

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

Кафедра «Хімічний інженіринг»

**Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

Тема роботи: «Сушильна установка для сушіння сульфату амонію. Розробити сушарку киплячого шару»

Виконав:

студент групи ХМ-71/1 КІ

Наталуха Андрій Романович

прізвище та ініціали

Залікова книжка

№17510041

Кваліфікаційна робота бакалавра

Керівник: Юхименко М.П

(к.т.н, доцент)

посада, прізвище та ініціали підпис

захищена з оцінкою _____

«__» _____ 20__ р.

Підпис голови

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра: «Хімічного інженірингу»

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Курс: 4

Група ХМ-71/1 КІ

Семестр: 8

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра

Студенту Наталуха А.Р.

1. Тема роботи: **Сушильна установка для сушіння сульфату амонію.
Розробити сушарку киплячого шару.**

2. Вихідні дані роботи: Продуктивність по вологому матеріалу – 6 000 кг/годину, Вологість матеріалу: Початкова – 4,5 % мас., Кінцева – 0,5 % мас., Температура матеріалу: Початкова – 20 С, Кінцева – 70 С, Сушильний агент – топінні гази, Температура сушильного агента: Початкова – 190 С, Кінцева – 90 С, Розміри частинок матеріалу: Максимальний – 2 мм, Мінімальний – 0,3 мм, Теплові втрати – 15%

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

- технологічна схема установки;
- складальне креслення апарата;
- складальні креслення вузлів;
- креслення деталей.

4. Рекомендована література: «Абрамов О.М. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учеб. для вузов. – СПб.: Изд-во «РАПП», 2009. - 408 с.»; «Навчальний посібник з курсового проектування / А. І. Дубинін, Р. І. Гаврилів, І. О. Гузьова; за ред. А. І. Дубиніна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 360 с.»

5. Етапи виконання курсового проекту:

Етапи і розділи курсового проектування	ТИЖНІ					
	1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
1 Вступ	X X					
2 Технологічна частина		X X X X				
3 Розрахунки конструкторські та на міцність			X X X			
4 Розробка креслень				X X X X		
5 Оформлення записки					X	
6 Захист проекту						X

6 Дата видачі завдання: 31 березня 2020 р.

Керівник проекту: _____ (к.т.н, доцент) Юхименко М.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 50 с., 8 рис., 1 табл., джерел: 40.

Технологічна схема установки, складальне креслення апарата, складальні креслення вузлів, креслення деталей – усього 3,5 аркуші формату А1.

Тема проекту «Сушарка киплячого шару для сушіння сульфату амонію».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння у виробництві сульфату амонію, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату.

На ПЕОМ розрахована ефективна швидкість початку псевдо зрідження, граничне число псевдо зрідження, висота псевдо зрідженого шару та розрахований діаметр сушарки.

Проведено план монтажних, ремонтних робіт. Визначено документи техніки безпеки.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, СУЛЬФАТ АМОНІЮ, СУШАРКА КИПЛЯЧОГО ШАРУ, РОЗРАХУНОК

Зміст

РЕФЕРАТ	2
Вступ.....	3
1. Технологічна частина	5
1.1 Теоретичні основи сушки. Обґрунтування вибору конструкції апарата і матеріалів.....	5
1.2 Опис технологічної схеми отримання сульфату амонію	7
1.3 Основний принцип роботи сушарки, опис апарата.....	9
2. Технологічні розрахунки	12
2.1 Матеріальні баланси і технологічні розрахунки	12
2.1.1. Визначення параметрів топкових газів.....	12
2.1.2. Матеріальний баланс сушильної установки	17
2.1.3 Теплові (енергетичні) баланси і розрахунки	17
2.2 Технологічні розрахунки	20
2.2.1 Розрахунок швидкості псевдозрідження та діаметру сушарки	20
2.2.2 Розрахунок висоти киплячого шару та сушарки	21
2.3 Конструктивні розрахунки	24
2.3.1 Зміцнення отворів	24
2.4 Розрахунок гідравлічного опору сушарки	26
2.5 Вибір додаткового обладнання.....	27
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність.....	28
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата.....	28
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання	30
3.3 Вибір і розрахунок опори	32
3.3.1 Розрахунок на вітрове навантаження	34
4. Монтаж та ремонт апарата	35
4.1 Монтаж розробленого апарата	35
4.2 Ремонт апарату	36
5. Охорона праці	38
Висновки	40
Список літератури	41
Додатки	45

					XI.C.00.00.00 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Недокум.</i>	<i>По</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Наталуха</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Юхименко</i>					3	50
<i>Реценз.</i>					ХМ-71/1 КІ		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							
					БР Сушарка киплячого шару		

Вступ

Сушкою називається процес видалення з матеріалу будь-якої рідини, в результаті чого в ньому збільшується відносний вміст сухої частини. На практиці при сушінні вологих матеріалів, в тому числі харчових продуктів, видаляють головним чином воду, тому під сушкою розуміють процес зневоднення матеріалів. Для цих цілей застосовуються різних видів і конструкцій сушильні установки.

Процес сушіння широко поширений в хімічній галузі: сушка мінеральних добрив, солей, органічних речовин, синтетичних барвників, хімічних волокон, тканин, будівельних матеріалів та ін. У багатьох випадках сушка є однією з найважливіших операцій, що визначають не тільки якість готової продукції, а й техніко-економічні показники виробництва в цілому.

У хімічній промисловості процес сушіння має специфічні особливості, так як часто супроводжується хімічними реакціями або будь-якими термічними процесами. Крім того, матеріали і речовини, що піддаються сушці, надзвичайно різноманітні за фізичними і хімічними властивостями, а технологія виробництва одержуваних продуктів вельми різна. У моєму курсовому проекті процес сушіння розглядається з боку безперервної дії в сушарці з киплячому шаром.

Сушка різних матеріалів в киплячому шарі набула широкого поширення завдяки специфіці процесу. По-перше, ці методом можна висушувати зернисті, сипучі, пастоподібні і рідкі матеріали; по-друге, процес протікає дуже інтенсивно. Навіть при сушінні матеріалів, що грудкуються і погано сиплюються, не виникало порушень роботи установки, так як шар є своєрідним ретуром попередньо підсушеного продукту.

В установках з киплячим шаром можна одночасно проводити кілька процесів: сушку і випал, сушку і класифікацію за розмірами частинок, сушку і гранулювання і т.д. однак ці сушарки мають і недоліки: підвищена витрата електроенергії, невисока інтенсивність процесу при сушінні тонкодисперсних продуктів.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сушарки з киплячим (псевдозрідженим) шаром є одним з прогресивних типів апарату для сушіння. Процес в киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу і сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу і скоротити (до декількох хвилин) тривалість сушіння. Сушарки з киплячим шаром в даний час успішно застосовуються в хімічній технології не тільки для сушіння сильносіпучих зернистих матеріалів (наприклад мінеральних і органічних солей), але і матеріалів, схильних до грудкування, наприклад для сульфату амонію, полівінілхлориду, поліетилену і деяких інших полімерів, а також пастоподібних матеріалів, розчинів, розплавів і суспензій.

Метою роботи є проектування сушарки киплячого шару для сушіння сульфату амонію, а саме опорних елементів та фланцевих з'єднань. Зовнішні діаметри апарату. Визначити основні ущільнення, розрахунок фланцевих з'єднань.

Також графічно оформити апарат.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХІ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

4

одночасно функції теплоносія і вологоносія транспортує середовища, в яку переходить видаляється волога, і в ряді випадків сприяє створенню необхідної гідродинамічної обстановки); контактну (при зіткненні тіла з нагрітою поверхнею); діелектричну (струмами високої частоти); сублімаційний (виморожуванням у вакуумі); радіаційну (ІЧ випромінюванням); акустичну (з допомогою ультразвуку). У народному господарстві використовують переважно перші два види, в хімічних виробництвах - конвективну. Решта видів застосовують досить рідко і називають зазвичай спеціальними видами сушки. [1]

При будь-якому вигляді сушіння її вологий об'єкт знаходиться в контакті з вологим газом (в основному з повітрям). Тому знання їх параметрів необхідно при описі процесів сушіння і їх розрахунках. Основні параметри: вологого тіла-вологовміст i (відношення маси води до маси абсолютно сухої частини); вологого газу-температура t , вологовміст x (відношення маси парів до маси абсолютно сухої частини), відносна вологість ϕ (відношення маси пари в даному обсязі до маси насиченої пари в тому ж обсязі при однакових умовах), питома ентальпія I , рівна сумі питомих ентальпій абсолютно сухої частини і парів, роси точка, температура мокрого термометра (температура адіабатичного насичення) [1].

