,74^2}{1,33 \cdot 10^4} \right]^{0,21} = 0,5 \text{ м}^3 / \text{м}^3.$$

Гідравлічний опір псевдозрідженим шаром ΔP_{nc} за формулою (2.33):

$$\Delta P_{nc} = 2 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,5) \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 1962 \text{ Па}.$$

Для задовільного розподілу газового потоку необхідно дотримуватися певного співвідношення між гідравлічними опорами шару і решітки. Мінімально допустимий гідравлічний опір решітки $\Delta P_{p_{\min}}$ за рівнянням:

$$\Delta P_{p_{\min}} = \frac{\Delta P_{nc} \cdot K_w^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)}{(K_w^2 - 1)(1 - \varepsilon_0)}. \quad (2.35)$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$\xi_u^{zp} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}^c + K_3 = 1 \cdot 0,86 \cdot 150 + 28 = 157, \quad (2.38)$$

де значення коефіцієнтів в цій формулі згідно становлять: $K_1 = 1$ – поправочний коефіцієнт на діаметр циклону; $K_2 = 0,86$ – коефіцієнт на запиленість газу; $K_3 = 28$ – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов’язаних з груповим прямокутним компонуванням циклонів; $\xi_{500}^c = 150$ – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 500 мм.

$$\Delta P = \frac{\xi_u^{zp} \cdot \rho_t \cdot w_y^2}{2}; \quad (2.41)$$

$$\Delta P = \frac{157 \cdot 0,95 \cdot 3,04^2}{2} = 689 \text{ Па}.$$

Приймаємо діаметр кожного циклону рівним 900 мм. Витрата газу через такий циклон Q_u визначаємо за рівнянням:

$$q_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_y = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\xi_u^{zp} \cdot \rho_t}}; \quad (2.42)$$

$$q_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_y = \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 689}{157 \cdot 0,95}} = 2,3.$$

Кількість циклонів у групі:

$$n = \frac{V}{q_u} = \frac{4,98}{2,3} = 2,16. \quad (2.43)$$

Приймаємо по каталогу циклон групового виконання, що складається з двох елементів: ЦН-15-900×2УП з камерою очищеного газу у вигляді «равлика» і пірамідальним бункером. Продуктивність циклону ЦН-15-900×2УП – 11400–18300 м³/год.

									Лист
									37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунок і підбір рукавного фільтру [4].

Розрахунок рукавного фільтру зводиться до визначення мінімальної поверхні фільтрації F за рівнянням [4]:

$$F = \frac{V}{V_{\text{уд}}^0}, \quad (2.44)$$

де $V = 4,98 \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна витрата газів;

$V_{\text{уд}}^0$ – витрата запиленого газу за нормальних умов через 1 м^2 поверхні тканини (питома витрата), $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Приймаємо $V_{\text{уд}}^0 = 50 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Об'ємна витрата газу $V_{\text{уд}}$ при температурі $95 \text{ }^\circ\text{C}$ становить:

$$V_{\text{уд}} = \frac{V_{\text{уд}}^0 \cdot \rho_0}{\rho_{95}} = \frac{50 \cdot 1,293}{0,96} = 67,4 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (2.45)$$

де $\rho_0 = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$ – густина повітря за нормальних умов;

ρ_{95} – густина повітря на вході в рукавний фільтр.

Приймаємо, що у груповому циклоні температура запиленого повітря знизиться на $5 \text{ }^\circ\text{C}$ і складе $100 - 5 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$. Тоді при вході в рукавний фільтр густина повітря ρ_{95} за формулою:

$$\rho_{95} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,96 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Тоді загальна поверхня фільтрації дорівнює (з урахуванням частки підсмоктується повітря, що дорівнює 1,25):

$$\rho_{95} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,96 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Застосовуємо для проектованої установки фільтр рукавний каркасний з

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					38

імпульсною продувкою марки ФРКИ-360-П8-3-3 з активною поверхнею фільтрації 360 м² (число рукавів – 288, висота рукава – 3 м, число секцій – 8, маса – 10,5 т). Габаритні розміри рукавного фільтру типу ФРКИ-360-П8-3-3: 5750×4210×5355 мм. Продуктивність за очищенням газом – не більше 32400 м³/год.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

Розрахунки на міцність та герметичність виконуємо згідно [11].