До основних способів сушіння відносяться конвективний, кондуктивний, сублімаційний, інфрачервоний і струмами високої частоти (діелектрична сушка), наведені на рис. 1.1.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

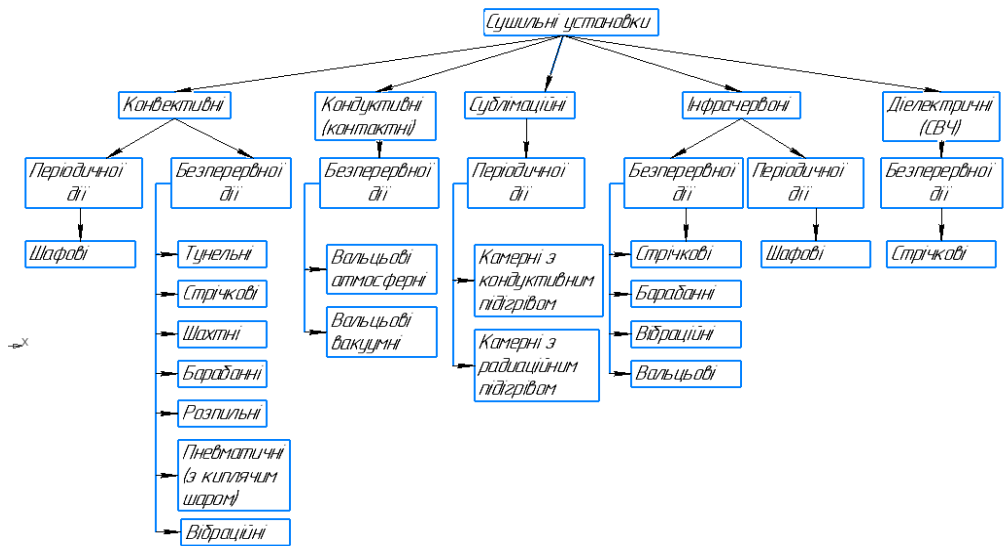


Рис. 1.1 – Класифікація сушильних установок

1.2 Опис технологічної схеми отримання сульфату амонію

Блок-схема отримання сульфату амонію представлена на рис. 2.1.

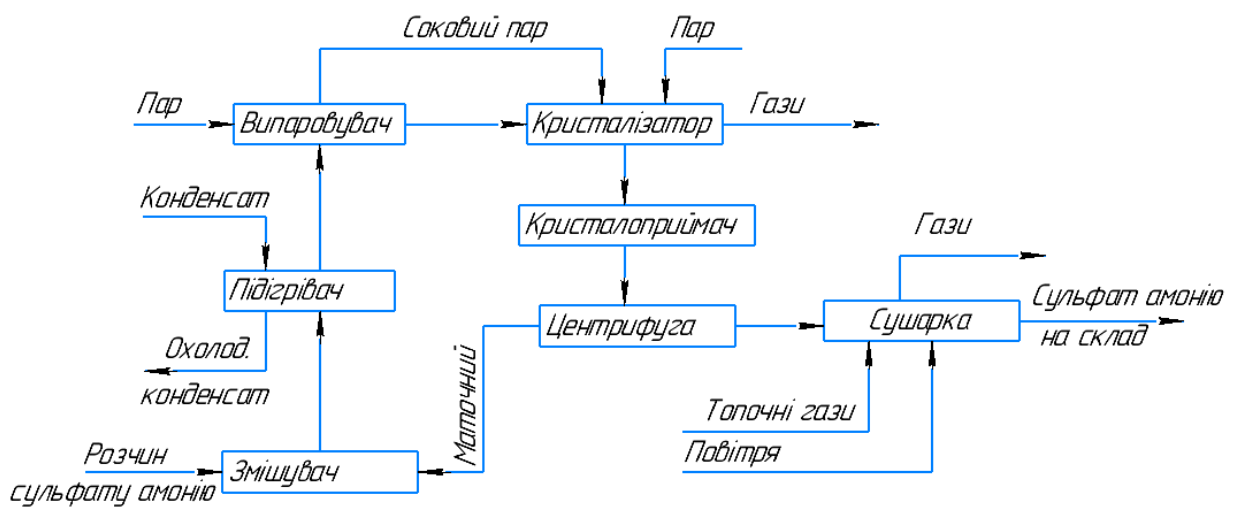


Рис. 1.2.1 - Блок-схема отримання сульфату амонію з сульфатних лугів

Робочий розчин готується шляхом змішування свіжого розчину сульфату амонію і циркулюючого маточного розчину, що надходить зі стадії центрифугування. Для нейтралізації вільної сірчаної кислоти в робочому розчині сульфату амонію і зниження вмісту вільної кислоти в готовому продукті нижче 0,05 %, використовується аміачна вода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Робочий розчин перед надходженням на стадію випаровування і кристалізації нагрівається в підігрівачі до температури не вище 90 °С конденсатом пари. [1; 2; 17]

Підігрітий розчин з вмістом 35 % ÷ 42% сульфату амонію з напірної ємності надходить самопливом в попередні випарники, що складаються з виносних підігрівачів і випарників.

Випарювання розчину сульфату амонію проводиться в випарниках під надлишковим тиском сокових парів. Циркуляція розчину сульфату амонію здійснюється за рахунок різниці температур розчину у верхній і нижній частині апарату. У виносних підігрівачах відбувається нагрів робочого розчину парою, що подається в міжтрубний простір, з температурою не більше 125 °С.

Утворений в процесі випаровування соковий пар надходить на очищення від крапель розчину і парів аміаку в скрубери, а потім в міжтрубну частину в якості теплоносія випарників кристалізаторів. В результаті випаровування води вміст сульфату амонію підвищується до 50 % ÷ 51,5 % і досягається стан насичення. [17]

Випарювання і кристалізація сульфату амонію під вакуумом проводиться в випарниках-кристалізаторах.

Насичений розчин з вмістом сульфату амонію 50 % ÷ 51,5% і температурою не більше 125 °С з попереднього випарника самопливом надходить в нижню частину випарників-кристалізаторів. Вакуум в системі випарників-кристалізаторів створюється за рахунок конденсації сокових парів в кожухотрубних конденсаторах і відсмоктування несконденсованих парів і газів за допомогою водокільцевих вакуум-насосів.

Випарник-кристалізатор являє собою вертикальний циліндричний апарат з вбудованим трубчастим підігрівачем, що має центральну циркуляційну трубу. Нагрівання розчину в підігрівачі до температури 55 °С ÷ 85 °С відбувається за рахунок утилізації тепла сокових парів, що надходять з I ступеня випаровування.

В результаті нагріву розчину в підігрівачі відбувається циркуляція розчину знизу апарату вгору по трубах в випарну частину апарату, де частина води з розчину випаровується, а утворився пересичений розчин по центральній трубці

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повертається в нижню частину апарату, що є основною зоною росту кристалів. Великі кристали осідають в нижній конусній частині випарників-кристалізаторів і по похилому трубопроводу виводяться в барометричні кристалоприймачі з мішалками. Утворився в результаті випаровування розчину сульфату амонію в випарниках-кристалізаторах соковий пар надходить на очищення від крапель розчину сульфату амонію і парів аміаку в скруббер. [2]

Суспензія із загальним вмістом кристалів сульфату амонію 50 % ÷ 55 % об'ємних з випарника-кристалізатора через барометричний спуск надходить в кристалоприймач і далі на стадію фугування. Відділення кристалів від маточного розчину проводиться на горизонтальних фільтруючих центрифугах з пульсуючим вивантаженням осаду.

Кристали сульфату амонію після центрифуг з вмістом вологи не більше 1,5 % подаються на сушку в сушарку киплячого шару. Відокремлений від кристалів матковий розчин після центрифуг надходить до збірки робочого розчину, де перемішується зі свіжим розчином сульфату амонію і знову повертається в цикл випаровування і кристалізації сульфату амонію.

Сушка кристалів сульфату амонію проводиться топковими газами з температурою не вище 190 С. топкові гази утворюються в результаті змішування продуктів згоряння природного газу в камері горіння з надлишком повітря.

Для охолодження кристалів сульфату амонію перед подачею його на склад в сушарках передбачена зона охолодження, куди подається повітря. [5]

Відпрацьовані топкові гази після сушарки проходять очищення від віднесеного сульфату амонію в двоступеневій пиловловлюючій установці. Першим ступенем є циклонна батарея. Другий ступінь складається з відцентрового вентилятора мокрого очищення і циклонного відділення мокрого очищення.

1.3 Основний принцип роботи сушарки, опис апарата

Для сушіння сульфату амонію обрана сушарка киплячого шару.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

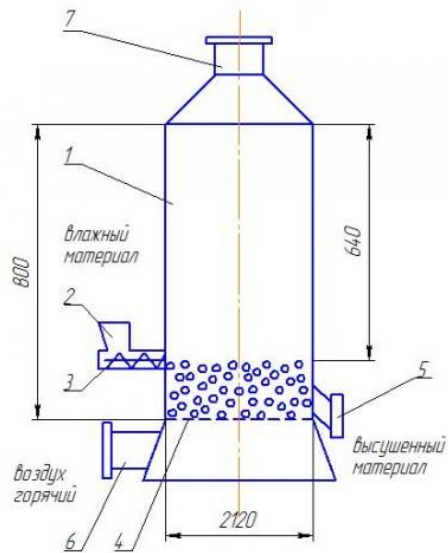


Рис.1.3.1 Сушарка кипящего шару

Недоліки сушарок кипящего шару:

- підвищена витрата електроенергії для створення високої швидкості сушильного агента, з метою утворення "кипящего" шару
- дещо підвищена питома витрата теплоти.
- у деяких конструкцій нерівномірна сушка полідисперсного матеріалу, обумовлена різним часом перебування окремих частинок в зоні сушіння.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист

11

2. Технологічні розрахунки

2.1 Матеріальні баланси і технологічні розрахунки

Вихідні дані:

Продуктивність по вологому матеріалу – 6 000 кг/годину

Вологість матеріалу:

Початкова – 4,5 % мас.

Кінцева – 0,5 % мас.

Температура матеріалу:

Початкова – 20 °С

Кінцева – 70 °С

Сушильний агент – топінні газы

Температура сушильного агента:

Початкова – 190 °С

Кінцева – 90 °С

Розміри частинок матеріалу:

Максимальний – 2 мм

Мінімальний – 0,3 мм

Теплові втрати – 15%

2.1.1. Визначення параметрів топкових газів

В якості палив використовують топінні газы наступного складу (в % (об.)): 92,0 CH₄; 0,5 C₂H₂; 5H₂; 1 CO; 1,5 N₂.

Теоретична кількість сухого повітря L₀, що витрачається на спалювання 1 кг палива, дорівнює:

$$L_0 = 138 (0,0179 CO + 0,24 H_2 + \sum(m+(n/4) C_mH_n)/(12 m + n), \quad (2.1.1.1)$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де склади горючих газів виражені в об'ємних частках. Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 * [(0,0179 * 0,01 + 0,24 * 0,09 + (1 + (4/4) * 0,92) / (12 * 1 + 4) + (2 + (6/4) * 0,05) / (12 * 2 + 6)] = 17,68 \text{ кг / кг.}$$

Для визначення теплоти згоряння палива скористаємося характеристиками горіння простих газів.

Таблиця 2.1

Газ	Реакція	Тепловий ефект реакції, кДж
Водень	$H_2 + 0,5O_2 = H_2O$	10810
Оксид вуглеводу	$CO + 0,5 O_2 = CO_2$	12680
Метан	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	35741
Ацетилен	$C_2H_2 + 2,5O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$	58052
Етилен	$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$	59108
Етан	$C_2H_6 + 3,5O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$	63797
Пропан	$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$	91321
Бутан	$C_4H_{10} + 6O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$	118736
Сірководень	$H_2S + 1,5O_2 = SO_2 + H_2O$	23401

Кількість тепла Q_v , що виділяється при спалюванні 1 м^3 газу, дорівнює:

$$Q_v = 0,92 * 35741 + 0,005 * 63797 + 0,05 * 10810 + 0,01 * 12680 = 33868 \text{ кДж / (м}^3\text{T)}. \quad (2.1.1.2)$$

Щільність газоподібного палива ρ_T :

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T} \quad (2.1.1.3)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

де M_i - мольна маса палива, кмоль/кг; t_T - температура палива, рівна 20°C ; v_0 - мольний об'єм, рівний $22,4 \text{ м}^3 / \text{кмоль}$. Підставивши, отримаємо:

$$\rho_T = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28)273}{22,4(273 + 20)} = 0,65 \text{ кг/м}^3$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива:

$$Q = Q_v / \rho_T = 33868 / 0,652 = 51945 \text{ кДж / кг.} \quad (2.1.1.4)$$

Маса сухого газу, що подається в сушильний барабан, в розрахунку на 1 кг спалюваного палива визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива і розведення топкових газів до температури суміші $t_{cm} = 190^\circ\text{C}$.

Значення α знаходять з рівнянь матеріального і теплового балансів. Рівняння матеріального балансу:

$$1 + L_0 = L_{c.g} + \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \quad (2.1.1.5)$$

де $L_{c.g}$ - 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:

$$Q\eta + c_T t_T + \alpha L_0 I_0 = [L_{c.g} + L_0(\alpha - 1)] i_{c.g} + \left[\alpha L_0 x_0 + \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \right] i_n \quad (2.1.1.6)$$

де η - загальний коефіцієнт корисної дії, що враховує ефективність роботи топки (повноту згоряння палива і т.д.) і втрати тепла топкою в навколишнє середовище, що приймається рівним 0,95; c_T - теплоємність газоподібного палива

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

при температурі $t_T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, рівна $1,34 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; I_o – ентальпія свіжого повітря, $\text{кДж}/\text{кг}$; $i_{c,r}$ – ентальпія сухих газів, $\text{кДж} / \text{кг}$; $i_{c,r} = c_{c,r} \cdot t_{c,r}$; $c_{c,r}$, $t_{c,r}$ – відповідно теплоємність і температура сухих газів: $c_{c,r} = 1,05 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, $t_{c,r} = 190 \text{ }^\circ\text{C}$; x_o – вологовміст свіжого повітря, $\text{кг}/\text{кг}$ сухого повітря, при температурі $t_o = -8,61 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості $\varphi_o = 85,82 \%$; $i_{п}$ – ентальпія водяної пари, $\text{кДж}/\text{кг}$; $i_{п} = \Gamma_o + c_{п} \cdot t_{п}$; Γ_o – теплота випаровування води при температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$, рівна $2500 \text{ кДж}/\text{кг}$; $c_{п}$ – середня теплоємність водяної пари, рівна $1,97 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; ($t_{п}$ — температура водяної пари; $t_{п} = t_{c,r} = t_{cm} = 190 \text{ }^\circ\text{C}$).

Вирішуючи спільно рівняння, отримаємо:

$$Q\eta + c_T t_T - i_{c,r} \left(1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \right) - \alpha = \frac{-i_n \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n}{L_o (i_{c,r} + i_o x_o - I_o)} \quad (2.1.1.7)$$

Перерахуємо Компоненти палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові.

$$\text{CH}_4 = 0,92 \cdot 16 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,939 \quad (2.1.1.8)$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = 0,005 \cdot 30 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0096 \quad (2.1.1.9)$$

$$\text{H}_2 = 0,05 \cdot 2 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0064 \quad (2.1.1.10)$$

Кількість вологи, що виділяється при згорянні 1 кг палива, дорівнює:

$$\begin{aligned} \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n &= \quad (2.1.1.11) \\ &= \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} + 0,0096 + 0,0064 = 2,19 \text{ кг}/\text{кг} \end{aligned}$$

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо за рівнянням:

$$\alpha = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 1,05 \cdot 200(1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 190) 2,19}{17,68(1,05 \cdot 190 + (2500 + 1,97 \cdot 190) 0,0092 - 41,9)} = 11,6 \quad (2.1.1.12)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Загальна питома маса сухих газів, одержуваних при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші 190 °С, дорівнює:

$$G_{c.g} = 1 + \alpha L_0 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \quad (2.1.1.13)$$

$$G_{c.g} = 1 + 11,6 \cdot 17,68 - 2,19 = 203,9 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (2.1.1.14)$$

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

$$G_{п} = \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n - \alpha x_0 L_0$$

$$G_{п} = 2,19 + 11,6 \cdot 0,0092 \cdot 17,68 = 4,08 \text{ кг / кг} \quad (2.1.1.15)$$

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

$$x_1 = \frac{G_{п}}{G_{c.g}} \quad (2.1.1.16)$$

$$x_1 = \frac{4,08}{203,9} = 0,02 \text{ кг / кг}$$

Ентальпія газів на вході в сушарку:

$$I_1 = \frac{Q\eta + c_T t_T + \alpha L_0 I_0}{G_{c.g}} \quad (2.1.1.17)$$

$$I_1 = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 + 11,6 \cdot 17,68 \cdot 41,9}{203,9} = 284,3 \text{ кДж}$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря α великий, фізичні властивості газової суміші, використовуваної в якості сушильного агента, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря І-х.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.1.2. Матеріальний баланс сушильної установки

Переведемо продуктивність у кг/с:

$$G_{\text{п}} = \frac{6000}{3600} = 1,67 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.1.2.1)$$

Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу:

$$G_{\text{к}} = G_{\text{п}} \frac{100 - u_{\text{п}}}{100 - u_{\text{к}}} = 1,67 \cdot \frac{100 - 4,5}{100 - 0,5} = 1,59 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (2.1.2.2)$$

де $G_{\text{к}}$ - продуктивність сушарки по висушеному матеріалу, кг / с;

$G_{\text{п}}$ - продуктивність сушарки по вологому матеріалу, кг / с;

$u_{\text{п}}$ - початкова вологість матеріалу, % мас;

$u_{\text{к}}$ - кінцева вологість матеріалу, % мас.