У разі обігріву гарячими газами при $t > 250$ °С розрахункову температуру стінки і внутрішніх деталей приймають рівною температурі середовища, збільшеної на 50 °С:

$$t_R = t_c + 50^\circ\text{C} = 425 + 50 = 475^\circ\text{C}, \quad (3.1)$$

де $t_c = (t_1 + t_2)/2 = (750 + 100)/2 = 425^\circ\text{C}$ – середня температура середовища (суміші топкових газів з повітрям) в апараті.

Робочий тиск – це максимальний внутрішній надлишковий тиск, що виникає при нормальному перебігу робочого процесу без урахування гідростатичного тиску середовища і без урахування допустимого короткочасного підвищення тиску під час спрацьовування запобіжного клапана або інших запобіжних пристроїв.

Розрахунковий внутрішній тиск – це тиск, на який здійснюється розрахунок на міцність елементів апарата при максимальній їх температурі. Розрахунковий тиск приймають, як правило, таким, що дорівнює робочому або вище нього. Приймаємо розрахунковий тиск в апараті $P = 0,1$ МПа [11].

Нормативне напруження, що допускається для матеріалу корпусу сушарки 16ГС:

- при температурі 20°С $[\sigma]_{20}^* = 184$ МПа,
- при температурі 475°С $[\sigma]_{475}^* = 129$ МПа.

Допустиме напруження $[\sigma] = \eta \cdot [\sigma]^*$, де η – коефіцієнт, що враховує вид заготовки. Для листового прокату $\eta = 1$. Тоді напруга, що допускається:

- при 20°С – $[\sigma]_{20} = 1 \cdot 184 = 184$ МПа;
- при 475°С – $[\sigma] = 1 \cdot 129 = 129$ МПа.

Межа плинності для сталі 16ГС при температурі 20 °С $\sigma_{T20} = 240$ МПа.

Допустиме напруження при гідравлічних випробуваннях:

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

$$C_1 = \Pi \cdot \tau = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ мм} \quad (3.5)$$

де $\Pi = 0,1$ мм/рік – проникність матеріалу (16ГС);
 $\tau = 15$ років – термін служби апарату відповідно до завдання на проектування.

Тоді за формулою (3.4) отримуємо:

$$C = 1,5 + 0,8 + 0 = 2,3 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт міцності зварних швів $\phi = 1,0$ – для стикового або таврового зварювання з двостороннім проваром, виконаного напівавтоматичним способом. Довжина контрольованих швів 100 % від загальної довжини швів.

Розрахункова (номінальна) товщина стінки обичайки корпусу апарату, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском, визначається за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - P}; \\ \frac{P_{np} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_u - P_{np}} \end{array} \right\}, \quad (3.6)$$

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

де $D = 2400$ мм = 2,4 м – внутрішній діаметр обичайки корпусу апарата.

						ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			42

Остаточню приймаємо кінчне невідбортоване днище (кришку) 120-2400-8 по ГОСТ 12620-78 з внутрішнім діаметром 2400 мм, товщиною 8 мм і з кутом при вершині 120°.

Вертикальні апарати, зазвичай, встановлюють на стійках, якщо їх розміщують всередині приміщення, або на підвісних лапах, коли апарат розміщують між перекриттями в приміщенні або на спеціальних сталевих конструкціях.

Приймаємо тип опори – лапи.

Усі опори для сталевих зварних апаратів стандартизовані.

Конструкції опор для вертикальних апаратів та їх основні характеристики представлено у [9]. Залежно від товщини стінки корпусу апарату лапи приварюються або безпосередньо до корпусу, або до накладного листа.

Матеріал цих деталей вибирається з умови експлуатації. Накладний лист приварюють до корпусу апарата суцільним швом. Якщо опори виготовлені з вуглецевої сталі, а апарат – з корозійностійкої сталі, накладні листи повинні бути виготовлені зі сталі тієї ж марки, що і корпус апарату.