Кількість випаровуваної вологи:

$$W = 1,67 - 1,59 = 0,08 \text{ кг/с} \quad (2.1.2.3)$$

де W - витрата вологи, кг / с.

2.1.3 Теплові (енергетичні) баланси і розрахунки

Рівняння внутрішнього теплового балансу сушарки:

$$\Delta = c_{\text{в}} * \theta_{\text{н}} - (q_{\text{м}} + q_{\text{в}}) = 4,19 * 20 - (186,9 + 28,04) = -131,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2.1.3.1)$$

де $c_{\text{в}}$ - теплоємність води (вологи) в матеріалі, $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/(кг * К);

$\theta_{\text{н}}$ - температура вологого матеріалу, °С;

$q_{\text{м}}$ - питоме підведення тепла з висушуванням матеріалом, кДж / кг вологи;

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

q_v - питомі втрати тепла в навколишнє середовище, кДж / кг вологи.

Питоме підведення тепла в сушильний барабан з висушуванням матеріалом дорівнює:

$$q_M = \frac{G_K * c_M * (\theta_K - \theta_{\Pi})}{W} = \frac{1,59 * 0,187 * (70 - 20)}{0,08} = 186,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2.1.3.2)$$

де c_M - теплоємність висушуваного матеріалу $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$,

$$c_M = 0,187 \text{ кДж}/(\text{кг} * \text{К});$$

θ_K і θ_{Π} – температури вологого і висушеного матеріалу, °С;

G_K - маса висушеного матеріалу, кг / с.

Питомі втрати тепла в навколишнє середовище приймемо рівними 15% від витрат теплоти на нагрівання висушеного матеріалу до кінцевої температури матеріалу, тобто.

$$q_v = 0,15 * q_M = 0,15 * 186,9 = 28,04 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad (2.1.3.3)$$

Запишемо рівняння робочої лінії сушіння

$$I = I_1 + \Delta * (x - x_1) = I_1 - 131,2 * (x - x_1) = \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2.1.3.4)$$

По I-D-діаграмі станів вологого повітря за відомими параметрами навколишнього повітря $t_0 = 10$ °С і $\phi_0 = 50\%$ знаходимо вологовміст $x_0 = x_1$ і ентальпію I_1 свіжого повітря.

$$x = 0,04 \text{ кг} - \text{кг-взяли довільно};$$

$$x_0 = x_1 = 0,004 \text{ кг} / \text{кг};$$

$$I_1 = 33,9 * 4,187 = 140,26 \text{ кДж} / \text{кг};$$

$$x_2 = 0,0225 \text{ кг} / \text{кг};$$

$$I_2 = 131,89 \text{ кДж} / \text{кг}.$$

Витрата сухого повітря на сушку:

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} = \frac{0,8}{0,0255 - 0,004} = 4,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.1.3.5)$$

Середня температура повітря в сушарці:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{190 + 90}{2} = 140^\circ\text{C} \quad (2.1.3.6)$$

Середній вологовміст повітря в сушарці:

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0,004 + 0,0225}{2} = 0,013 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (2.1.3.7)$$

Середня щільність сухого повітря:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{св}}}{V_{\text{м}}} * \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = \frac{29}{22,4} * \frac{273}{273 + 140} = 0,86 \text{ кг/м}^3, \quad (2.1.3.8)$$

де $M_{\text{св}}$ - молярна маса повітря, $M_{\text{св}} = 29$ г/моль;

$V_{\text{м}}$ - молярний об'єм, $V_{\text{м}} = 22,4$ л / моль;

T_0 - температура, $T_0 = 273$ К.

Середня щільність водяної пари:

$$\rho_{\text{ВП}} = \frac{M_{\text{в}}}{V_{\text{м}}} * \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = \frac{18}{22,4} * \frac{273}{273 + 140} = 0,53 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (2.1.3.9)$$

де $M_{\text{в}}$ - молярна маса води, $M_{\text{в}} = 18$ г/моль.

Середня об'ємна продуктивність по повітрю:

$$V = \frac{L}{\rho_{\text{св}}} + \frac{x_{\text{ср}} * L}{\rho_{\text{ВП}}} = \frac{4,32}{0,86} + \frac{0,013 * 4,32}{0,53} = 5,16 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.1.3.10)$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Технологічні розрахунки

2.2.1 Розрахунок швидкості псевдозрідження та діаметру сушарки

Зроблено за зразком [1;2]

Ефективна швидкість початку псевдозрідження:

$$w_{\text{пс}} = Re * \frac{\mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}} * d_{\text{макс}}} = 59,8 * \frac{0,00002245}{0,86 * 0,002} = 0,78 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.2.1.1)$$

де критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{d_{\text{макс}}^3 * \rho_{\text{ср}} * g * \rho_{\text{м}}}{\mu_{\text{ср}}^2} = \frac{0,002^3 * 0,86 * 9,81 * 1766}{0,00002245^2} = 235331,24 \quad (2.2.1.2)$$

де $d_{\text{м}}$ - максимальний діаметр частинок твердого сульфату амонію, м;

$\rho_{\text{м}}$ - густина частинок висушуваного матеріалу, $\rho_{\text{м}} = 1766 \text{ кг/м}^3$

$\mu_{\text{ср}}$ - в'язкість сушильного агента при середній температурі,

$\mu_{\text{ср}} = 0,00002245 \text{ Па} * \text{с};$

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м} / \text{с}^2.$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} = \frac{235331,24}{1400 + 5,22\sqrt{235331,24}} = 59,8 \quad (2.2.1.3)$$

Критерій Ar для найменших розмірів частинок:

$$Ar = \frac{d_{\text{мін}}^3 * \rho_{\text{св}} * g * \rho_{\text{м}}}{\mu_{\text{ср}}^2} = \frac{0,0003^3 * 0,86 * 9,81 * 1766}{0,00002245^2} = 794,24,$$

де $d_{\text{мін}}$ - мінімальний діаметр, м.

Критерій Рейнольдса для найменших розмірів частинок:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} = \frac{794,24}{1400 + 5,22\sqrt{794,24}} = 0,51$$

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Швидкість вільного витання (віднесення):

$$w_{CB} = \frac{\mu_{cp}}{d_{min} * \rho_{cp}} * \frac{Ar}{M_B + 0,575\sqrt{Ar}} =$$
$$= \frac{0,00002245}{0,0003 * 0,86} * \frac{794,24}{18 + 0,575\sqrt{794,24}} = 2,03 \text{ м/с} \quad (2.2.1.4)$$

Граничне число псевдозжиження:

$$K_{пр} = \frac{w_{CB}}{w_{nc}} = \frac{2,03}{0,78} = 2,59 \quad (2.2.1.5)$$

Прийmemo $K_w = 3$

Робоча швидкість сушильного агента:

$$w = K_w * w_{nc} = 3 * 0,78 = 2,35 \text{ м/с} \quad (2.2.1.6)$$

Діаметр сушки:

$$d = \sqrt{\frac{V}{w * 0,785}} = \sqrt{\frac{5,16}{2,35 * 0,785}} = 1,67 \text{ м} \quad (2.2.1.7)$$

Приймаємо $d = 2 \text{ м}$

2.2.2 Розрахунок висоти киплячого шару та сушарки

Зроблено за зразком [2;3]

Висота псевдозрідженого шару:

Рівновагу вмісту вологи x^* визначаємо по I-D діаграмі як абсцису точки перетину робочої лінії сушіння з лінією постійної відносної вологості $\phi=100\%$.

Величина $x^* = 0,0345 \text{ кг / кг}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_0} = \frac{0,0345 - 0,0255}{0,0345 - 0,004} = 0,39 \quad (2.2.2.1)$$

Критерій Рейнольдса для робочої швидкості:

$$Re = \frac{w * d_{\max} * \rho_{\text{св}}}{\mu_{\text{ср}}} = \frac{2,35 * 0,002 * 0,86}{0,00002245} = 179,5 \quad (2.2.2.2)$$

Порозність псевдозріженого шару:

$$\varepsilon = \left[\frac{18 * Re + 0,36 * Re^2}{Ar} \right]^{0,21} = \left[\frac{18 * 179,5 + 0,36 * 179,5^2}{235331,24} \right]^{0,21} = 0,52 \quad (2.2.2.3)$$

Коефіцієнт дифузії водяної пари:

$$D = D_{20} * \frac{T_0 + t_{\text{ср}}}{T_0} = 21,9 * 10^{-6} * \frac{273 + 140}{273} = 3,31 * 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}, \quad (2.2.2.4)$$

де D_{20} - коефіцієнт дифузії водяної пари при 20 °С, $D_{20} = 21,9 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Дифузійний критерій Прандтля:

$$Pr' = \frac{\mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{св}} * D} = \frac{0,00002245}{0,86 * 3,31 * 10^{-5}} = 0,79 \quad (2.2.2.5)$$

Коефіцієнт масовіддачі:

$$\begin{aligned} \beta_y &= \frac{D}{d_{\max}} (2 + 0,51 * (Re^{0,52} * Pr^{0,33})) = \quad (2.2.2.6) \\ &= \frac{3,31 * 10^{-5}}{0,002} (2 + 0,51 * (179,5^{0,52} * 0,79^{0,33})) = 0,149 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Висота псевдозріженого шару:

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_0} = \exp \left[- \frac{\beta_y}{w * \rho_{св}} * \frac{6(1-\varepsilon)}{d_3} * h \right]; \quad (2.2.2.7)$$

$$h = 0,01 \text{ м}$$

Діаметр отвору розподільної решітки вибираємо $d_0 = 3 \text{ мм}$ по ГОСТ 6636-69.

$$H_{ст} = 20 * d_0 = 20 * 0,003 = 0,06 \text{ м} \quad (2.2.2.8)$$

Висота зони гідравлічної стабілізації:

$$H \approx 4H_{ст} = 4 * 0,06 = 0,24 \text{ м} \quad (2.2.2.9)$$

Висота псевдозрідженого шару з урахуванням гідростабілізації:

$$H = 80 * d_0 = 80 * 0,003 = 0,24 \text{ м} \quad (2.2.2.10)$$

Число отворів n в розподільній решітці:

$$n = \frac{d^2 * F_c}{d_0^2} = \frac{0,002^2 * 0,02}{0,003^2} = 88889, \quad (2.2.2.11)$$

де F_c - частка живого перетину решітки, $F_c = 0,02$.

Поперечний крок:

$$t' = 0,95 * d_0 * F_c^{-0,3} = 0,95 * 0,003 * 0,02^{-0,3} = 0,0092 \text{ м} \quad (2.2.2.12)$$

Поздовжній крок:

$$t'' = 0,866 * t' = 0,866 * 0,0092 = 0,008 \text{ м} \quad (2.2.2.13)$$

Висота сепараційного простору сушарки з псевдорозрідженим шаром:

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$H_c = 5 * H = 5 * 0,24 = 1,2 \text{ м} \quad (2.2.2.14)$$

2.3 Конструктивні розрахунки

2.3.1 Зміцнення отворів

Зроблено за зразком [1;2]

Розрахунковий діаметр зміцнюючого елемента для циліндричної обичайки

$$D_p = D = 2000 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр круглого отвору штуцерів:

- так як для циліндричної обичайки вісь отвору нормальна до її осі, розрахунковий діаметр отвору

$$d_p = d + 2c_{\text{ш}} = 730 + 2 \cdot 1 = 732 \text{ мм,} \quad (2.3.1.1)$$

де $c_{\text{ш}} = 1$ мм - надбавка на корозію до розрахункової товщині стінки штуцера.

Виконавчу s і розрахункову s_p товщину зміцнюваної оболонки визначають за формулами:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \\ \frac{1,1 \cdot p \cdot D}{2[\sigma]} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,85 \cdot 2000 \cdot 10^{-2} = 17; \\ \frac{1,1 \cdot 0,1 \cdot 2000}{2 \cdot 126} = 0,87 \end{array} \right. = 17 \cdot 10^{-2} \quad (2.3.1.2)$$

$$s = s_p + c + c_0 = 17 + 1 + c_0 = 20 \text{ мм,}$$

де $[\sigma]=126$ МПа – допустима напруга; $K_2 = 0,85$ – коефіцієнт, знаходиться за номограмою при відомих розрахункових коефіцієнтах; p – розрахунковий тиск, $p = 0,1$ МПа.

Розрахункову $s_{\text{ш},p}$ і виконавчу $s_{\text{ш}}$ товщину стінки штуцера знаходять за формулами

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$s_{ш,р} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_2 \cdot d_p \cdot 10^{-2}; \\ \frac{1,1 \cdot p \cdot d_p}{2[\sigma]} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,73 \cdot 732 \cdot 10^{-2} = 5,3; \\ \frac{1,1 \cdot 0,1 \cdot 732}{2 \cdot 126} = 0,32 \end{array} \right. = 5,3 \cdot 10^{-2}$$

(2.3.1.2)

$$s_{ш} = s_{рш} + c + c_0 = 5,3 + 1 + c_0 = 7 \text{ мм}, \quad (2.3.1.3)$$

де $K_2 = 0,73$ -коефіцієнт, знаходиться за номограмою при відомих розрахункових коефіцієнтах.

У розрахунках за формулою $s_{ш} = s_{рш} + c + c_0$ необхідно домогтися (для забезпечення зручності зварювання) виконання умови $s_{ш} = s$, тому $s_{ш} = 20$ мм.

Розрахункова довжина зовнішньої $l_{1р}$ і внутрішньої $l_{2р}$ частин штуцера, що беруть участь у зміцненні отвору,

$$l_{1р} = \min \left\{ \begin{array}{l} l_1; \\ 1,25 \sqrt{d(s_{ш} - 1)} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 200; \\ 1,25 \sqrt{732(20 - 1)} = 147,4; \end{array} \right. = 147,4 \quad (2.3.1.4)$$

$$l_{2р} = \min \left\{ \begin{array}{l} l_2; \\ 0,5 \sqrt{d(s_{ш} - 1)} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 60; \\ 0,5 \sqrt{732(20 - 1)} = 58,9; \end{array} \right. = 58,9 \quad (2.3.1.5)$$

Розрахункова довжина утворює оболонки в зоні зміцнення

$$L_0 = \sqrt{D_p(s_{y,р} + s + c)} = \sqrt{2000(10 + 20 + 1)} = 249 \text{ мм} \quad (2.3.1.6)$$

де $s_{y,р} = 10$ мм-розрахункова товщина накладного кільця, визначається методом послідовних наближень з умови зміцнення отвору. Як правило, $s_{y,р} < s_y < s$, тому приймаємо $s_y = s_{y,р} = 10$ мм (тут s_y -виконавча товщина накладного кільця).

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

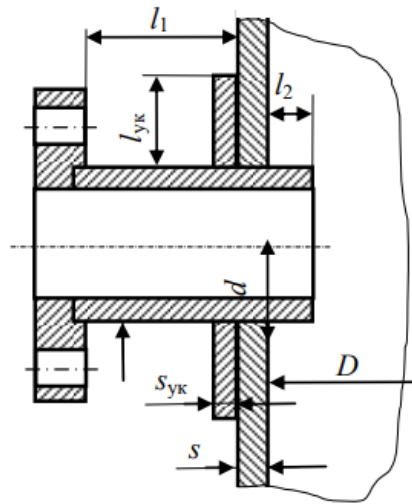


Рис.2.3.1.1 Конструкція зміцнення отвори накладним кільцем і потовщенням стінки штуцера

2.4 Розрахунок гідравлічного опору сушарки

Гідравлічний опір

$$\Delta P = \Delta P_{\text{пс}} + \Delta P_{\rho} = 2016 + 435,2 = 2451,2 \text{ Па}; \quad (2.4.1)$$

$$\Delta P_{\text{пс}} = \rho_{\text{м}}(1 - \varepsilon)gH = 1766(1 - 0,52)9,81 * 0,24 = 2016 \text{ Па} \quad (2.4.2)$$

Мінімальний допустимий гідравлічний опір решітки:

$$\Delta P_{\text{р min}} = \frac{\Delta P_{\text{пс}} * K_{\text{w}}^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)}{[(K_{\text{w}}^2 - 1)(1 - \varepsilon_0)]} = \frac{2016 * 3^2 (0,52 - 0,4)}{[(3^2 - 1)(1 - 0,4)]} = 435,2 \text{ Па}, \quad (2.4.3)$$

де ε_0 - порозність нерухомого шару, $\varepsilon_0 = 0,4$.