Число опор визначається розрахунком і конструктивними дослідженнями: лап має бути не менше двох, стійок – не менш трьох.

Маса сушарки:

$$M_c = (M_o + M_\delta + M_{кр} + M_\phi) \cdot 1,2, \quad (3.15)$$

де M_o – маса обичайки сушарки, кг;

M_δ – маса днища сушарки, кг;

$M_{кр}$ – маса кришки сушарки, кг;

M_ϕ – маса фланців, кг;

1,2 – коефіцієнт, що враховує масу неврахованих пристроїв (люків, штуцерів, газорозподільної решітки, кріпильних виробів і т. п.).

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

Маса обичайки сушарки:

$$M_o = \pi \cdot (D + S) \cdot S \cdot l_{об} \cdot \rho ; \quad (3.16)$$

де $l_{об} = 2,6$ м – загальна висота циліндричної обичайки;

$\rho = 7850$ кг/м³ – щільність сталі.

Маса кришки (конічного днища) сушарки $M_{кр} = 328,6$ кг .

Маса плоского днища сушарки $M_o = 443,9$ кг .

Маса фланців сушарки:

$$M_{\phi} = M_{\phi 1} + M_{\phi 2} = 502,2 + 503,9 = 1006,1 \text{ кг} .$$

Маса сушарки за формулою (3.15):

$$M_c = (1235 + 328,6 + 443,9 + 1006,1) \cdot 1,2 = 3616 \text{ кг} .$$

Тоді сила тяжіння апарату, яка передається опорам, дорівнює:

$$P = M_c \cdot g = 3616 \cdot 9,81 = 35476 = 35,48 \text{ кН} , \quad (3.17)$$

де $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Навантаження на одну опору визначимо за формулою:

$$Q = \frac{\lambda_1 \cdot P}{Z} + \frac{\lambda_2 \cdot M}{D + 2 \cdot e} , \quad (3.18)$$

де $Z = 4$ – число опор;

$\lambda_1 = 2$ – коефіцієнт, що залежить від числа опор.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Приймаємо перекидаючий момент M рівним нулю, тоді:

$$Q = \frac{2 \cdot 35,48}{4} = 17,74 \text{ кН} .$$

Вибираємо за ОСТ 26-665-79 стандартну опору (лапу) з допустимим навантаженням $Q = 25,0$ кН типу 2 для апаратів з теплоізоляцією.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

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, електроталіями, 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, ± 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 апарата [13]

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 ремонти обладнання.

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.

									Лист
									51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

років, або арештом на строк до шести місяців, або обмеженням волі на строк до двох років.

4. Частина друга ст.173 КК України - ті самі дії, вчинені стосовно громадянина, з яким укладена угода щодо його роботи за межами України караються штрафом від п'ятдесяти до ста неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк до трьох років.

5. Частина перша ст.175 КК України - безпідставна не виплата заробітної плати, стипендії, пенсії чи іншої установленої законом виплати громадянам більш як за один місяць, вчинена умисно керівником підприємства, установи або організації незалежно від форми власності чи громадянином - суб'єктом підприємницької діяльності карається штрафом від п'ятисот до тисячі неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або виправними роботами на строк до двох років, або позбавленням волі на строк до двох років, з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років.

6. Частина друга ст.175 КК України - те саме діяння, якщо воно було вчинене внаслідок нецільового використання коштів, призначених для виплати заробітної плати, стипендії, пенсії та інших встановлених законом виплат, - карається штрафом від тисячі до півтори тисячі неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк до трьох років, або позбавленням волі на строк до п'яти років, з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років.

Кримінальна відповідальність застосовується після проведення перевірки по кримінальному провадженню. Рішення про наявність вини та її ступінь, застосування покарання приймає виключно суд [15].

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Література

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
2. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
4. 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.
5. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
6. Романков П. Г. Сушка в кипящем слое / П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская. – Л. : Химия, 1964. – 288 с.
7. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.
8. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П. Д. Лебедев. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 320 с.
9. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
10. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.

						ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			60