Гідравлічний опір обраної решітки:

$$\Delta P_{\text{р}} = \xi \left(\frac{w}{F_c} \right)^2 * \frac{\rho_{\text{ср}}}{2} = 0,56 * \left(\frac{2,35}{0,02} \right)^2 * \frac{0,86}{2} = 3322 \text{ Па} \quad (2.4.4)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Значення ΔP_p перевищує мінімально допустимий гідравлічний опір решітки $\Delta p_{p \min}$. Решітка підходить.

2.5 Вибір додаткового обладнання[17]

Промислові циклон ЦН-15, як можна зрозуміти з назви, застосовуються в різних сферах промисловості. Це может бути хімічна, машинобудівна, нафтопереробна. Використовують ЦН-15 на підприємствах, де виробляють будівельні матеріали. Застосування ЦН-15 не обмежується.

Основне призначення універсальних циклонів ЦН-15 - очищення повітря та газо-повітряної суміші від сухого пилю. А з'являтися вона может через різні процеси: транспортування сипучих речовини, дроблення, спалювання паливо и т.п.

Для ефективної роботи універсальних циклонів концентрація слабослизитного пилю повинна не перевищувати 1000 г на м. Обмежень по сухого пилю немає. Чим більший розмір у пилових частинок, тим ефективнішою буде робота циклону.

Ефективність - 85 ... 98% (частки пилю від 10 мкм) Продуктивність - 11 300 м³ / год. Внутрішній діаметр - 1 000 мм. Кут нахилу вхідного патрубку - 15 °. Робоча температура - від -40 до 200 ° С. Виконання – одинарний. Комплектація: корпус циклону ЦН-15-1000 (1 шт.)

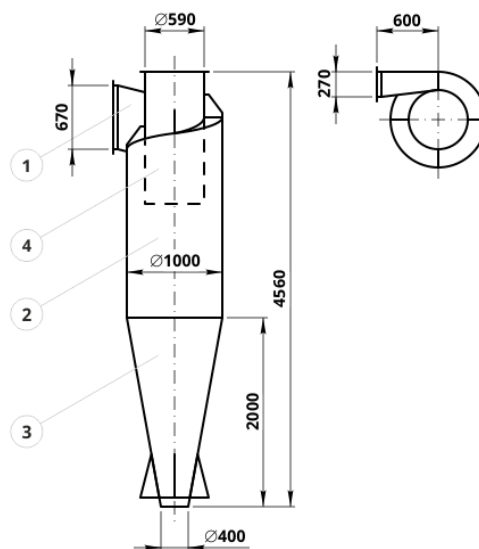


Рис. 2.5.1- циклон ЦН-15

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ХІ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

27

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата

Розроблено за прикладом [1; 2; 17]

Циліндричні обичайки є одним з основних елементів хімічних апаратів. З однієї або декількох обичайок утворюється циліндричний корпус апарату. Вони входять складовою частиною в різні внутрішні і зовнішні пристрої апаратів.

Обичайки здебільшого виготовляються вальцюванням з листового прокату, рідше з зварних труб великого діаметру або поковок. Кромки обичайок, що утворюють корпус апарату, з'єднуються між собою переважно встик. Вальцьовані обичайки повинні мати менше зварних швів, особливо поздовжніх. Тому листи для виготовлення обичайок бажано вибирати великих розмірів, погоджуючись з раціональним розкромом (малими відходами). Обичайки можуть вальцюватися як по довгій, так і по короткій стороні листа.

Обичайки діаметром до 1000 мм повинні виготовлятися не більше ніж з двома поздовжніми швами, а діаметром понад 1000 мм допускається виготовляти з декількох листів максимально можливої довжини. У корпусі апарату допускається обичайка вставка довжиною не менше 400 мм. Допускається виготовляти обичайки шляхом вальцювання карт, зварених встик в плоскому стані з невеликих листів. В цьому випадку ширина листів в карті повинна бути не менше 800 мм.

Поздовжні шви в листах суміжних обичайок повинні бути зміщені по відношенню один одного на значення не менше триразової товщини стінки обичайки, але не менше ніж на 100 мм між осями шва. В обичайках, виконуваних з карт, допускаються перехреснюються шви в листах товщиною до 30 мм (при автоматичній або електрошлаковому зварюванні і 100%-му просвічуванні швів) для корпусів апаратів, що працюють під надлишковим тиском до 1,6 МПа і при температурі до 400 °С. Допускається виготовлення корпусів апаратів з напівобечайок.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

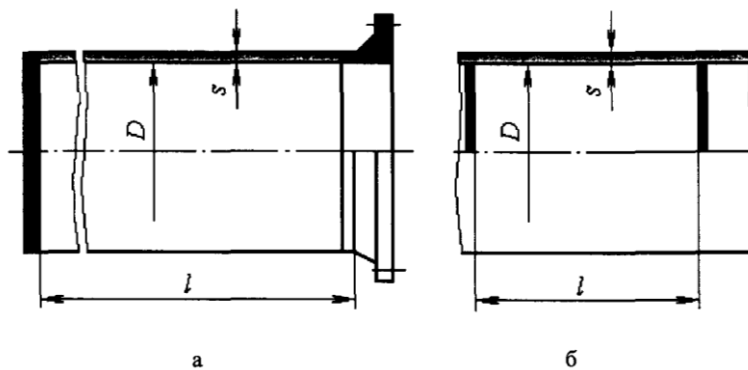


Рис. 3.1.1. Гладкі циліндричні обичайки:

а-обичайка з фланцем або з плоским днищем; б-обичайка з жорсткими перегородками

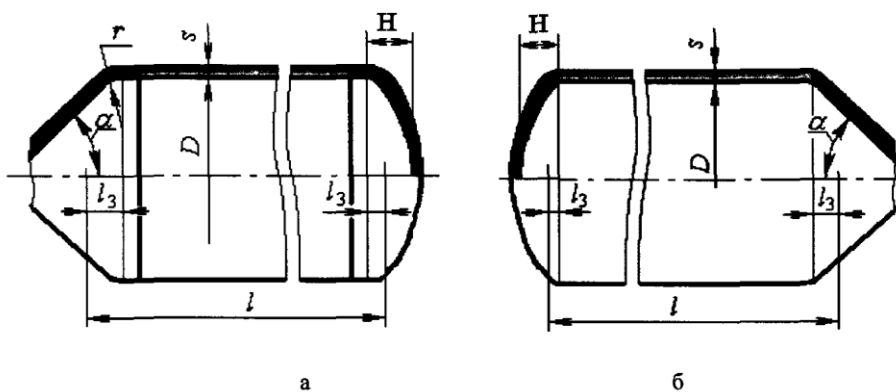


Рис. 3.1.2 Гладкі обичайки з опуклими або конічними днищами:

а-обичайка з відбортованими днищами; б-обичайка з не відбортованими днищами

Номінальна товщина (S) стінки циліндричної обичайки корпусу і кришки визначається за залежністю:

$$S = \frac{PD}{2\varphi_p[\sigma] - P} + C \quad (3.1.1)$$

де P - розрахунковий тиск, P = 0,1 МПа;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

D - внутрішній діаметр корпусу апарату, $D = 2$ м;

φ_p - розрахунковий коефіцієнт міцності поздовжнього зварного шва, для стикових і таврових з'єднань з двостороннім суцільним проваром, що виконуються автоматичним зварюванням $\varphi_p = 1$;

$[\sigma]$ - допустима напруга, для сталі Ст3сп3 $[\sigma] = 154$ МПа;

S - надбавка на корозію, величину якої приймають в залежності від корозійних властивостей середовища в межах 1-6 мм.

$$S = \frac{0,1 \cdot 2}{2 \cdot 1 \cdot 154 - 0,1} + 0,004 = 0,00465 \text{ м} \quad (3.1.2)$$

Приймаємо товщину стінки $S = 5$ мм.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Зроблено згідно літератури[1; 2; 17]

Фланцевим штуцером називають короткий відрізок труби з привареним до нього фланцем, який слугує для приєднання труб і арматури до апарату. За допомогою штуцерів апарати можна з'єднувати один з одним безпосередньо. На рис. 3.1 наведений варіант приварки штуцера до корпусу апарату, який частіше застосовують, як найбільш простий і надійний.

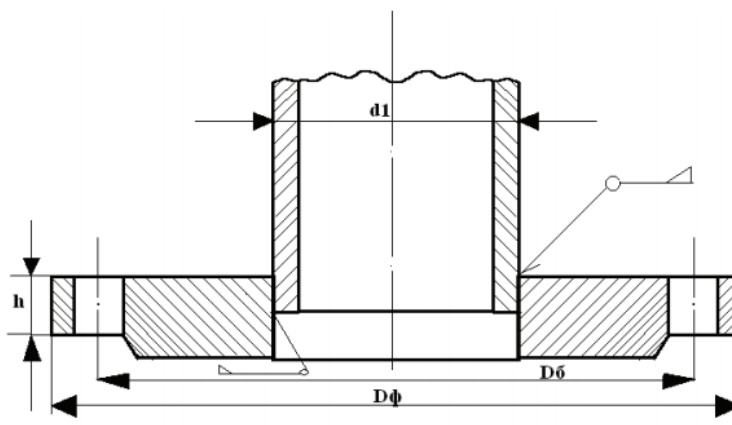


Рис. 3.2.1 Фланці плоскі приварні

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист
30

Приєднання трубної арматури до апарату, а також технологічних трубопроводів для підведення і відведення різних рідких або газоподібних продуктів проводиться за допомогою штуцерів.

Діаметр штуцерів для продукту:

$$d_{\text{пр}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{к}}}{\rho_{\text{м}} w_{\text{св}}}} \quad (3.2.1)$$

де $G_{\text{к}}$ – продуктивність по висушеному матеріалу, $G_{\text{к}} = 1,59 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$\rho_{\text{м}}$ - густина частинок висушеного матеріалу, $\rho_{\text{м}} = 1766 \text{ кг/м}^3$

$w_{\text{св}}$ - швидкість продукту, $w_{\text{св}} = 2,03 \text{ м/с}$

$$d_{\text{пр}} = 1,13 \sqrt{\frac{1,59}{1766 \cdot 2,03}} = 0,024 \text{ м} \quad (3.2.2)$$

Приймаємо $\text{Ø}25 \times 2 \text{ мм}$.

Діаметр штуцерів для сушильного агенту:

$$d_{\text{са}} = 1,13 \sqrt{\frac{L}{\rho_{\text{т}} \omega}} \quad (3.2.3)$$

де L – витрата сушильного агенту, $L = 4,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$\rho_{\text{т}}$ - густина сушильного агенту, $\rho_{\text{т}} = 0,86 \text{ кг/м}^3$

ω - швидкість сушильного агенту, $\omega = 15 \text{ м/с}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$d_{ca} = 1,13 \sqrt{\frac{4,3}{0,86 \cdot 15}} = 0,652 \text{ м} \quad (3.2.4)$$

Приймаємо Ø730x3 мм.

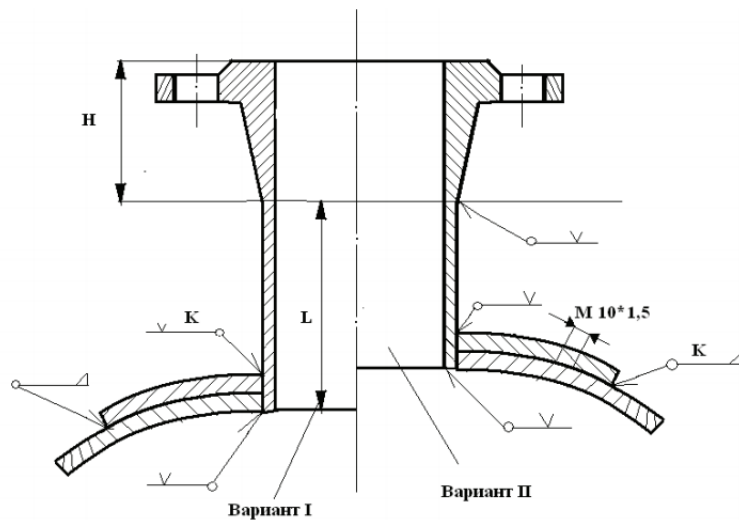


Рис. 3.2.2 Штуцери

3.3 Вибір і розрахунок опори

Зроблено за зразком [1; 2; 17]

Сушарку як вертикальний апарат встановлюють на стійках (лапах) - високих металевих або залізобетонних опорних конструкціях та розміщують на підлозі в приміщенні. При цьому способі установки в корпусі апарату виникають місцеві напруги, які стискають і розтягують, що викликають вигини в перерізі апарату; тому необхідно враховувати їх і вживати відповідних заходів для запобігання стінки корпусу від зминання та інших видів деформацій.

Розрахункове навантаження, що сприймається опорою апарату, визначається за максимальною силою тяжіння його в умовах експлуатації або гідравлічного випробування (при заповненні апарату водою) з урахуванням можливих додаткових зовнішніх навантажень від сили тяжіння трубопроводів, арматури, внутрішньої або зовнішньої ізоляції, приводу перемішуючих пристроїв

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

і т. д. При визначенні розрахункового навантаження на опори апаратів, що встановлюються на відкритих майданчиках, крім цього повинні бути враховані вітрові та можливі сейсмічні навантаження.

При проектуванні вертикальних апаратів вибирають типові конструкції лап по таблиці 1.2 ОСТ 26-665-72 залежно від розрахункового навантаження, що припадає на них:

$$G = \frac{G_{\max}}{n} \quad (3.3.1)$$

де G_{\max} -максимальна сила тяжіння апарату разом з вмістом при експлуатації або гідравлічних випробуваннях, кН;

$$G_{\max} = mg \quad (3.2.2)$$

m – вага апарату, $m = 200$ кг;

$$G_{\max} = 200 * 9,8 = 1960 \text{ кН}$$

n -прийняте число лап, $n = 10$;

G - навантаження на одну лапу, кН.

$$G = \frac{1960}{10} = 196 \text{ кН}$$

Обираємо 10 опор-лап з навантаженням 250 кН с наступними розмірами: $a = 400$ мм, $a_1 = 500$ мм, $b = 450$ мм, $b_{\max} = 680$ мм, $c = 60$ мм, $h_{\max} = 1240$ мм, $h_1 = 30$ мм, $s = 25$ мм, $d = 42$ мм.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

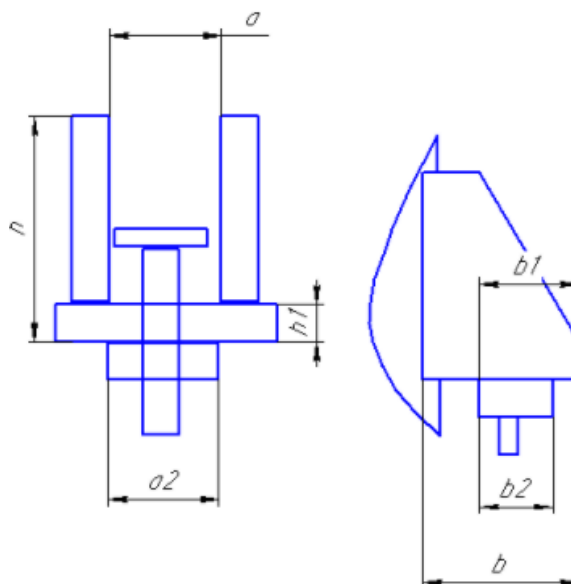


Рис. Опора-лапа

3.3.1 Розрахунок на вітрове навантаження

Зроблено за зразком [1; 2; 3]

До вітрового навантаження схильні апарати, встановлені на відкритому майданчику. Згідно ОСТ, розрахунку підлягають вертикальні апарати висотою 10 м і більше, а також ті, у яких

$$H_1/D < 5, \quad (3.3.1.1)$$

де H_1 -повна висота апарату разом з опорою,

D - його розрахунковий діаметр.

Через те, що висота проектованого апарату

$$H_1 = 5850 + 1240 = 7090 \text{ мм} \quad (3.3.1.2)$$

менша за 10 м та

$$H_1/D = 7090 / 2000 = 3,545 < 5, \quad (3.3.1.3)$$

то розрахунок на вітрове навантаження виконувати не потрібно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4. Монтаж та ремонт апарата [6 ; 7; 17]

4.1 Монтаж розробленого апарата

Розроблений апарат має бути розташований вертикально. Це пов'язано з особливостями конструкції. Розміщення центру мас вимагає використовувати для постановки будь-які наявні механізми, а саме: на опори лебідки з підйомником, або звичайний кран та інші.

Все розпочинається з підготовки фундаменту для постановки. Фундамент повинен бути витривалим до довгочасних навантажень та мати змогу утримувати апарат без коливань на його лапах. Зміцнення конструкції опори потрібно лише в тому випадку, коли стійкість фундаменту занадто низька. Найкращим вибором буде фундамент з бетонною кладкою, бетон покращений домішками щебню та каменю. Обов'язково апарат повинен стояти на рівній поверхні.

Запас деталей в монтажній зоні не повинен перевищувати 2 – 3– змінної потреби. Обов'язково потрібно враховувати, що складання вузлів має проводитися без втручання в монтаж апарата, тобто не заважати.

Розрівнявши фундамент та залити його відповідним матеріалом, потрібно встановити опори та лапи. Лапи повинні щільно прилягати до фундаменту а опори приварені у відповідних місцях. Для додаткового укріплення дозволяється приварити арматуру до основної опори.

За допомогою підйомного механізму або ручних талей встановлюється апарат. Він піддається вивірці по осях, допустимими вважаються: $x \pm 2$ мм для апаратів, що стоять групами, $i \pm 5$ мм для окремо розташованих апаратів.

Основна увага при монтажі повинна бути приділена щільності фланцевих з'єднань. Установка прокладок на місце повинна проводитися дуже ретельно, робоча поверхня фланців повинна бути очищена від бруду та іржі [17].

Сама прокладка прив'язується до фланця за допомогою ниток. Це робиться для того, щоб прокладка не змістилася. Мідні і сталеві необхідно очистити від

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

іржі, бруду, окалини. Металеві в свою чергу не повинні мати зовнішніх ушкоджень.

Ширина металевих прокладок не повинна бути на 0,1 – 0,2 мм менше ширини паза [17].

Деякі прокладки, наприклад: паронітові, слід проварювати в рослинній олії не вище ніж 300 °С до моменту розм'якшення.

Болти мусять бути в ідеальному стані, обов'язково мати в належному стані різьбу та головки. Повинні бути без порізів, вм'ятин, тріщин. Затягувати потрібно рівномірно, спочатку хрестоподібно під кутом 90⁰ і потім по колу [17].

Слід зазначити, що під гайки болтів рекомендується ставити шайби.

Для апаратів, що працюють при тиску до 50 ат. і температурах до 435 °С, застосовуються болти, виготовлені зі сталі марок 35 і 40 і гайки зі сталі 25 і 30 по ГОСТ 1050-57. При більш високих тисках і температурах застосовують болти зі сталі 30ХМА і гайки зі сталі 35Х. Змонтований апарат піддається гідравлічним випробуванням[17].

4.2 Ремонтапарату

Технічний – ремонт, що проводився б у процесі для забезпечення працеспроможності обладнання. Тут можна зазначити наступні роботи: заміна сальникової набивки, очищення та промивання ковпачкових маслоук

Ремонт сушарки (апарату) киплячого шару:

Склад робіт: роз'єднати фланцеві стики, зняти трубну обв'язку, оглядові скла, кришки люків, форсунки, кришку апарату, верхню і середню секції сушарки, запобіжну мембрану, перфоровану ґрати. Встановити заглушки. Очистити, промити, протерти і разбракованих деталі, дефектні замінити. Виготовити комплект прокладок. Встановити перфоровану ґрати, запобіжну мембрану,

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

середню і верхню частини сушарки, кришку сушарки, форсунки, кришки люків, оглядові скла. Зняти заглушки. З'єднати фланцеві стики, встановити трубну обв'язку. Випробувати апарат і здати його в експлуатацію[17; 7].

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Охорона праці[17; 25; 26].

Технологічний процес отримання сульфату амонію повинен проводитися відповідно до вимог наступних документів:

- «Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв», затверджених 06.09.88 р Держтехнаглядом України;

- «Правила будови підприємств ...», затверджених наказом Міністерства машинобудування України № 109с від 28.03.95 р. Та ін Для кожного промислового виробництва складається нормативно–технічна документація, в якій вказується характеристика властивостей переробляється продукту, вихідної сировини та допоміжних матеріалів;

- «Правила експлуатації підприємств ...», затверджених наказом Міністерства оборонної промисловості України № 93 ДСП;

- «Правила захисту від статичної електрики у виробництвах галузі», затверджені наказом Міністра від 12.04.93 р;

- аналітичний і автоматичний контроль виробництва;

- відходи виробництва, стічні води і викиди в атмосферу: їх склад, способи утилізації або очищення і порядок скидання;

- можливі неполадки технологічного процесу, їх причини та способи усунення;

- норми технологічного режиму із зазначенням гранично допустимих відхилень;

- опис технологічного процесу зі схемою виробництва;

- основні правила пуску, безпечного ведення процесу і зупинки устаткування;

- перелік інструкцій, знання яких є обов'язковим для осіб, які ведуть технологічний процес і які обслуговують дане виробництво.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- правила аварійної зупинки виробництва;

Від працівників вимагається точне дотримання умов безпеки праці для особистого захисту. Ухилення від пунктів правил та нерозуміння техніки безпеки може стати причиною трагедій. Тому варто будь-якою ціною дотримуватися пунктів вище вказаних документів. Даний апарат – це дуже небезпечна установка за рахунок температурних процесів, які в ньому виникають, саме тому важливо дотримуватися правил.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Висновки

В роботі було проведено літературний, математичний та графічний аналіз процесу сушки, та апарату який надає змогу отримати бажаний результат.

Завданням роботи було: розрахувати модель сушки киплячого шару для сушіння сульфату – амонію. Було переглянуто та розраховано процес сушіння речовини за вихідними даними. Підібрано опори та оптимальні розміри апарату.

Завдання роботи вважаю повністю виконаним. Технічне обслуговування, ремонт, та охорону праці було додано до розрахунку, як одні із основних пунктів експлуатації виробу.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список літератури

1. Лацинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
2. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А. А. Лацинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
3. 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.
4. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
5. 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 [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.
6. 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.
7. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
8. Абрамов О.М. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учеб. для вузов. – СПб.: Изд-во «РАПП», 2009. - 408 с.
9. Бабицкий И.Ф., Вихман Г.Л., Вольфсон С.И. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов; под ред. Г.Л. Вихмана. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «НЕДРА», 1965. – 246 с.
10. Бабицкий И.Ф., Вихман Г.Л., Вольфсон С.И. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов; под ред. Г.Л. Вихмана. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «НЕДРА», 1965. – 246 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Лист

41

11. Беляев В.М., Миронов В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли: Часть 1. – Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: учеб. пособие. – Томск: ТПУ, 2009. – 288 с.
12. Беляев В.М., Миронов В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли: Часть 1. – Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: учеб. пособие. – Томск: ТПУ, 2009. – 288 с.
13. Коптева В.Б., Коптев А.А. Фланцевые соединения: конструкции, размеры, расчёт на прочность: метод. указания. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 24 с.
14. Виноградов С.Н., Таранцев К.В. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 136 с.
15. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов: учеб. для студентов вузов; – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1978. – 328 с.
16. Волошин А.А., Григорьев Г.Т. Расчет и конструирование фланцевых соединений: справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 125 с
17. Кобзар Я.С., Юхименко М.П. Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» Тема роботи: Виробництво сульфату амонію. Розробити та модернізувати сушарку киплячого шару. – Суми – 2020. СумДУ, - 64 с.
18. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1972. – 494 с.
19. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
20. 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.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

32. Навчальний посібник з курсового проектування / А. І. Дубинін, Р. І. Гаврилів, І. О. Гузьова; за ред. А. І. Дубиніна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 360 с.
33. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1972. – 494 с.
34. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
35. 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.
36. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
37. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони, їх класифікація та нормування [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://spo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/590.html>.
38. Сульфат амонію. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Сульфат_аммония
39. Чинники техногенного походження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arm.naiu.kiev.ua/books/occupational_h_s/info/lec7.html. 21. Повітря робочої зони, мікроклімат виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5176008/page:19/>.
40. Оцтова кислота. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Оцтова_кислота.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата