

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

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-гранулятор псевдозрідженого шару

Виконав:
студент групи ХМмз-91с
Вовченко Валерій Олексійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 с., 24 рис., 6 табл., 24 літературних джерела, 2 додатки.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва сульфату амонію, складальне креслення сушарки-гранулятора, складальне креслення пневматичної форсунки, інформаційні плакати – усього 5 аркушів формату А1.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Виробництво сульфату амонію. Розробити та модернізувати сушарку-гранулятор псевдозрідженого шару».

У роботі визначено вплив основних факторів на кінетику зростання гранул, їх якість та гранулометричний склад. Також наведено опис технологічної схеми установки для виробництва сульфату амонію. Розглянуто теоретичні основи процесу, особливості конструкції апаратів з киплячим шаром, обґрунтовано вибір конструкційних матеріалів, наведено їх фізико-механічні та технологічні властивості. Виконані технологічний, конструктивний розрахунки, розраховане гідравлічний опір апарату, вибрано і розраховане допоміжне обладнання. Проведеними розрахунками на міцність підтверджена механічна надійність і конструктивну досконалість спроектованого апарату, що є неодмінною умовою тривалої та безперебійної роботи обладнання. Розглянуто компоновка обладнання установки, стисло описано організація ремонтних робіт спроектованого апарату. У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» наведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації спроектованого апарату, а також розрахована система заземлення проектного апарата.

Ключові слова: ГРАНУЛЯЦІЯ, КИПЛЯЧИЙ ШАР, ФОРСУНКА, ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ, АПАРАТ, СУЛЬФАТ АМОНІЮ, РОЗЧИН.

Зміст

Вступ	6
1 Аналіз літературних джерел за тематикою дослідження	8
1.1 Механізм і кінетика гранулоутворення	8
1.2 Апаратурне оформлення процесу гранулювання	16
1.2.1 Переваги та недоліки грануляторів киплячого шару	16
1.2.2 Аналіз та конструктивні особливості апаратів киплячого шару	17
1.2.3 Модернізація конструкції вибраного об'єкту дослідження	35
1.3 Обґрунтування актуальності досліджень	36
2 Технологічна частина	38
2.1 Опис технологічної схеми виробництва	38
2.2 Теоретичні основи процесу	41
2.3 Технологічні розрахунки апарату	45
2.4 Конструктивні розрахунки апарату	53
2.5 Визначення гідравлічного опору апарату	55
2.6 Вибір допоміжного обладнання	58
3 Проектно-конструкторська частина	62
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	62
3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність	64
4 Будівельно-монтажна частина	68
4.1 Монтаж основного обладнання	68
4.2 Проведення ремонтних робіт основного технологічного обладнання	71
5 Інформаційне та апаратурне забезпечення автоматизованого керування	76
5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання	76
5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	80

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Вовченко			Сушарка-гранулятор у виробництві сульфату амонію Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Юхименко					4	97
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМмз – 91с		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Склабінський						

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	82
6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи обладнання	82
6.2 Розрахунок основного потенційно-небезпечного фактору	89
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджувальному об'єкті	92
Висновки	94
Список літератури	95
Додатки	

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Вступ

На даний час сільське господарство України перебуває в скрутному становищі та потребує негайного вирішення ряду проблем, серед яких важливе місце займає проблема значного зниження врожайності ґрунтів [1].

Виробництво сульфату амонію на коксохімічних заводах є важливим джерелом мінеральних добрив. За обсягами використання сульфат амонію значно перевищує усі інші азототукові добрива. Це пояснюється тим, що за вмістом азоту він займає одне з перших місць, поступаючись лише сечовині та нітрату амонію [2].

У балансі виробництва азотних добрив на долю сульфату амонію доводиться 27 % від загального виробництва цих добрив. Внаслідок гарної розчинності сульфат амонію легко поглинається вологою, яка присутня в ґрунті, завдяки чому рослини гарно засвоюють його азот. При цьому аміачна форма останнього забезпечує рослинам повільне і поступове його поглинання [3].

Як показують експериментальні дані широко розповсюджені на виробництвах методи гранулювання добрив (екструзія, кочення в апаратах тарілчастого та барабанного типів, пресове гранулювання тощо). З огляду на вказані особливості сировини найбільш раціональним буде здійснення процесу грануляції в апаратах СГ (сушарка-гранулятор псевдозрідженого шару), що поєднують в собі одночасно процеси сушки та грануляції в одному апараті, завдяки чому мають високу промислову та економічну ефективність [4].

Сірчана кислота, що звільняється при тривалому періоді внесення сульфата амонія у ґрунт може привести до закислення ґрунту та послабленню добривного ефекту. Тому сульфат амонію як фізіологічно кисле добриво не варто вносити в кислі ґрунти. Його також не слід використовувати на піщаних ґрунтах, де восени і взимку втрати азоту бувають недопустимо високі [5].

Зростаюча світова тенденція отримання саме гранульованого продукту розвиває актуальність пошуку та розробки нових технічних рішень, технологій, обладнання, способів інтенсифікації та підвищення якості технологічних процесів у виробництві гранульованих добрив [6].

					<i>XI.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

Принцип киплячого шару використовується в апаратах різних конструкцій, що працюють при різних технологічних режимах. Механізм утворення та росту гранул хоча й підкоряються єдиним аналітичним закономірностям, проте в значній мірі залежить від конструктивного виконання апарату, температурних та гідравлічних режимів, використовуваного пристрою розпилення, тощо. Основні залежності для визначення швидкості росту гранул, запропоновані до теперішнього часу, базуються на теорії рівномірно-поверхового укрупнення частинок [7].

Метою магістерської роботи є дослідження процесу отримання гранульованого сульфату амонію. Магістерська кваліфікаційна робота має елементи науково-практичної новизни та являє собою самостійну роботу. У даній кваліфікаційній роботі застосовувалися методи математичного моделювання процесу укрупнення гранул. Розрахунки та узагальнення одержаних результатів проводилися із використанням комп'ютерних прикладних програм [8].

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Аналіз літературних джерел за тематикою дослідження

1.1 Механізм і кінетика гранулоутворення

Механізм гранулоутворення напряму впливає на ефективність процесу гранулювання, в свою чергу він залежить від апаратного оформлення лінії виробництва органічних гранульованих добрив, методів гранулювання та специфіки використовуваної в якості вихідної сировини суспензії. Відомо що в ході процесу грануляції формування часток заданого діаметру може відбуватися поступово або одночасно, а отже, відповідно розрізняють процеси при яких відбувається утворення нових часток разом зі збільшенням розмірів вже існуючих а також процесів що протікають без зміни розмірів утворюваних часток або зі зміною розмірів часток у часі без утворення нових зародків грануляції [9–12].

Процес грануляції в апаратах РКСТГ полягає в імпульсному нанесенні на поверхню твердої частинки що перебуває в стані “зрідження” в киплячому шарі гранул – плівки рідини (суспензії, пульпи чи розчину), яка кристалізується під час випарювання з неї розчинника за рахунок нагріву підведеним ззовні теплоагентом, утворює на поверхні ядра тверду органічну оболонку. Оскільки грануляція в апаратах киплячого шару являється складним процесом утворення нових часток (зародків) та одночасного нарощування існуючих, а головною задачею виробництва є досягнення максимального виходу саме товарної фракції (гранул діаметром 2,5–4 мм), то значного практичного значення набуває можливість завчасного прогнозування та розрахунку фракційного складу та знаходження шляхів досягнення максимального виходу цільової фракції що досягається за рахунок правильного підбору параметрів процесу [9–11].

Щоб вірно підібрати всі параметри процесу необхідно в першу чергу дослідити кінетику, гідродинаміку та теплообмін процесів що відбуваються під час грануляції органічних суспензій. Із літературних джерел [13, 14] відомі результати ряду досліджень що були спрямовані на вивчення закономірностей зміни гранулометричного складу гранульованого продукту в залежності від режимів процесу, вони мають багато спільних рис, проте можна виділити три основні методи.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Одним із шляхів визначення гранулометричного складу продукту є спільне вирішення рівняння швидкості окремо взятої частинки та рівняння розподілу гранул за часом перебування в апараті [14]. За умови ідеального перемішування гранул в псевдозрідженому шарі для полідисперсного рецирку гранулометричний склад можна розрахувати за рівнянням експоненціального закону росту гранул:

$$F(d_i) = \sum_{k=1}^{k=n} F(d_i, d_{oi}) p_k \quad (1.1)$$

$$F(d_i, d_o) = 1 - \exp(-3(G_M + G_P)/(k \cdot G_M) \ln(d_i/d_o)) \quad (1.2)$$

де: d_o , d_i , d_{oi} – початковий, поточний діаметр частинки k -ї фракції;

G_P – витрата рецирку;

G_M – витрата сухого матеріалу що вводиться в шар з рідиною;

p_k – вміст k – ї фракції в рециклі;

k – коефіцієнт гранулоутворення.

Коефіцієнт гранулоутворення (залежить від режиму) показує яка частка сухої речовини, що вводиться з рідиною, розподіляється по поверхні твердої частинки. Якщо $k < 1$ утворюються нові гранули, при $k > 1$ відбувається агломерація раніше утворених частинок.

Згідно іншого підходу за літературним джерелом [9] утворювану в ході гранулювання полідисперсну систему розраховують за рівнянням суцільності для зміни числа частинок в системі. В основі даного рівняння для розрахунку гранулометричного складу лежить рівняння швидкості росту частинок.

Існує декілька поглядів щодо закону росту частинок. Так на думку авторів [15, 16] швидкість зростання частинок є пропорційною поверхні шару та не залежить від розміру частинок в ньому, відповідно закон зростання частинок в шарі описується за допомогою рівнянь:

$$d = d_o + k\tau \quad (1.3)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або
$$\lambda = dd/d_\tau = G_M/(F\rho_m) = const \quad (1.4)$$

або
$$d/d = \exp (G_M/3G_{сл})\tau \quad (1.5)$$

Лабораторні дослідження підтверджують правильність даного рівняння лише для вузького інтервалу зміни розмірів гранул до 3 мм. В більшому інтервалі лабораторні дослідження проведені на експериментальній установці періодичної дії показали що зміна розміру гранул відбувається за експоненціальним законом [12].

Згідно інших авторів сухі речовини що вводяться разом з рідиною розподіляються пропорційно площі частинок в шарі, проте виникає необхідність введення додаткових коефіцієнтів які враховують нерівномірність перебування гранул в зоні зрошення в залежності від їх розмірів, тоді одержуємо рівняння виду:

$$\lambda = dd/d_\tau = G_M/(F_{сл}\rho_m) + (A + Bd) \quad (1.6)$$

де $F_{сл}$ – поверхня частинок шару;

A, B – емпіричні константи.

Як бачимо з розрахунків [12] експериментальні дані опираючись на які було отримано коефіцієнти добре описуються рівнянням (1.5). Отже, в разі відсутності сепарації частинок за розмірами в шарі гранул можемо вважати що закон росту гранул є лінійним, та нелінійним у випадку сепарації частинок в зоні зрошення. Рівняння швидкості росту гранул можемо записати як:

$$\lambda = ad^m \quad (1.7)$$

де: m – емпірична константа.

Експериментально підтверджено ступінчастий характер залежності швидкості росту гранул від розміру, проте думки авторів щодо ступеня впливу різняться. Так, у роботі [9] автори вказують на екстремальний характер залежності що пояснюється різною вірогідністю виходу гранул різного розміру в зоні вивантаження

та зрошення, в роботі [12], у свою чергу, автори вказують на монотонність залежності.

Згідно методики описаної в роботі [13] авторами проведено перевірку закону зростання гранул на лабораторній установці. Дослідження проводились в широкому діапазоні зміни параметрів та визначали розміри одиничних гранул. Для початку дослідження бралася наважка фарбованих гранул які в ході проведення грануляції зрошувалися суспензією, через встановлені відрізки часу процес грануляції примусово зупиняли та виготовляли діаметральні шліфи гранул. Фарбовані ядра та утворену оболонку вивчали та заміряли під мікроскопом. Як показали результати експерименту, математичні очікування розподілень за розмірами гранул що відбиралися в кожний момент часу змінюються в часі згідно експоненційного закону не залежно від параметрів, однак при зростанні гранул до 4 мм та їх вмісті в шарі менше 10% закон порушується а гранули майже не зростають з часом.

Отже в найбільш простих випадках, коли ріст гранул відбувається поверхнево, за так званим “нормальним ростом” [12] можливе застосування формул (1.1) та (1.2), проте реальні процеси протікають з певними відхиленнями від ідеалізованих, а для точного визначення гранулометричного складу необхідно знати емпіричні значення коефіцієнтів, при чому коефіцієнт гранулоутворення в рівнянні (1.2) та функції джерел нових частинок для кожного матеріалу свій та визначається експериментально.

Для спрощення визначення згаданих коефіцієнтів, вводиться коефіцієнт k що характеризує весь процес, при цьому точність отримуваних даних майже не знижується. Так як експериментальні дослідження та аналітичні розрахунки розподілення за розмірами гранул є досить простими, для розрахунків можна використовувати метод в якому використовується коефіцієнт гранулоутворення що характеризує процес незалежно від розмірів та продуктивності гранулятора [12].

Кінетика гранулоутворення залежить від властивостей гранульованої сировини, конструкції гранулятора та режимів проведення процесу. У випадку росту гранул по поверхні “нормальний ріст”, діаметр гранул знаходиться в пропорційній залежності від продуктивності апарату та діаметру часток зародків (рециклу) та обернено пропорційній залежності витраті рециклу, що добре видно з рівняння (1.5).

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Ріст гранул по поверхні можливий лише у вузькому діапазоні параметрів, при відхиленнях режиму в шарі частинок відбувається їх агломерація або утворення зародків. А отже необхідно точно витримувати визначений експериментальним шляхом режим у відповідності до очікуваних результатів процесу. Так для нарощення розмірів зародків або покриття часток оболонкою необхідно дотримуватися одних параметрів, для одержання зародків необхідні інші граничні параметри з вищою температурою, а для проведення безперервного процесу з самостійним утворенням зародків в апараті та подальшим їх нарощенням необхідно витримувати усереднене значення параметрів.

З аналізу досліджень ряду авторів видно що значний вплив на діаметр гранул має температура в псевдозрідженому шарі. При чому вплив на розміри гранул чинить не сама температура киплячого шару а різниця температур в нижній прирешітчастій зоні сушки (перегріву) та верхній зоні зрошення гранул форсункою (зона охолодження). Ця різниця температур виникає через відведення частини тепла разом з випареним з поверхні гранули розчинником. Значення різниці температур визначає величину ефекту від теплового дроблення гранул. Теплове дроблення виникає внаслідок того що при нагріванні збільшується різниця температур між різними шарами гранули, поверхневі шари прогріваються швидше ніж центральні внаслідок чого на поверхні гранули виникають теплові напруження що призводять до виникнення тріщин та сколів. За рахунок теплового дроблення гранула втрачає частину матеріалу який надалі використовується в шарі в якості центрів грануляції на чому й ґрунтується принцип підтримання безперервності роботи апарату. Тобто в середині гранули виникають теплові напруження що підсилюють процеси дроблення гранули.

При грануляції дуже важливо знати властивості суспензії, так при сушці термолабільних розчинів в шарі гранул з температурою до 100°C відбувається зниження розмірів гранул при зниженні температури в шарі – оскільки це призводить до зменшення кількості рідкої фази в пульпі та збільшення кількості частинок які утворюються внаслідок кристалізації розчину в об'ємі апарату. Відповідно термостабільні суспензії гранулюють при вищій температурі. Збільшення питомого зрошення гранул та розміру крапель при незмінній концентрації пульпи приво-

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дить до збільшення розмірів гранул. Чим більше рідкої фази в суспензії, тим більша її адгезійна здатність (здатність до злипання) та менша ймовірність утворення зародків в просторі апарату з крапель суспензії що не встигли проконтактувати з частинками. Та навпаки збільшення зрошення в три рази при зневодненні суспензії призводить до різкої зміни гранулометричного складу, а саме різкого збільшення кількості утворюваних зародків грануляції в об'ємі апарату з крапель суспензії. Чим менша поверхня зрошення при сталому напруженні зрошення, тим товща утворювана при одноразовому проходженні зони зрошення на поверхні гранули плівка, а отже більша ймовірність зчеплення між собою частинок.

Локальний вміст вологи в апараті залежить від параметрів та типу застосовуваної форсунки. Найбільш часто для розпилу використовуються пневматичні, механічні та комбіновані форсунки. При застосуванні комбінованих та пневматичних форсунок площу зони зрошення регулюють через кількість та тиск розпилюючого агенту, а питоме зрошення відношенням кількості розпилюючого агенту до пульпи, чим більше дане відношення тим менші краплі розпилюваної рідини та локальний вміст вологи, а отже відносно менші розміри утворюваних гранул. На гранулометричний склад пропорційно впливає зміна швидкості розпилюючого агенту так як і інші параметри які входять до числа Вебера адже діаметр гранул зростає при збільшенні розпилу пропорційно.

На кінетику гранулоутворення також впливає кількість тепла що подається при розпилі в факел форсунки разом з рідиною та газом. При надходженні в факел розпилу теплового надлишку, більшого за потрібний для проведення першого періоду сушки відбувається перегрів та розм'якшення матеріалу гранул, що в свою чергу призводить до їх злипання. Чим більше введено тепла тим більше зневоднюється суспензія в форсунці її до контакту з гранулою, чим більш зневоднена крапля тим менші сили зчеплення вона має а отже й відносний розмір гранули буде меншим. Аналогічне явище можна спостерігати при збільшенні часу польоту крапель до їх контакту з гранулою, що необхідно враховувати при конструюванні та в розрахунках геометричних розмірів апарату та розміщення форсунок по висоті від шару киплячих гранул. З вище сказаного очевидно, що залежність діамет-

						Лист
					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

ру гранул від кількості підведеного в зону розпилу - тепла має екстремальний характер.

На розмір гранул в залежності від специфіки процесу та механізму гранулоутворення різні параметри впливають в різній мірі або взагалі не впливають. Швидкість псевдозрідження та середній час перебування гранул в киплячому шарі не мають безпосереднього впливу на розмір гранул в умовах ідеалізованого безперервного процесу, проте зі зменшенням часу перебування гранул в реальному апараті кількість утворюваних частинок також зменшується. В свою чергу зменшення швидкості теплоагенту призводить до погіршення інтенсивності циркуляції в шарі та зменшення кількості циклів нагріву та охолодження що призводить до зростання діаметру гранул та зменшення кількості утворюваних зародків. Цілком очевидно що для забезпечення умов безперервності процесу вплив на гранулометричний склад в шарі зводиться до регулювання кількості утворюваної в апараті дрібної фракції, яка регулюється підтриманням оптимальних температурних режимів, при цьому в апараті не має призупинятися процес зростання розмірів гранул. Температурні режими є різними для різних суспензій та підбираються шляхом проведення експериментальних досліджень на лабораторній установці.

Розрахунок гранулометричного складу продукту неможливо вести лише на основі рівнянь матеріального та теплового балансів. Так як гранулометричний склад є функцією цілого ряду параметрів процесу то необхідно враховувати також взаємозв'язок закономірностей гранулоутворення та режимів процесу. Головними критеріями при проектуванні апарату є можливість створення в ньому умов для підтримання необхідної концентрації дрібних частинок в шарі та забезпечення нормальної його роботи в безперервному режимі з врахуванням всіх властивостей використовуваної суспензії.

Швидкість росту гранул та кінетика процесу грануляції в значній мірі залежить від інтенсивності випарювання рідкої фази з поверхні гранули, тобто умов проведення тепломасообміну. В ході грануляції краплини рідкої суспензії активно взаємодіють з теплоагентом та твердими частинками в псевдозрідженому шарі, що супроводжується тепломасообмінними процесами та кристалізацією крапель на поверхні твердих частинок.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очевидно що на характер гранулоутворення має впливати час розтікання краплі по поверхні гранули, який в свою чергу залежить від витрати та локального зрощення суспензії, фізичних властивостей гранульованих розчинів (в'язкість, липкість, концентрація, початкова температура), властивостей твердих часточок (шорсткість, гігроскопічність, початкова температура, відношення розміру частинки до краплі), температури та швидкості теплоагенту. Наприклад при надто швидкому підводі тепла, розчинник видалається з краплини суспензії до того як вона повністю розтечеться по поверхні твердої частинки, і відповідно при зменшенні інтенсивності подачі тепла крапля встигає розтектися по більшій площі гранули, а при недостатній кількості тепла гранула залишається вологою що підвищує вірогідність злипання гранул між собою. Тобто очевидним є те що кінетика гранулоутворення залежить не тільки від швидкості видалення вологи а й від швидкості розтікання плівки по поверхні гранули, що вимагає врахування властивостей поверхні гранули та суспензії при виборі необхідної температури теплового агента. У роботі [9] викладено результати експерименту процесу випарювання крапель з поверхні гранул різних розмірів при зміні початкової температури гранул. При низькій температурі спостерігалось розтікання краплі її нагрів та повільне випарювання розчинника яке супроводжувалося максимальним зниженням температури гранули на 5°C. Після кристалізації краплини утворювався твердий нарост що повторював форму краплі. При дещо більшій температурі утворювалася тонка плівка твердої речовини, а надлишковий вміст розчину стікав з поверхні гранули. При ще більшій температурі крапля вже не встигала розтектися по поверхні твердої частинки, випарювання відбувалося швидко, різниця температур гранули до та після випарювання становила 20°C, а при інтенсивному випарюванні розчинника утворювалися тверді нарости та окремі виступи неправильної форми які легко сколювалися. При взаємодії з гранулою не суспензії а пульпи яка має температуру більшу ніж у гранули відбувалася кристалізація додаткової кількості матеріалу, що спричиняло зменшення сил зв'язку. Очевидно що можливим є сповільнення росту гранул при зниженні температури гранули. Як видно кінетика процесу залежить від температури гранули та її теплоємності при підвищенні якої зростання

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні гранули сповільнюється так як новоутворена оболонка має слабкі зв'язки з ядром гранули та легко руйнується.

При подальшому підвищенні температури розміри наростів зменшувались та мали вигляд пілоподібних частинок, оболонка гранули мала безліч тріщин та сколів, нещільно прилягала до ядра гранули. При встановленні співвідношення крапель до гранул 1:1 у всіх випадках відбувалося обтікання гранули. Форма та розміри наросту на поверхні гранули залежать від властивостей рідини, а саме від поверхневого натягу та в'язкості а також відношення розмірів краплі та гранули, шорсткості та змочуваності поверхні гранули. Чим менша інтенсивність випарювання розчинника, в'язкість розчину та шорсткість гранули, більша крапля та змочуваність поверхні гранули тим більш наближеним до поверхневого росту є ріст гранул. Слід враховувати що отримані висновки зроблені при аналізі взаємодії одиначної краплі з гранулою та не враховують можливість взаємодії крапель з іншими краплями, гранул з гранулами та стінками апарату, здування частини розчину потоком теплоагенту, обертання гранули в киплячому шарі та ряду інших факторів які мають місце в реальному процесі. Тому неможливо однозначно описати кінетику процесу грануляції, а можна лише виявити фактори та параметри що впливають на процес в найбільшій мірі.

1.2 Апаратурне оформлення процесу гранулювання

1.2.1 Переваги та недоліки грануляторів киплячого шару

Гранулятори з псевдозрідженим шаром мають ряд переваг головними серед яких є [17]:

- розвинена поверхня фазового контакту;
- висока інтенсивність процесів тепло- і масообміну завдяки високий інтенсивності перемішування матеріалу в киплячому шарі;
- висока питома продуктивність, невеликі розміри апарату і капітальні витрати на його виготовлення і монтаж;
- висока якість гранульованого продукту;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- можливість безперервного ведення процесу при його повній автоматизації та механізації;
- поєднання процесів зневоднення і гранулювання, що спрощує схему виробництва.
- сушка та грануляція розчинів підвищеної вологості до 95%;
- висока міцність та щільність готових гранул;
- кругла форма отримуваних гранул.

До недоліків апаратів з псевдозрідженим шаром слід віднести [3, 17]:

- підвищені енерговитрати, пов'язані з нагнітанням сушильного агенту;
- необхідність точного дозування рідкої фази;
- малий інтервал режимів стійкої роботи, що призводить до повної зупинки апарату при порушенні технологічного режиму;
- різний час перебування частинок в апараті;
- необхідність очистки відпрацьованого повітря теплового агенту.

1.2.2 Аналіз та конструктивні особливості апаратів киплячого шару

В апаратах киплячого шару гранулювання здійснюється шляхом розпилення розчину суспензії на поверхню “підвішених” в повітрі часток. Суть процесу полягає в імпульсному нанесенні на тверді часточки (зародки) плівки розчину що гранулюється, його сушки та кристалізації внаслідок чого гранула поступово обростає багат шаровою оболонкою та збільшує свої розміри до необхідного розміру. В ході процесу відбувається не тільки збільшення розмірів гранул що знаходяться в апараті, а й утворення нових центрів грануляції за рахунок кристалізації в корпусі апарату невеликої частки розпиленних крапель суспензії до їх потрапляння на гранулу, а також за рахунок сколів частки матеріалу з поверхні оболонки гранули в результаті процесів теплового дроблення.

Для грануляції розчинів в псевдозрідженому шарі використовують апарати різноманітних конструкцій, основні типи яких розглянуто в роботах [12–14] та представлено на рисунку (1.2).

Апарати грануляції киплячого шару прийнято класифікувати за основними технологічними та конструктивними ознаками:

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						17
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- 1) за періодичністю дії: апарати періодичної дії та безперервно діючі;
- 2) за способом підводу тепла: конвективні, конвективно-кондуктивні;
- 3) за формою корпусу: циліндричні з кутом розкриття до 20° та з кутом розкриття $30-60^\circ$, конічні, циліндро – конічні, прямокутні, квадратні, тощо;
- 4) за кількістю секцій: односекційні, двосекційні та багатосекційні;
- 5) за концентрацією гранульованої рідкої фази: розчин, суспензія, пульпа, плав;
- 6) за типом використовуваного сушильного агенту, працюючі: на водяному парі, на димових газах, на повітрі, на інертних газах;
- 7) по зміні перерізу за висотою апарату: з постійним або зі змінним перерізом;
- 8) за місцем вводу рідкої фази через форсунки: збоку, зверху, знизу, комбіновані;
- 9) за місцем відводу гранул: збоку, знизу.

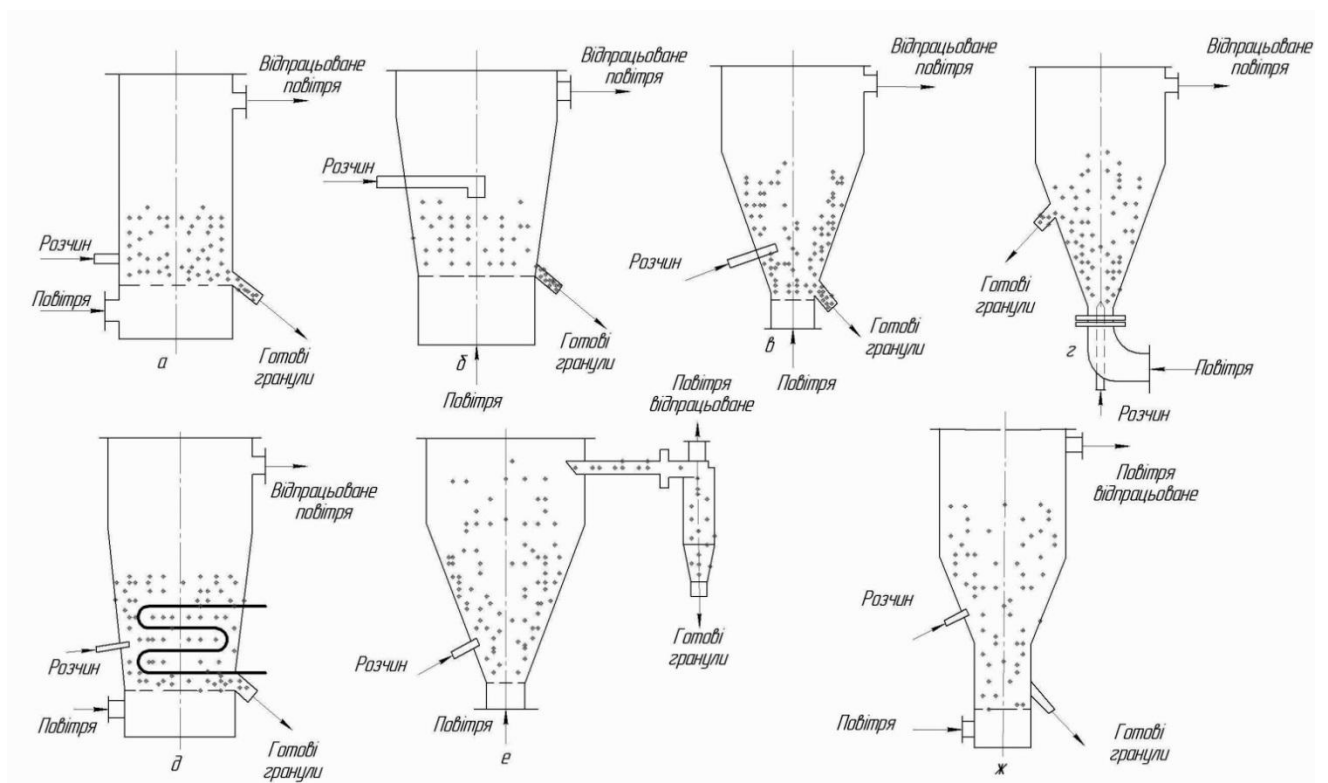


Рисунок 1.2 – Схеми основних типів грануляторів киплячого шару: а) апарат з вводом розчину збоку в шар; б) апарат з введенням розчину зверху; в) апарат з фонтануючим шаром та введенням розчину збоку; г) апарат з фонтануючим шаром та вводом розчину знизу; д) апарат з комбінованим підведенням тепла та вводом розчину збоку; е) апарат для сушки розчинів на інертному теплоносії; ж) апарат з внутрішнім сепаратором

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Форма апарату грануляції визначає його гідродинамічні властивості. Перевага надається апаратам круглого перерізу через відсутність в них застійних зон та легкості виготовлення. Апарати прямокутного перерізу застосовують для розміщення великої кількості розпилювачів вздовж апарату. В циліндричних апаратах з малим кутом розкриття (до 20°) відбувається рівномірне по всьому перерізу псевдозрідження, а в апаратах з великим кутом розкриття стінок корпусу виникає так зване “фонтанування” коли в центрі апарату виникає розріджене ядро а у пристіночній зоні утворюється щільний сповзаючий шар. Кожна з фракцій полідисперсної системи частинок має свою швидкість початку псевдозрідження та виносу, а так як в циліндричному апараті швидкість псевдозріджуючого агенту однакова - по висоті апарату дрібні частинки можуть перебувати в стані витання в верхній частині апарату, середнього розміру в стані псевдозрідження, а великі будуть знаходитися в прирешіточній зоні сушки. Для запобігання описаному явищу сепарації частинок за розмірами по висоті апарат роблять з розширенням до верху, в такому випадку при правильно підібраній конусності швидкість псевдозріджуючого агенту по висоті шару різна тому сепарації за розмірами частинок не відбувається. Для того щоб робоча частина апарату була рівномірно заповнена киплячим шаром без застійних зон рекомендований кут конусності повинен бути в межах $10-16^\circ$. Площа живого перерізу газорозподільчої решітки може бути розрахована за швидкістю витання, а площа нижньої основи конусу має бути розрахована за швидкістю початку псевдозрідження максимальної частинки шару. Площа верхньої основи може бути розрахована за швидкістю витання дрібних частинок, які повинні залишатися в шарі [13, 14].

Апарати з фонтануючим шаром - в яких тверді частинки рухаються в центральній частині апарату в розрідженій фазі вверх з великою швидкістю, а по периферії спускаються донизу в щільній фазі. В апаратах фонтануючого шару рекомендований кут конусності має бути в межах від 35° до 60° та більше. Причому діаметр нижньої основи в цьому випадку має бути розрахований за швидкістю, що перевищує швидкість витання самих крупних часток в шарі, щоб запобігти їх заляганню на сітці. Відомі конструкції з декількома зонами локального фонтанування. Апарати прямокутної форми використовують для направлено переміщення твердих часток при перехресному потоці теплоносія. Апарати квадратного перерізу зручні при використанні в напівпромислових умовах з наступним вико-

						Лист
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ристанням отриманих даних для конструювання прямокутних промислових апаратів. Існують апарати як з винесеною окремою топкою так і з вмонтованою [13].

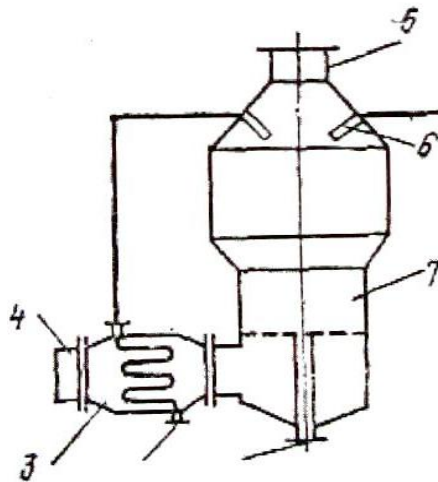


Рисунок 1.3 – Циліндричний апарат з центральним вивантаженням та подачею перегрітого розчину на шар: 1 – патрубок для вивантаження продукту; 2 - патрубок для введення рідини; 3 – калорифер; 4 – патрубок для введення теплоносія; 5 – патрубок для відпрацьованого теплоносія; 6 – форсунка для рідини; 7 – корпус.

В апаратах ВНИИГ (рис. 1.4) розчин подається в апарат зверху форсункою грубого розпилу, грануляція проводиться на внутрішньому рециклі, для сушки застосовується високотемпературний теплоносій – газова суміш [13].

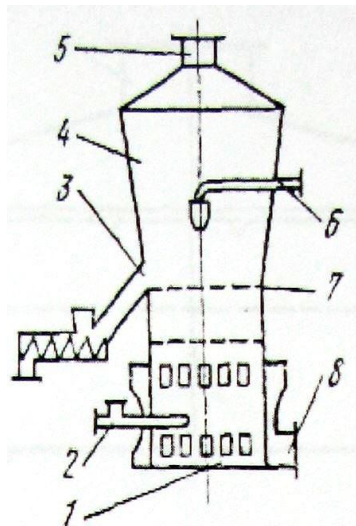


Рисунок 1.4 – Конічний апарат з вмонтованою топкою та подачею рідини на шар: 1- вмонтована топка; 2 – газовий пальник; 3 – патрубок для вивантаження гранул; 4 – корпус; 5 – патрубок для відводу відпрацьованого теплоносія; 6 – механічна форсунка; 7 – газорозподільча решітка; 8 – патрубок для введення теплоносія.

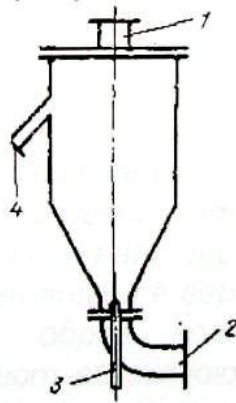


Рисунок 1.5 – Конічний апарат з фонтануючим шаром, вводом рідини знизу та вивантаженням готового продукту на рівні дзеркала шару: 1 – патрубок для виходу теплоносія; 2 – патрубок для введення теплоносія; 3 – форсунка рідини; 2 – патрубок для вивантаження продукту.

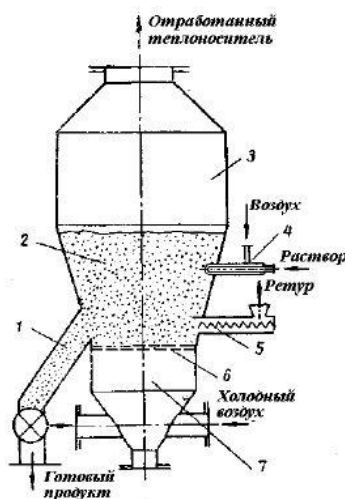


Рисунок 1.6. – Гранулятор КШ конструкції МИХМ

1 – патрубок з секторним затвором; 2 – камера сушки; 3 – сепараційна зона; 3 – форсунка; 5 – шнек для подачі ретура; 6 – решітка; 7 – повітряна камера.

На рис. 1.7. показаний апарат для грануляції розчинів, що являє собою поєднання циліндричної розпилювальної камери з конічним апаратом киплячого шару. Розчин подають в камеру над шаром гранул за допомогою пневмофорсунки, яка має насадку типу сопла Вентурі та рубашку для охолодження водою центральної трубки. Для розпилу розчину в розпилювач подають високотемпературний теплоносій в кількості 15% від загальної витрати. Теплоносій для досушки гранул надходить знизу під решітку апарату безпровального типу. Теплоносій являє собою топкові гази розбавлені повітрям до заданої температури [14].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

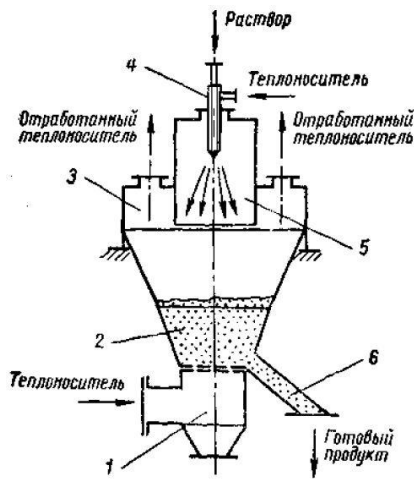


Рисунок – 1.7. Гранулятор РКСГ конструкції НИУИФ

1 – зона подачі теплоносія; 2 – зона киплячого шару; 3 – сепараційна зона; 4 – форсунка; 5 – розпилююча камера; 6 – патрубок вивантаження готового продукту.

На рисунку 1.8 зображено гранулятор з подачею розчину знизу. Розчин для грануляції подають під тиском до 1 атм. за допомогою восьми пневматичних форсунок, встановлених вертикально під решіткою так щоб факели розпилу починалися від решітки. Через боковий штуцер надходить високотемпературний теплоносій (топкові гази) для випарювання вологи.

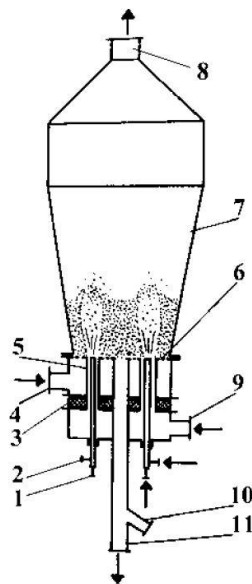


Рисунок 1.8 - Гранулятор КШ НИИХіммаш

1 – подача розчину; 2 – подача повітря на розпил; 3 – теплоізоляція; 4 – подача теплоносія на псевдозрідження; 5 – форсунка; 6 – решітка з нахилом до центру; 7 – камера сушки; 8 – вихлоп газів; 9 – подача теплоносія в факел; 10 – подача повітря для сепарації вивантаження; 11 – патрубок вивантаження гранул.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XI.Г.00.00.00 ПЗ

Лист

22

ЛТІ було розроблено конструкцію гранулятора фонтануючого шару для розчинів з одночасною сепарацією дрібних часток (рисунок 1.9). Особливістю гранулятора є те що він дозволяє регулювати ступінь фракціонування не тільки витратою повітря, а й кількістю циркулюючого через сепаратор продукту. Розчин для грануляції в апарат подається за допомогою форсунок в шар.

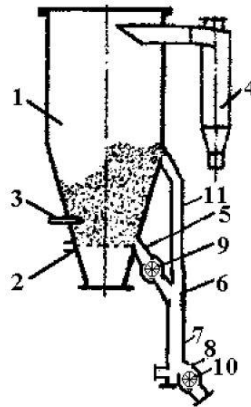


Рисунок 1.9 – Гранулятор конструкції СПГТИ

- 1 – сушарка; 2 – решітка; 3 – форсунка; 4 – циклон;
 5 – патрубок вивантаження; 6 – сепаратор; 7 – вивантаження готових гранул;
 8 – повернення дрібних гранул в сушарку; 9,10 – секторні затвори.

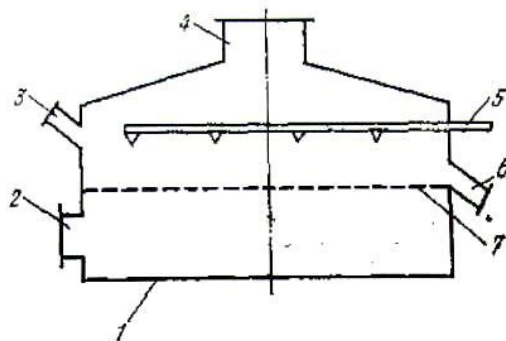


Рисунок 1.10 – Прямокутний апарат з подачею рідини на шар: 1 – корпус 2 – патрубок для вводу теплоносія; 3 – патрубок для вводу рециклу; 4 – патрубок для виходу відпрацьованого теплоносія; 5 – розподілювач рідини; 6 – патрубок для виходу продукту; 7 – газорозподільча решітка.

Гранулятори киплячого шару поділяються на одно та багатосекційні. В багатосекційних апаратах відбувається розподілення по камерам гранульованого матеріалу. Іноді гранулювання в таких апаратах проводиться в одній з камер, а в інших допоміжні операції такі як: сушка, змішування, охолодження, або в різних каме-

рах гранулюють речовину при різних температурних режимах, останнє може використовуватися для отримання зародків грануляції та наступного нарощування їх розмірів до товарної фракції в наступних секціях, фарбування, охолодження.

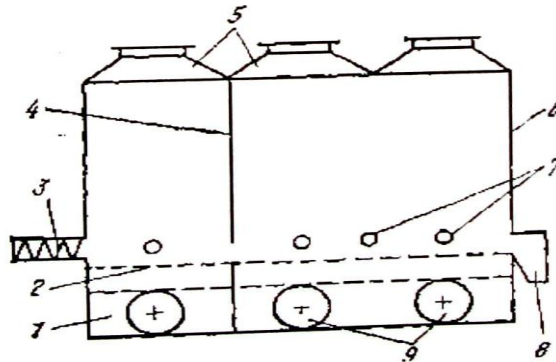


Рисунок 1.11 – Прямокутний багатосекційний апарат з подачею рідини в шар: 1 – газорозподільчий короб; 2 – газорозподільча решітка; 3 – шнек для завантаження рецирку; 4 – перегородка між секціями; 5 – патрубок для відводу відпрацьованого сушильного агенту; 6 – корпус апарату; 7 – форсунки для рідини; 8 – камера для вивантаження; 9 – патрубки для підведення сушильного агенту.

При використанні багатосекційних апаратів дисперсія розмірів гранул продукту значно менша ніж в односекційних, проте такі конструкції дорожчі в експлуатації та складніші при обслуговуванні через складність конструкції важче піддаються автоматизації. Багатосекційні апарати поділяються на апарати: з вертикальним та горизонтальним секціонуванням. Інтенсивний рух частинок в псевдозрідженому шарі приводить до зворотного перемішування твердої фази, а тому в апараті без перегородок (рисунок 1.12,а) температура всього шару практично однакова та рівна температурі продукту. При наявності перегородок (рисунок 1.12,б) зворотне перемішування здійснюється лише в межах однієї секції, а рух частинок наближений до поршневого режиму. Саме тому спад температур в шарі та рушійна сила більша, а тепло та масообмін більш інтенсивний. Для наближення до схеми “протитечії” застосовують вертикальне секціонування (рисунок 1.13), число вертикальних секцій не перевищує чотирьох, подальше секціонування призводить до суттєвого збільшення габаритів та гідродинамічного опору [13, 14].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ХІ.Г.00.00.00 ПЗ

Лист

24

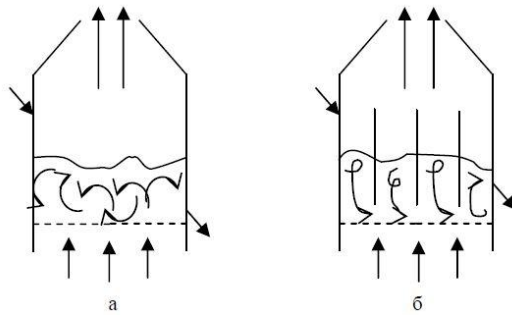


Рисунок 1.12 Схема руху потоків в апараті без перегородок (а)
та з перегородками (б)

При вертикальному секціонуванні зростають як середні значення рухомої сили процесу так і рівномірність обробки твердих частинок, а при горизонтальному секціонуванні - рівномірність обробки. В ступінчато-протитечійних апаратах вологий матеріал подають у верхню секцію апарату та виводять знизу, гарячий газ вводять протитоком. Перетік матеріалу з тарілки на тарілку здійснюється або через перетічні труби або в результаті “провалювання” матеріалу через отвори [13].

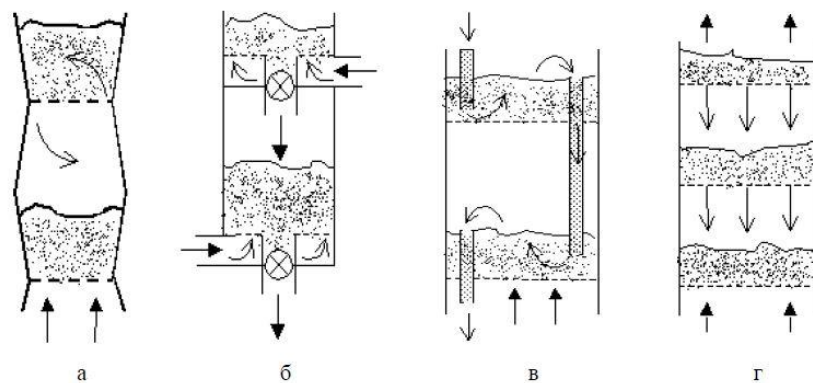


Рисунок 1.13. Способи перетоку матеріалу в протитечійних колонних апаратах:
а – тарілки закріплені шарнірно; б – перетік за допомогою секційних дозаторів;
в – перетік через перетічні труби; г – перетік через отвір провального типу

На рисунку 1.13а, зображено роботу апарату в напівбезперервному режимі, по завершенню певного періоду часу шарнірно закріплені тарілки обертаються і матеріал висипається на наступну тарілку що знаходиться нижче. На рисунку 1.13б, перетік матеріалу здійснюється за допомогою секторних дозаторів; на рисунку 1.13в, матеріал що сушиться рухається по перетічним трубам, а на рисунку 1.13г –

через отвори провальної перфорованої решітки. Найпростішим та широко використовуваним є горизонтальне секціонування з розміщенням камер розділених перегородками на одному рівні.

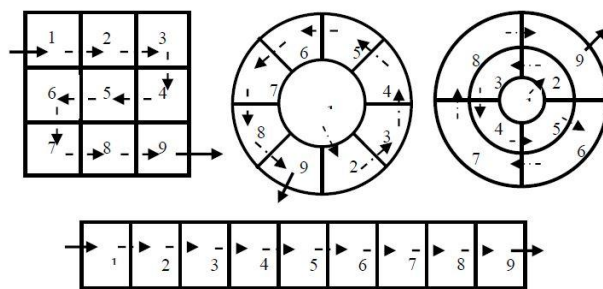


Рисунок 1.14. – Схеми руху матеріалу в багатосекційних апаратах КШ

Найбільш розповсюджені схеми руху матеріалу в апаратах, секціонованих на одному рівні прямокутного, круглого та квадратного перерізу зображені на рисунку 1.14. Представлені апарати застосовуються для суміщення цілого ряду технологічних операцій: сушки, зволоження, агломерації, капсулювання, фарбування. Стрілками на рисунку вказано напрямок руху гранул в киплячому шарі в наступному порядку : 1 – сушка вихідного матеріалу; 2 – досушка та змішування з матеріалами; 3 - зволоження гранульованої суміші рідиною; 4 – сушка агломератів та введення невеликої кількості компонентів шляхом розпилення; 5 – зволоження часток та гранулювання; 6 – сушка гранул; 7 – капсулювання; 8 – фарбування гранул; 9 – досушка.

Процеси гранулоутворення в значній мірі залежать від використовуваного пристрою розпилення розчину в шар, місця вводу розчину в апарат, способу розпилення, тощо. Для розпилення рідини використовують механічні, пневматичні та комбіновані форсунки які дозволяють отримувати краплі з діапазоном розмірів 0,1 - 0,9мм. Головні вимоги що пред'являються до розпилюючого пристрою: мінімальні енергозатрати, надійність роботи, рівномірність дисперсного складу та щільності зрошення. Рідину подають зверху на дзеркало псевдозрідженого шару, в шар в напрямку до газорозподільчої решітки, а також горизонтально або знизу. В апаратах фонтануючого типу рідина подається в розбавлену фазу [13].

Механічні форсунки (рисунок 1.15 в,г) розпилюють рідину за рахунок власного напору та відцентрового завихрення струменя. Факел розпилу утворений в механічних форсунках може бути одержаний лише у вільному повітряному просторі,

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

так як не володіє достатньою силою та при розміщенні в киплячому шарі часток він легко гаситься частинками що призводить до утворення комків внаслідок агломерації частинок у шарі. Механічні форсунки застосовуються лише для розпилу розчину зверху на киплячий шар, а так як температура теплоносія на поверхні шару найменша, то на дзеркалі кипіння шару виникають гірші умови теплообміну ніж в середині ближче до решітки. Цей недолік трохи компенсується при використанні високотемпературного теплоносія, проте для багатьох речовин наприклад як суспензії органіки високотемпературна сушка неприпустима через можливість загоряння, теплового дроблення, тощо. При встановленні механічної форсунки в шар неможливо регулювати поверхню зрошення гранул. Механічні форсунки більш схильні до забивання каналу звихрення, а тому більшого розповсюдження набули пневматичні форсунки.

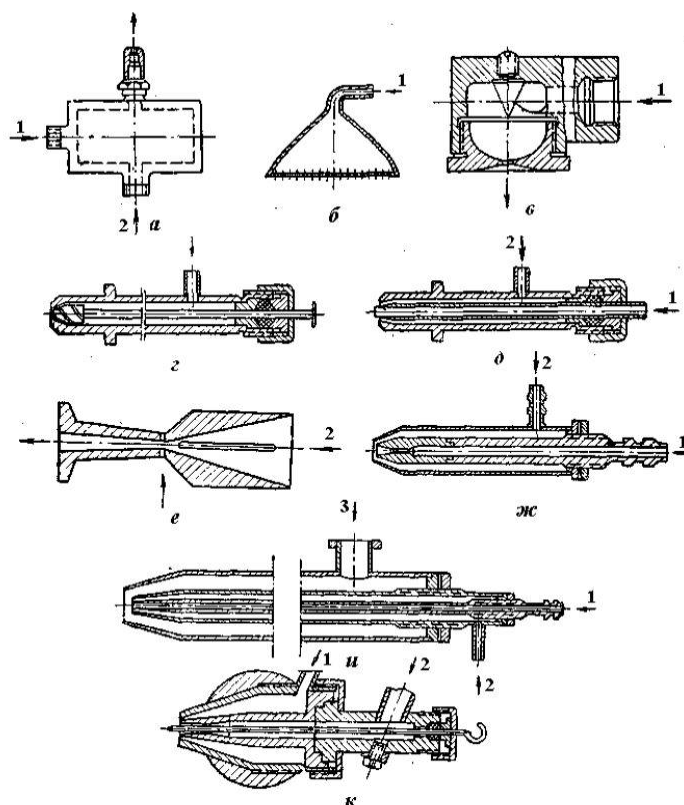


Рисунок 1.15 – Схеми форсунок:

а – форсунка сферодайзера; б – душовий розбризкувач; в – механічна з камерою завихрення; г – механічна з насадкою завихрення; д – пневматична ежекційна; е – насадка – сопло Вентурі; ж – пневматична з соплом Вентурі; и - пневматична; к – пневматична з шаровим шарніром; 1 – подача розчину; 2 – подача повітря на розпил; 3 – подача теплоносія.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В пневматичних форсунках (рисунок 1.15, ж, д, и, к) рідина розпилюється силою струменя повітря що подається під тиском в кільцевий зазор сопла (рисунок 1.17 д, и) або в центральний отвір сопла (1.15, е). Витрата розчину регулюється зміною його тиску (до 1,6 атм.) що надходить в форсунку при цьому витрату повітря на розпил не змінюють. На відміну від механічного факел пневматичної форсунки стійкий як у вільному так і в обмеженому об'ємі киплячих часток отже пневматичну форсунку можна використовувати для розбризкування як зверху на шар частинок так і збоку в шар. Об'єм та форму факелу пневматичної форсунки можна змінювати міняючи витрату повітря на розпилення та внутрішні параметри сопла. Конструкція пневматичної форсунки дозволяє подавати в факел додатково високотемпературний теплоносій в потрібних кількостях створюючи найвигідніші умови теплообміну в факелі, форсунка (1.15 и) дозволяє виключити контакт теплоносія з трубкою подачі розчину. Пневматичні форсунки потребують більших ніж механічні енергозатрат через необхідність подачі повітря, але забезпечують більш тонке та рівномірне розпилення. В невеликих апаратах розпилення в шар за допомогою механічної форсунки неможливе так як швидкість виходу рідини сягає 3-6м/с, та відсутній вільний простір для розпаду струменя рідини на краплини. Комбіновані форсунки передбачають розпил рідини під її тиском створюваним при швидкості низьконапірного обдуваючого агенту 10-50м/с який може транспортувати тверді часточки та тепло в шар [14].

Значний вплив на хід процесу має місце розміщення розпилювача в апараті. В залежності від місця подачі рідини пред'являють різні вимоги до щільності зрошення, при подачі рідини на шар приділяється увага рівномірності зрошення по всій площі, при подачі в шар - рівномірності зрошення поверхні факелу, причому зрошення в середині факела має бути мінімальним. Питоме зрошення при розпиленні в шар більше за поверхневе, завдяки кращому перемішуванню за рахунок турбулізації факелу. Питоме зрошення при інших рівних умовах використовують в якості масштабного фактору, тобто приймають що збільшення продуктивності форсунки пропорційне збільшенню поверхні зрошення а отже пневматичні форсунки забезпечують вищу продуктивність. Як показують дослідження при використанні речовин які містять тверду фазу більш правильним є оцінювання роботи

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

форсунки за питомою напруженістю факелу з розрахунку на рідку фазу, кількість якої для даної розчиненої речовини при постійній температурі визначається вологістю пульпи. Збільшення продуктивності гранулятора повинно супроводжуватися підвищенням продуктивності кожної форсунки обумовленим збільшенням поверхні зрошення. Такий підхід практично не може бути реалізований при подачі рідини в шар по вертикалі знизу, а тільки шляхом збільшення кількості форсунок, що значно ускладнює будову та експлуатацію апарату. При подачі рідини на шар продуктивність форсунки обмежена площею поверхні дзеркала шару, в той час як при горизонтальній подачі в шар поверхня зрошення може бути набагато більшою. Допустимі напруження факелу зрошення при використанні великих форсунок будуть нижчими ніж при використанні невеликих. Зі збільшенням габаритів форсунок утворюються зони в яких локальна напруженість відрізняється від середньої що лімітує загальну продуктивність форсунки [13].

Надійність форсунки визначається часом її стабільної роботи, можливістю очищення та регулювання режиму розпилення. Відмова в роботі механічних форсунок здебільшого викликана забиттям сопла механічними домішками або кристалізацією суспензії. Порушення роботи пневматичних форсунок відбувається внаслідок забивання кристалами суспензії каналу підводу розпилюючого агенту. Для запобігання заростанню форсунок їх екранують від дії гарячого газу шляхом піддуву в нього холодного розпилюючого агенту, що в свою чергу підвищує вірогідність кристалізації рідини в каналі форсунки. Кращим шляхом усунення заростання є застосування для форсунок матеріалу що не має адгезійної здатності [13, 14].

Апарати з розпиленням рідини безпосередньо в шар збоку мають дві області теплообміну. Перша область знаходиться безпосередньо над решіткою та поширюється на невелику висоту, це область інтенсивного теплообміну частинок з теплоносієм. Друга область – це область розповсюдження факелу де розпилюється рідка фаза між сухими частинками шару та розпиленими частинками рідини відбувається інтенсивний теплообмін. Таким чином в шарі над решіткою сипучий матеріал нагрівається теплоносієм та потрапляючи в область дії форсунки віддає тепло розпиленим частинкам рідини. При цьому необхідне інтенсивне перемішування частинок шару що виступають в ролі теплоносія. При грануляції слабких

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(неконцентрованих) розчинів найбільш раціональним є розміщення форсунки в зоні найбільш інтенсивного теплообміну тобто знизу вертикально під решіткою. При цьому в форсунку подається невелика кількість повітря, розрахована тільки на розпилення розчину (до 0,5 кг повітря/ кг розчину). Розпилення рідини над шаром пневмоспособом через взаємодію двох протилежно направлених потоків призводить до пригнічення псевдозрідження шару або до значного виносу дрібної фракції та крапель суспензії з апарату. Попри це, за вірно підібраних режимів та конструктивного оформлення даний спосіб є досить ефективним. Відбувається хвилеподібне викривлення поверхні шару при якому різко зростає площа контакту двох зустрічних потоків при цьому процеси тепло-масообміну інтенсифікуються. Даний спосіб добре себе зарекомендував при гранулюванні дуже вологих розчинів. Якщо вологовміст відпрацьованого сушильного агента дозволяє отримувати продукт необхідної якості то найбільш раціональною є подача рідини в псевдозріджений шар. При такій подачі знижується виніс та створюються гарні умови для розвитку факелу та значної поверхні зрошення. При подачі в шар гарне диспергування можливе лише при наявності вільного простору, що дозволяє розвинути рідинному струменю. Цей простір утворюється при стіканні розпилюючого агента що створює в псевдозрідженому шарі газовий факел. Чим більша витрата рідини тим більшим повинен бути об'єм факелу та його довжина. Для горизонтальної подачі рідини в шар раціональним з огляду на необхідність повного розподілення факелу по перерізу апарату буде розташування форсунки на боковій стінці апарату. При подачі рідини в шар знизу, довжина факела а отже й продуктивність форсунки обмежується висотою шару, тому для збільшення продуктивності та розмірів апарату при збереженні висоти шару виникає необхідність в установці декількох форсунок, що призводить до ускладнення конструкції та подорожчання установки [13, 14].

Гідродинаміку апарату окрім форми корпусу та пристрою зрошення визначає конструкція газорозподільчого пристрою, частіше за все це решітка що підтримує шар. Газорозподільчі решітки поділяють на два основні типи: провальні (рисунок 1.16а) та безпровальні (рисунок 1.16б). Провальна решітка являє собою одинарну перфоровану решітку товщиною 5-15мм в залежності від діаметру апарату з віль-

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ним перерізом 3-8%, на якому матеріал утримується під час роботи завдяки швидкісному напору теплоносія знизу. Для утворення киплячого шару часток над газорозподільчою решіткою необхідно щоб її гідравлічний опір становив не менше 50-80% від опору киплячого шару часток, для цього живий переріз отворів решітки розраховують, виходячи з обраного значення живого перерізу. Як показує практичний досвід експлуатації промислових апаратів при грануляції суспензій діаметр отворів решіток коливається від 2 до 5 мм в залежності від розміру гранул, висоти киплячого шару та діаметру решітки [13, 14].

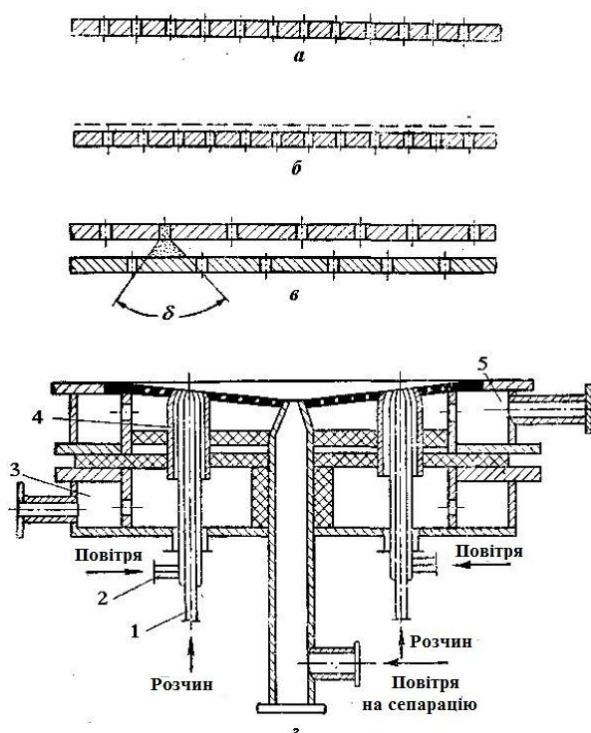


Рисунок 1.16 – Схеми газорозподільчих решіток: а – провальна решітка; б – безпровальна решітка з плетеною сіткою; в – безпровальна здвоєна решітка; г – провальна з сепараційною вигрузкою та теплообмінними соплами.

Вивантаження матеріалу з апарату грануляції киплячого шару при гранулюванні розчинів та суспензій може проходити як зверху шару (рисунок 1.17а) так і безпосередньо над решіткою (рисунок 1.17). Схему з вивантаженням гранул знизу над решіткою застосовують в тому випадку, коли в шарі можливе комкоутворення, так як комки та крупні часточки часто не можуть піднятися на поверхню шару, у цьому випадку регулювання кількості матеріалу на вивантаження проводиться

за допомогою турнікету або транспортуючого шнеку. Що дозволяє запобігати оплавленню комків та великих гранул а отже й заростанню газорозподільчої решітки. При безперервному процесі грануляції та вивантаженні з нижньої частини шару необхідно витримувати синхронність роботи дозаторів рідини та розвантажуючого пристрою для запобігання зміни висоти шару. Іноді застосовується комбінована схема (рисунок 1.17) з верхнім та нижнім вивантаженням гранул така схема вивантаження значно спрощує технологічну схему. У циліндричному апараті при інтенсивному кипінні шару гранул незалежно від місця розташування вивантажувального отвору в нього будуть потрапляти гранули різного розміру, а тому для регулювання вивантаження гранул за дисперсністю необхідно використовувати спеціальні пристрої – класифікатори (рисунок 1.17в). Сепарацію частинок проводять повітряних класифікаторах різних конструкцій. Принцип дії яких базується на сепарації частинок газовим потоком. В центрі газорозподільчої решітки є отвір через який подається повітря для запобігання надходженню у розвантажуючий пристрій дрібних гранул. Для класифікації продукту що вивантажується з бокової частини шару використовують сепаратор з виносним конічним конфузором. Гранули надходять в сепаратор через дозатор. Псевдозріджений шар створюється продувкою холодного повітря. З сепаратора дрібна фракція видувається назад в гранулятор, а товарна фракція на рівні газорозподільчої решітки сепаратора відбирається розвантажувальним пристроєм. Існує конструкція гранулятора киплячого шару що суміщує процеси грануляції та сепарації. Апарат має в середині похилу перегородку що відокремлює зони грануляції та класифікації. Перетікаючи через вікно в нижній частині перегородки із зони гранулювання, гранули проходять вздовж апарату, відокремлюються від дрібної фракції та виходять в протилежному боці зони класифікації. Дрібна фракція видувається в зону сепарації звідки в результаті зменшення швидкості зріджуючого агенту потрапляє в зону гранулювання. Використання даного типу апарату з суміщеною грануляцією та класифікацією дозволяє зменшити габарити всієї установки та спростити конструкцію завантажувачів. Вивантаження збоку дозволяє зменшити висоту установки та уникнути контакту гарячого теплоносія з вивантажувальним патрубком. При відборі товарних гранул на висотному рівні шару має місце першочер-

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гове вивантаження дрібної фракції тому така схема менш прийнятна за схему з вивантаженням товарних гранул з рівня газорозподільчої решітки в якій конструкційне оформлення передбачає першочергове виведення з апарату крупних гранул [13, 14].

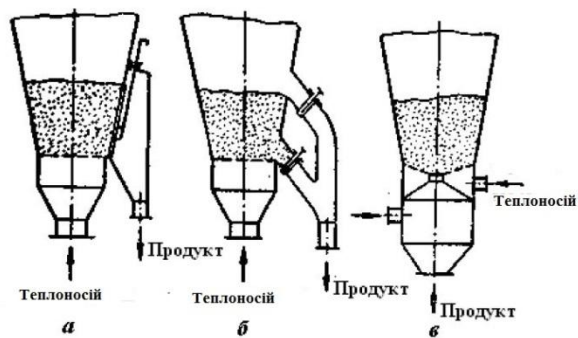


Рисунок 1.17 – Схеми вивантажувальних пристроїв:

а – перетічний з регульованою висотою порогу; б – тічка з нижнім та верхнім вивантаженням; в – сепараційне вивантаження гранул

Спосіб підведення тепла в гранулятор з псевдозрідженим шаром залежить від специфічних особливостей продукту. Найбільш поширене підведення тепла зі зріджуючим теплоагентом, що нагрівається у виносній або вбудованій топці. Іноді застосовують перегрів рідини, теплообмінники розташовані в шарі гранул, тепло фізико-хімічних реакцій що проходять в шарі. При проведенні безперервного процесу в шарі іноді знаходиться продукт, властивості якого обмежують допустимий тепловий потенціал зріджуючого агенту. Для запобігання перегріву матеріалу шару застосовують підведення тепла з розпилюючим агентом, який віддає тепло в першу чергу рідкій фазі. Іноді високотемпературним теплоносієм є не розпилюючий агент а нагнітаючий розпилювач рідини. В останньому випадку використовують низьконапірний газ [13].

Введення в шар високотемпературного теплоносія призводить до локального перегріву місця введення, де матеріал плавиться і утворює нарости. Для запобігання цьому явищу запропоновано підрешіточний простір розбити на камери гарячого і холодного газу, екрануючого газорозподільну решітку від впливу високих температур. При введенні гарячого газу збоку спеціальних засобів, що запобігають місцевий перегрів, не потрібно [13].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Враховуючи вище сказане та проаналізувавши переваги та недоліки грануляторів з киплячим шаром, для проведення процесу гранулювання сульфату амонію обираємо циліндричний грануляційний апарат киплячого шару. Такого типу обладнання забезпечує високу ефективність процесу та високу якість отриманого продукту – гранул з розмірами 2,5-4 мм. Перевага надається апаратам круглого перерізу, через відсутність застійних зон. Апарати циліндричної форми успішно застосовуються в процесах гранулювання коли матеріали мають підвищену в'язкість (до 95%) та схильність до злипання як у випадку з суспензією посліду. Відсутність кута розкриття в циліндричних апаратах забезпечує постійність швидкостей повітря, рівномірний розподіл гранул та їх активне перемішування без злипання та «фонтанування». Найбільш простими у виготовленні та надійними в експлуатації є апарати що використовують в якості зріджуючого агенту – нагрітого повітря, для підігріву якого використовується виносна газова топка. Найбільш широко в якості пристрою зрошення використовуються пневматичні форсунки. Пневматичні форсунки менш схильні до забивання та заростання сопла, забезпечують гарне розпилення суспензій які містять колоїдні частинки, мають просту та надійну конструкцію. Пневматичні форсунки дозволяють змінювати конфігурацію факелу розпилу. Пневматичні форсунки забезпечують більш тонке та рівномірне розпилення. У випадках коли вологовміст сушильного відпрацьованого агенту дозволяє одержувати продукт потрібної якості, то оптимальною є схема з подачею рідини в киплячий шар, це дозволяє зменшити винесення матеріалу та створити умови для розвитку факела та збільшення поверхні зрошення. При подачі рідини в шар для гарного її диспергування необхідно конструкційно передбачити наявність вільного простору для розвитку рідинного струменя в апараті. Чим більша витрата рідини тим більший об'єм факелу, та його довжина. Для горизонтальної подачі рідини в шар раціональним з огляду на необхідність повного розподілення факелу по перерізу апарату буде розташування форсунки на боковій стінці апарату. Оптимальна висота шару над соплом H_p горизонтальної форсунки визначається за довжиною факела X_f зі співвідношення:

$$1,6 \geq \frac{X_f}{H_p} \geq 0,8. \quad (1.1)$$

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

Відстань форсунки від газорозподільчої решітки апарата повинна бути рівною або більшою за максимальний радіус струменя. Питоме зрошення при розпиленні в шар більше за поверхневе, завдяки кращому перемішуванню за рахунок турбулізації факелу.

Товарні гранули з апарату киплячого шару краще відбирати з рівня решітки збоку та зверху – за комбінованим методом. Комбінований пристрій дозволяє поєднувати перераховані переваги обох схем розвантаження, нижнього та верхнього. У циліндричному апараті при інтенсивному кипінні шару гранул незалежно від місця розташування вивантажувального отвору в нього будуть потрапляти гранули різного розміру, а тому для регулювання вивантаження гранул за дисперсністю необхідно використовувати спеціальні пристрої – класифікатори. Завантаження та розвантаження здійснюється шнековими живильниками. В якості газорозподільчого пристрою бажано використовувати провальну газорозподільчу решітку. Провальна решітка являє собою одинарну перфоровану плиту (товщиною від 4 до 15мм в залежності від діаметру апарату) з вільним перерізом від 3 до 8%, на якому матеріал утримується під час роботи завдяки швидкісному напору теплоносія знизу газорозподільчої решітки. Для створення рівномірного киплячого шару необхідно, щоб опір решітки складав 50-80% від опору шару, із цією метою живий переріз решітки обирають від 2 до 10% від її площі, а діаметр та число отворів решітки розраховують, виходячи з обраного перерізу, на практиці розмір отворів складає 2-5 мм.

1.2.3 Модернізація конструкції вибраного об'єкту дослідження

У якості конструктивної модернізації проектованого апарату запропоновано збільшити діаметр верхньої частини гранулятора (див. рис. 1.18). Розширення поперечного перерізу апарату призведе до зменшення швидкості сушильного агента. Таким чином, верхня частина гранулятора є зоною, де швидкість газового потоку різко зменшується, завдяки чому зменшується і кінетична енергія унесеної фракції гранул. Таке конструктивне рішення дозволяє мінімізувати передчасне виведення гранул із відпрацьованим агентом.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35



Рисунок 1.18 – Модель сушарки-гранулятора

1.3 Обґрунтування актуальності досліджень

На підставі проведеного літературного огляду можна зробити висновок, що гранулювання в псевдозрідженому шарі являє собою складний комплексний процес збільшення розміру гранул або їх утворення. На практиці важливо за параметрами процесу гранулювання вміти розраховувати фракційний склад готового продукту і виявляти способи досягнення максимального виходу цільової фракції.

Аналіз результатів досліджень різних авторів показує, що з усього різноманіття запропонованих методів розрахунку гранулометричного складу продукту, одержуваного в псевдозрідженому шарі можна виділити три найбільш вдалі, проте невідповідність з експериментальними даними викликає необхідність в додаткових дослідженнях і розробці нових методик розрахунків фракційного складу.

Експериментальні дослідження кінетики росту частинок в псевдозрідженому шарі показують, що характер гранулоутворення, а отже і розмір гранул залежать від властивостей вихідного плаву. Таким чином, вплив технологічних параметрів процесу на гранулометричний склад та якість продукту, на сьогоднішній день виявлено не повністю. Накопичений матеріал не дозволяє виявити основні параметри регулювання гранулометричного складу продукту.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

На даний час виведення промислових грануляторів киплячого шару на стаціонарний режим становить 10-20 годин, у залежності від кінцевого гранулометричного складу. Причому, під час запуску апарата, псевдозріджений шар може «сідаєти» на розподільну решітку, що призводить до зупинки гранулятора і установки вцілому.

Складність полягає в тому, що вихідний шар гранул змінює свій фракційний склад внаслідок збільшення розмірів гранул в факелі, створюваному роботою форсунки. При цьому змінюються гідродинамічна обстановка в апараті та умови тепло- і масообміну, що може привести до осідання та забивання решітки апарату гранулами. Знання закономірностей зміни гранулометричного складу шару в перехідному процесі дозволяє знайти оптимальні умови виходу на стаціонарний режим, режимні та конструктивні параметри гранулятора, при яких виходить продукт заданого гранулометричного складу. Гранулометричний склад продукту є функцією ряду параметрів процесу а, отже, його розрахунок необхідно вести не тільки на основі рівнянь матеріального і теплового балансу, а й з урахуванням взаємозв'язку режимів процесу і закономірностей гранулоутворення [14].

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2 Технологічна частина

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

У комплексному курсовому проекті розглядається технологічний процес виробництва сульфату амонію.

Сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – безбарвні кристали ромбічної форми густиною $1,769\text{г/см}^3$. Технічний сульфат амонію має сіро-жовтий відтінок. При нагріванні сульфат амонію розкладається з втратою аміака, перетворюючись у кислі солі.

При розчиненні 1 г-екв солі в 1 л води поглинається при $19,6^\circ\text{C}$ біля 1 ккал тепла. При кристалізації сульфата амонія із розчину виділяється 2,6 кал/г-мол. У присутності аміака розчинність сульфату амонію значно знижується.

Промислове використання сульфату амонію вельми обмежене, – невеликі його кількості використовують у виробництві акумуляторів і в медицині. Дуже великі кількості сульфату амонію використовують у сільському господарстві як азотне добриво. Він складається з 20,5-21% азоту.

Об'єм виробництва сульфату амонію складає приблизно 30% від загального об'єму виробництва азотних добрив. Світове виробництво сульфату амонію складає приблизно 15 млн т. Особливо велика частка сульфату амонію у виробництві азотних добрив у Японії, Італії, Великобританії, США, Індії.

Сульфат амонію фізіологічно кисле добриво. Для усунення його підкисляючої дії треба вносити в ґрунт в 1,7 рази більше CaCO_3 , ніж при використанні аміачної селітри.

За своїми фізичними властивостями сульфат амонію краще аміачної селітри, він не вогнебезпечний, менше злежується та володіє значно меншою гігроскопічністю. Сульфат амонію повинен мати крупнокристалічну структуру і містити найменшу кількість вологи і смолистих включень.

Сульфат амонію упаковують у мішки та відвантажують у критих залізничних вагонах, допускається відвантаження навалом у критих залізничних вагонах.

Сульфат амонію (для добрив), що випускається на коксохімічних підприємствах, повинен задовольняти наступним вимогам (табл. 2.1).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1 – Вимоги до сульфату амонію

	Вищий сорт (у%)	1-ий сорт (у%)	2-ий сорт (у%)
Азот (не суха речовина), не менше	21,0	20,8	20,8
Вільна сірчана кислота, не більше	0,025	0,05	0,05
Волога, не більше	0,2	0,3	0,3
Фракція більша за 0,25 мм, не менше	85	70	—

На рис. 2.1 зображена технологічна схема установки грануляції сульфату амонію в апараті псевдозрідженого шару.

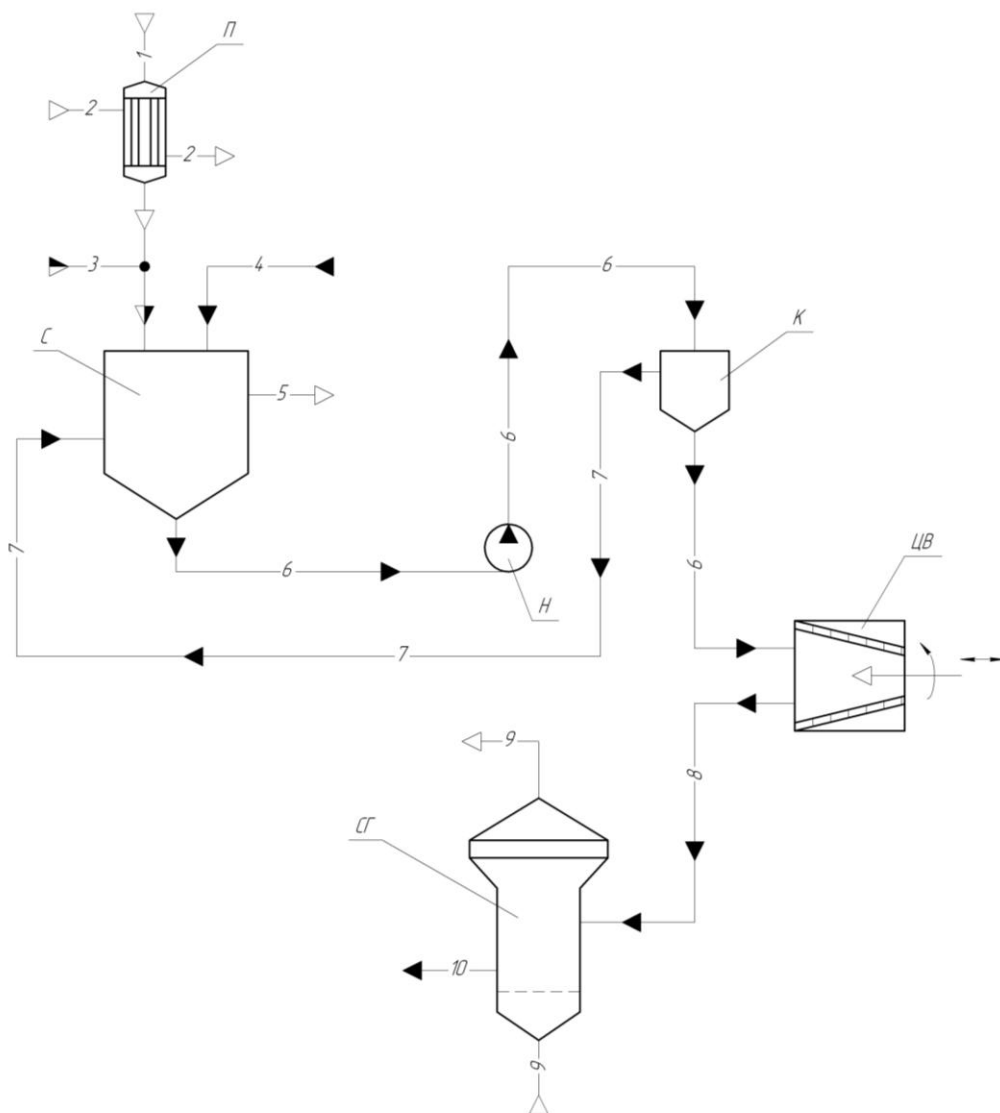


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва сульфату амонію

Призначення установки – вилучення із коксового газу аміака, отримання сульфату амонію, переробка надлишкової аміачної води.

Аміак, що міститься у коксовому газі (7-10 г/м³) можна переробляти у сульфат амонію трьома способами: непрямим, прямим і напівпрямим.

Напівпрямий спосіб як найбільш економічний отримав найширше використання у коксохімічній промисловості. Сутність цього способу складається з того, що спочатку із коксового газу виділяють смолу та водяну пару шляхом його охолодження. Рідка фаза, яка утворилася розшаровується на два слої: нижній – смолу та верхній – надсмольну воду, у якій частично розчинений аміак.

Надсмольну воду піддають обробці для виділення з неї аміаку, який потім направляють на поглинення сірчаною кислотою разом з очищеним від смоли коксовим газом, який містить залишкову кількість аміаку.

Для виділення з надсмольної води аміака її піддають дистиляції. При нагріванні до 100°C острим паром з неї виділяється розчинений аміак та відбувається розкладання частини амонійних солей, які утворилися при взаємодії аміака коксового газу з домішками, які у ньому містяться.

Поглинання аміака з коксового газу можна проводити у сатураторах (сатураторний метод).

Коксовий газ, охолоджений у холодильниках до 25-30°C та очищений від смоли, підігривають острим паром в решофері *П* (підігрівачі газу) до 60-80°C та направляють у сатуратор *С*. Перед сатуратором до коксового газу додають паро-аміачну суміш, отриману при переробці надсмольної води.

Сатуратор *С* являє собою циліндричний апарат з конічним днищем, виконаним з вуглецевої сталі та футерований всередині кислототривкими плитками.

Сатуратор заповнений насиченим (маточним) розчином сульфату амонію, в який постійно дозується 78%-ва сірчана кислота.

Сульфат амонію отримується у вигляді кристалів, що осідають на дно сатуратора.

Пульпа, яка складається з кристалів сульфату амонію та маточного розчину, безперервно видаляється з сатуратора та відцентровим насосом *Н* направляється в кристалозбірник *К*. Маточний розчин з кристалозбірника повертається до

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

сатуратора, а кристали надходять до центрифуги безперервної дії Ц для повного відділення від маточного розчину.

Сульфат амонію після центрифуги містить у собі біля 2% вологи, при зберіганні злежується, злипається у комки та брили. Якщо вміст вологи менше 0,2%, то сульфат амонію практично не злежується. Тому після центрифуги сульфат амонію надходить до сушилки-гранулятора псевдозрідженого шару СГ, де він висушується потім горячого повітря, нагрітого до 110-130°C.

Для зменшення злипання сульфат амонію випускають у гранульованому вигляді.

2.2 Теоретичні основи процесу

Тепловий баланс процесу грануляції в псевдозрідженому шарі описує рівняння:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 \quad (2.1)$$

де: I_1 – прихід тепла зі зріджуючим агентом;

I_2 – прихід тепла з суспензією;

I_3 – тепло що надходить з гранулами вихідного продукту;

I_4 – теплота розчинення суспензії;

I_5 – витрата тепла з відпрацьованим сушильним агентом;

I_6 – тепло що відводиться з продуктом.

$$I_1 = G_{\text{воз}} \cdot [(0,24 + 0,47 \cdot X_1) \cdot t_{\text{с.а.}} + 595 \cdot X_1] \cdot 4,19 \quad (2.2)$$

де: $t_{\text{с.а.}}$ – температура сушильного агента, °С.

X_1 – вологовміст атмосферного повітря г/(кг·с.в.)

$G_{\text{воз}}$ – вологовміст відпрацьованого сушильного агента.

$$I_2 = (G_{\text{пр}} - G_{\text{р}}) \cdot (C_{\text{пр}} - C_{\text{вод}}) \cdot t_{\text{п}} \quad (2.3)$$

де: $G_{\text{пр}}$ – продуктивність по готовому продукту, т/год;

$G_{\text{р}}$ – витрата вихідних гранул т/ч;

$C_{\text{пр}}$ – теплоємність продукту Дж/(кг·к);

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{\text{вод}}$ – теплоємність води Дж/(кг·К);

$$I_3 = G_p \cdot C_p \cdot t_p \quad (2.4)$$

де: C_p – теплоємність розчину Дж/(кг·К);

t_p – температура розчину °С.

$$I_4 = G_{\text{пр}} \cdot q \quad (2.5)$$

де: q – питома теплота розчинення Дж/кг.

$$I_5 = G_{\text{воз}} \cdot [(0,24 + 0,47 \cdot X_2) \cdot t_{\text{сл}} + 595 \cdot X_2] \cdot 4,19 \quad (2.6)$$

де: X_2 – вологовміст відпрацьованого сушильного агенту, г/кг;

$t_{\text{сл}}$ – температура в шарі гранул °С.

$$I_6 = G_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \quad (2.7)$$

де: $t_{\text{пр}}$ – температура продукту °С.

Витрата сушильного агенту $G_{\text{пов}}$ на проведення процесу розраховується за формулою:

$$G_{\text{воз}} = \frac{(G_{\text{пр}} - G_p) \cdot W_{\text{п}}}{X_2 - X_1}; \quad (1.8)$$

де: X_2 - вологовміст відпрацьованого сушильного агенту визначається за $t_{\text{сл}}$ та φ_2 за I-X діаграмою (рис.5);

$W_{\text{п}}$ – вологовміст суспензії кг/кг.

$t_{\text{сл}}$ – температура в шарі гранул;

φ_2 – відносна вологість відпрацьованого сушильного агенту;

Швидкість початку утворення підвішеного шару (Перша критична швидкість $\omega_{\text{крI}}$) для шароподібних частинок розраховується за допомогою рівняння:

$$Re_{\text{кр}} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}; \quad (1.9)$$

звідки

$$\omega_{\text{крI}} = \frac{v_c}{d} \cdot \frac{Ar}{1400 \cdot 5,22\sqrt{Ar}} \quad (1.10)$$

										Лист
										42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$Re_{кр} = \frac{\omega_{кр1} \cdot d}{v_c}; \quad (1.11)$$

$$Ar = \frac{d^3 (\rho - \rho_c) \cdot g}{v_c^2 \rho_c} \quad (1.12)$$

де: $w_{кр}$ – критична швидкість потоку, яка відповідає початку утворення підвішеного шару, м/с;

d – діаметр частинок, м;

v_c – коефіцієнт кінематичної в'язкості середовища, м²/с;

ρ, ρ_c – щільність частинок та середовища, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Швидкість початку псевдозрідження гранул матеріалу:

$$w_{по} = \frac{Re \cdot v}{d_{ср}} \quad (1.13)$$

де: $d_{ср}$ – середній діаметр гранул в шарі, м.

Робоча швидкість сушильного агента знаходиться за формулою:

$$v_{раб} = w_{по} \cdot K_{по} \quad (1.14)$$

де: $K_{по} = 3-4$ – число псевдозрідження.

Середня швидкість росту гранул розміру $d_{ср}$ визначається за рівнянням:

$$w_p = \frac{d_{ср}}{\tau_p} \quad (1.15)$$

Максимальне винесення з шару матеріалу знаходиться за рівнянням:

$$G_{y max} = \frac{\sqrt{k G_o C_o m_{сл}}}{F_o} \quad (1.16)$$

де: k – константа швидкості виносу, визначена дослідним шляхом;

G_o – початкова потужність апарата за твердою фазою, кг/год;

C_o – масова частка дрібних частинок в матеріалі що надходить в апарат;

$m_{сл}$ – маса матеріалу в шарі, кг;

F_o - площа поперечного перерізу апарату.

Гідравлічний опір шару визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{сл}} = \rho g H (1 - \varepsilon) = \rho g H_o (1 - \varepsilon_o) \quad (1.17)$$

де: ε – порізність підвішеного шару гранул;

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{сл}} - V_{\text{ТВ}}}{V_{\text{сл}}} = 1 - \frac{V_{\text{ТВ}}}{V_{\text{сл}}} \quad (1.18)$$

де: $V_{\text{сл}}$ – об'єм підвішеного шару матеріалу;

$V_{\text{ТВ}}$ – об'єм матеріалу частинок.

Площа газорозподільної решітки, м:

$$S = \frac{G}{\rho_{\text{газ}} \cdot \vartheta_{\text{раб}}} \quad (1.19)$$

де: $\rho_{\text{газ}}$ – щільність псевдозріджуючого агента, кг/м^3 .

Середній час перебування гранул в псевдозрідженому шарі, визначається з рівняння кінетики сушки:

$$\frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{п}}} = 0,1 \cdot Gu^{-0,6} \cdot Fo^{-0,65} \quad (1.20)$$

де: Gu – параметричний критерій Гухмана;

Fo – критерій Фур'є.

$$Gu = \frac{T_{\text{сл}} - T_{\text{м}}}{T_{\text{сл}}} \quad (1.21)$$

$$Fo = \frac{a \cdot \tau_{\text{ср}}}{d_{\text{ср}}^2} \quad (1.22)$$

Маса псевдозрідженого шару матеріалу, т:

$$G_{\text{сл}} = G_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{ср}} \quad (1.23)$$

Висота робочої частини апарату, м:

$$H_p = 5,6 \cdot H_o \cdot Re^{0,7} \cdot Ar^{-0,375} \quad (1.24)$$

де: H_o – висота нерухомого шару, м:

$$H_o = \frac{G_{\text{сл}}}{\rho_{\text{н}} \cdot S} \quad (1.25)$$

де: $\rho_{\text{н}}$ – насипна щільність матеріалу гранул, кг/м^3 .

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальна висота сепараційного простору, м:

$$H_{\text{сеп}} = \frac{v_{\text{в}}^2}{2g} \quad (1.26)$$

де: $v_{\text{в}}$ – скоростть вильоту частинок з шару, м/с

$$v_{\text{в}} = 3 \cdot 0,09 \cdot Ar^{0,25} \cdot \lg\left(\frac{v_{\text{раб}}}{W_{\text{по}}}\right) \quad (1.27)$$

Діаметр апарату визначається за рівнянням, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (1.28)$$

2.3 Технологічні розрахунки апарату

Розрахувати основні показники процесу гранулювання сульфату амонію в апараті псевдозрідженого шару. Затравка подається у вигляді гранул, суміш – у вигляді розчину.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Значення
Питома витрата розчину $C_{\text{с}}$, кг/кг	0,40
Продуктивність апарату по готовому продукту $G_{\text{пр}}$, кг/год	1500
Вологість продукту $W_{\text{пр}}$, кг/кг	0,008
Середній діаметр гранул продукту $d_{\text{пр}}$, мм	2
Насипна щільність нерухомого шару продукту $\rho_{\text{сл}}$, кг/м ³	800
Щільність гранул продукту, кг/м ³	1400
Теплоємкість продукту $C_{\text{пр}}$ ккал/(кг·град).	0,42
Теплота розчинення продукту $q_{\text{пр}}$ ккал/кг.	28
Вологість розчину $W_{\text{р}}$, кг/кг	0,7
Коефіцієнт температуропровідності розчину a , м ² /ч.	$14 \cdot 10^{-4}$
Температура розчину $t_{\text{р}}$, °С.	20
Температура псевдозрідженого шару $t_{\text{сл}}$, °С.	70
Відносна вологість відпрацьованого сушильного агента ϕ_2 , %.	20
Питома напруженість факелу суспензії по вологі $q_{\text{вл}}$, кг/(м ² ·год).	8600
Тиск перед форсункою P , МПа.	0,3
Концентрація суспензії у повітряному факелі χ , кг/кг.	2

Питома витрата розчину знаходиться за формулою:

$$G_{\text{п}} = \frac{C_{\text{с}} \cdot G_{\text{пр}}}{1 - W_{\text{п}}} = \frac{0,40 \cdot 1500}{1 - 0,7} = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.30)$$

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де W_n – вологість розчину;

$G_{пр}$ – продуктивність апарату по готовому продукту, кг/год.

C_c – питома масова витрата сульфату амонію.

Кількість випареної в апараті вологи знаходиться за формулою:

$$G_{вл} = G_n \cdot W_n - G_{пр} \cdot W_{пр} = 2000 \cdot 0,7 - 1500 \cdot 0,008 = 1388 \text{ кг/год} \quad (1.31)$$

де G_n – витрата суспензії сульфату амонію, кг/год.

$W_{пр}$ – масова вологість продукту.

Витрата повітря під газорозподільчу решітку:

$$G_{воз} = \frac{G_{вл}}{x_2 - x_1} = \frac{1388 \cdot 1000}{44 - 10} = 40820 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.32)$$

де x_2 – вологовміст відпрацьованого сушильного агента, знаходиться за ϕ_2 та $t_{сл}$ з діаграми вологовмісту, x_1 – середній вологовміст атмосферного повітря взятого з навколишнього середовища = 10 г/кг с.в.

З діаграми отримано $x_2 = 44$ г/кг с.в.

Швидкість початку псевдозрідження $V_{по}$ знаходимо з рівняння:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (1.33)$$

$$Ar = \frac{g \cdot d_{ср}^3 \cdot \rho_{ТВ} \cdot \rho_{Газ}}{v^2 \cdot \rho_{ТВ}} \quad (1.34)$$

$$V_{по} = \frac{2,35 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,002 \cdot (1400 + 5,22\sqrt{2,35 \cdot 10^5})} = 0,65 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.35)$$

де Ar – критерій Архімеда для частинки з середнім розміром $d_{ср}$;

Re – критерій Рейнольдса що відповідає початку псевдозрідження гранул з середнім розміром $d_{ср}$;

$\rho_{ТВ}$, $\rho_{Газ}$ – щільність відповідно твердих часточок та газу зріджуючого агента кг/м^3 ;

v – кінематична в'язкість сушильного агента $\text{м}^2/\text{с}$.

$V_{по}$ – швидкість початку псевдозрідження гранул матеріалу м/с .

Робоча швидкість псевдозрідження гранул матеріалу знаходиться за рівнянням:

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

$$V_p = 4V_{no} = 4 \cdot 0,65 = 2,6 \frac{M}{c} \quad (1.36)$$

де V_{no} – швидкість початку псевдозрідження гранул матеріалу м/с.

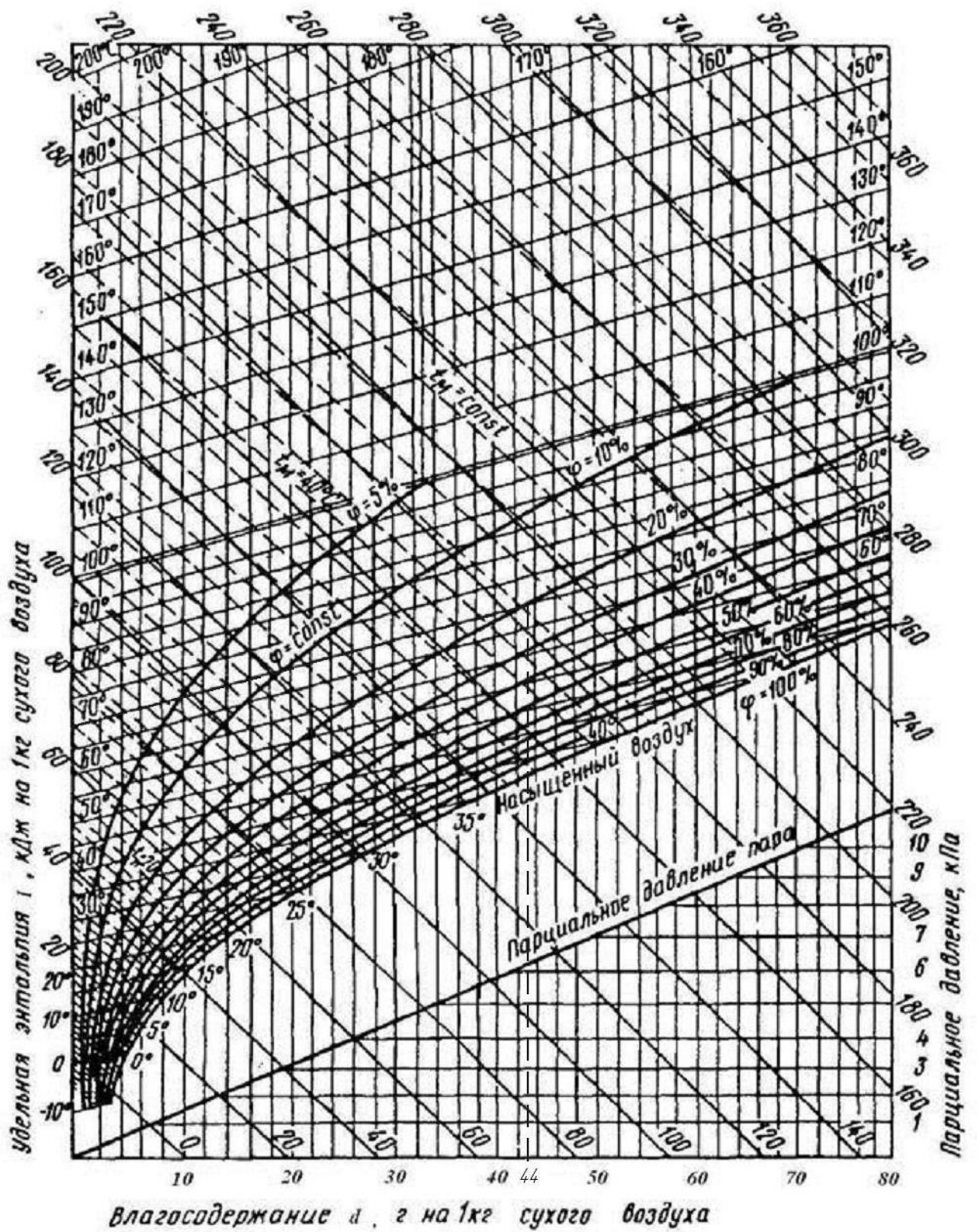


Рисунок 2.2 – Діаграма вологості повітря

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Температура теплоносія під решіткою $t_{\text{вх}}$ знаходиться за рівнянням:

$$G_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{сл}}) + G_{\text{п}} \cdot [C_{\text{пр}}(1 - W_{\text{п}}) + C_{\text{воз}} \cdot W_{\text{п}}] \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{пр}}) + G_{\text{п}} \cdot (1 - W_{\text{п}}) \cdot q_{\text{пр}} = G_{\text{вл}} \cdot r \quad (1.37)$$

де r – теплота пароутворення;

$W_{\text{п}}$ – вологоємність розчину сульфату амонію.

$G_{\text{п}}$ – витрата розчину сульфату амонію, кг/год.

$q_{\text{пр}}$ – теплота розчинення продукту, ккал/кг.

$C_{\text{воз}}$ – теплоємність повітря, ккал/(кг·град).

$t_{\text{п}}$ – температура розчину, °С;

$t_{\text{пр}}$ – температура продукту (температура в шарі гранул), °С;

$G_{\text{вл}}$ – кількість випареної в апараті вологи, кг/год.

$$40820 \cdot 0,245 \cdot (t_{\text{вх}} - 70) + 2000 \cdot [0,42(1 - 0,7) + 0,245 \cdot 0,7] \cdot (20 - 70) + 2000 \cdot (1 - 0,7) \cdot 28 = 1388 \cdot 595$$

Вирішивши рівняння з одним невідомим отримаємо $t_{\text{вх}}=155,35^{\circ}\text{C}$ з урахуванням тепловтрат в навколишнє середовище необхідна температура теплоносія під решіткою становитиме $t_{\text{вх}} = 157^{\circ}\text{C}$.

Витрати умовного палива (природнього газу) на нагрів повітря до необхідної температури визначаємо за формулою:

$$G_{\text{т}} = \frac{G_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{вх}} - 20)}{q_{\text{усл}}} = \frac{40820 \cdot 0,245 \cdot (157 - 20)}{7000} = 195,75 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.38)$$

Час перебування в грануляторі матеріалу знаходять з формули:

$$\frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{п}}} = 0,1 \cdot Gu^{-0,60} Fo^{-0,65} \quad (1.39)$$

де Gu – параметричний критерій Гухмана;

Fo – критерій Фурье.

$$Gu = \frac{T_{\text{сл}} - T_{\text{м}}}{T_{\text{сл}}} \quad (1.40)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$Fo = \frac{a \cdot \tau_{\text{ср}}}{d_{\text{пр}}^2} \quad (1.41)$$

де $T_{\text{сл}}$ – температура в шарі матеріалу °С;

$T_{\text{м}}$ – температура мокрого термометра °С;

$W_{\text{п}}$ – вологовміст розчину;

$W_{\text{пр}}$ – вологовміст продукту (гранул) на виході з апарату.

$d_{\text{пр}}$ – діаметр товарних гранул, м.

$\tau_{\text{ср}}$ – середній час перебування гранул в апараті, год.

a – коефіцієнт температуропровідності, м²/год.

Підставивши критерії в рівняння одержуємо рівняння з одним невідомим:

$$\frac{0,008}{0,7} = 0,1 \left(\frac{70 - 36}{273 + 70} \right)^{-0,60} \left(\frac{14 \cdot 10^{-4} \cdot \tau}{4 \cdot 10^{-6}} \right)^{-0,65} \quad (1.42)$$

Звідки:

$$\tau_{\text{ср}} = 0,68 \text{ год} = 68 \text{ хв.} \quad (1.43)$$

Маса псевдозрідженого шару часточок знаходиться за рівнянням:

$$G_{\text{сл}} = G_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{ср}} = 1500 \cdot 0,68 = 1020 \text{ кг} \quad (1.44)$$

де $\tau_{\text{ср}}$ – середній час перебування гранул в апараті, год.;

$G_{\text{пр}}$ – продуктивність апарату по готовому продукту, кг/год.

Висота нерухомого шару частинок знаходиться за рівнянням:

$$H_0 = \frac{G_{\text{сл}}}{\rho_{\text{сл}} \cdot S} = \frac{1020}{800 \cdot 4,318} = 0,32 \text{ м} \quad (1.45)$$

де $G_{\text{сл}}$ – маса псевдозрідженого шару часточок, кг;

$\rho_{\text{сл}}$ – насипна щільність продукту кг/м³.

S – площа газорозподільчої решітки апарату м².

Висота псевдозрідженого шару знаходиться за рівнянням:

$$H_p = 1,5 \cdot H_0 = 1,5 \cdot 0,32 = 0,48 \text{ м} \quad (1.46)$$

де H_0 – висота нерухомого шару частинок, м.

Висота робочої частини апарату знаходиться за рівнянням:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_r = 5,6H_0Re^{0,7}Ar^{-0,375} =$$

$$= 5,6 \cdot 0,48 \cdot \left(\frac{2,5 \cdot 0,002}{20 \cdot 10^{-6}}\right)^{0,7} \cdot (2,35 \cdot 10^5)^{-0,375} = 0,83 \text{ м} \quad (1.47)$$

де H_0 - висота нерухомого шару частинок, м.

З урахуванням властивостей суспензії приймаємо апарат круглого перерізу з розміщенням форсунок на боковій стінці апарату з подачею рідини в шар.

Швидкість витання частинок знайдемо з рівняння:

$$Re_b = \frac{0,8 \cdot Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} = \frac{0,8 \cdot 2,35 \cdot 10^5}{18 + 0,61\sqrt{2,35 \cdot 10^5}} = 600 \quad (1.48)$$

$$V_b = 6 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт струменя знаходимо з рівняння:

$$C_1 = 0,8 \cdot Ar^{-0,115} \cdot Re_{по}^{0,32} = 0,8 \cdot (2,35 \cdot 10^5)^{-0,115} \cdot 63^{0,32} = 0,73 \quad (1.49)$$

Протяжність факела розпилу розчину в апараті:

$$X_\phi = 1,2 \cdot H_p = 1,2 \cdot 0,48 = 0,58 \text{ м} \quad (1.50)$$

Комплекс V_0r_0 , де r_0 – радіус струменя в зоні витікання, а V_0 – швидкість витікання знаходимо за формулою:

$$V_0r_0 = \left(\frac{X_\phi}{H_p}\right) \cdot 0,366 \cdot V_b \cdot C_1 \cdot H_p = \frac{0,58}{0,48} \cdot 0,366 \cdot 6 \cdot 0,73 \cdot 0,48 = 0,93 \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.51)$$

де X_ϕ – протяжність факела розпилу, м;

H_p – висота псевдозрідженого шару, м;

C_1 – коефіцієнт струменя;

V_b – швидкість витання часточок, м/с.

H_p – висота псевдозрідженого шару, м.

Горизонтальна дальnobійність факела, тобто мінімальна відстань до найближчої стінки апарату знаходиться за рівнянням:

$$X_r = \frac{V_0r_0}{0,585 \cdot V_b \cdot C_1} = \frac{0,93}{0,585 \cdot 6 \cdot 0,73} = 0,363 \text{ м} < 2 \text{ м} \quad (1.52)$$

де r_0 – радіус струменя в зоні витікання, м;

V_0 – швидкість витікання суспензії м/с;

C_1 - коефіцієнт струменя суспензії;

V_b – швидкість витання часточок, м/с.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Максимальний радіус факела тобто мінімальна відстань від сопла форсунки до газорозподільчої решітки знаходиться за рівнянням:

$$b_{max} = 0,565 \cdot \frac{V_o r_o}{V_B} = 0,565 \cdot \frac{0,93}{6} = 0,086 \text{ м} \quad (1.53)$$

Відстань від сопла форсунки до перерізу струменя з максимальним радіусом:

$$h_\phi = 1,25 \frac{V_o r_o}{V_B \cdot C_1} = 1,25 \frac{0,93}{6 \cdot 0,73} = 0,265 \text{ м} \quad (1.54)$$

Поверхня факела розпилу суспензії розраховується за формулою:

$$F_\phi = \pi \cdot b_{max} \cdot \left[\sqrt{b_{max}^2 + h_\phi^2} + \sqrt{b_{max}^2 + (x_\phi - h_\phi)^2} \right] \quad (1.55)$$

$$F_\phi = 3,14 \cdot 0,086 \cdot \left[\sqrt{0,086^2 + 0,265^2} + \sqrt{0,086^2 + (0,58 - 0,265)^2} \right] = 0,164 \text{ м}^2$$

де b_{max} – максимальний радіус факела розпилу форсунки, м;

h_ϕ – відстань від сопла форсунки до перерізу струменя з максим радіусом м;

x_ϕ – протяжність факела розпилу, м.

Допустима потужність однієї форсунки визначається за формулою:

$$G_\phi = q_{вл} \cdot F_\phi = 8600 \cdot 0,164 = 1412 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.56)$$

де F_ϕ – поверхня факелу розпилу, м²;

$q_{вл}$ – питома напруженість факелу розчину по вологі, кг/(м²·год).

Кількість форсунок знаходимо за формулою:

$$Z = \left(\frac{G_{вл}}{G_\phi} + 1 \right) = \left(\frac{1388}{1412} + 1 \right) = 2 \text{ шт} \quad (1.57)$$

де G_ϕ – допустима потужність однієї форсунки кг/год;

$G_{вл}$ – кількість випареної в апараті води, кг/год.

Швидкість витікання суспензії з сопла:

$$V_{ист} = \varphi \sqrt{2g \frac{P}{\rho_n}} = 0,97 \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^4) / 1200} = 21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.58)$$

де ρ_n – густина суспензії сульфату амонію, кг/м³;

P – тиск суспензії перед форсункою, МПа.

Еквівалентна швидкість витікання суспензії при коефіцієнті витрати рідини

$$\zeta_0 = 0,25.$$

					XI.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$V_{\pi} = \xi_0 \cdot V_{\text{ист}} = 0,25 \cdot 21,5 = 5,38 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.59)$$

Діаметр вихідного сопла рідини:

$$d_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{4G_{\pi}}{Z \cdot \pi \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,38 \cdot 1200 \cdot 3600}} = 0,0074 \text{ м} \quad (1.60)$$

де G_{π} – витрата розчину сульфату амонію, кг/год.

ρ_{π} – густина розчину, кг/м³;

V_{π} – еквівалентна швидкість витікання розчину при коефіцієнті витрати рідини

$\zeta_0 = 0,25$ в м/с.

Зовнішній діаметр рідинного патрубку приймається конструктивно за розміром $d_{\text{ж}}$: $d_{\text{жн}} = 0,015 \text{ м}$.

Швидкість витікання розпилюючого агента з кільцевого каналу:

$$V_{\phi} = (10 \div 15) \cdot V_{\text{в}} = 78 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.61)$$

Еквівалентна швидкість струменя (круглого перерізу):

$$V_0 = \frac{V_{\phi} + V_{\pi}}{1 + \chi} = \frac{78 + 5,38}{1 + 2} = \frac{27,8 \text{ м}}{\text{с}} \quad (1.62)$$

де V_{π} – еквівалентна швидкість витікання розчину при коефіцієнті витрати рідини $\zeta_0 = 0,25$ в м/с;

V_{ϕ} – швидкість витікання розпилюючого агента з кільцевого каналу, м/с.

Діаметр круглого повітряного сопла:

$$d_0 = \frac{2C_1}{V_0} = \frac{2 \cdot 0,73}{27,8} = 0,052 \text{ м} \quad (1.63)$$

де V_0 – еквівалентна швидкість струменя, м/с.

C_1 - коефіцієнт струменя круглого перерізу;

Діаметр повітряного каналу форсунки:

$$d_{\phi} = \sqrt{d_0^2 + d_{\text{жн}}^2} = \sqrt{0,052^2 + 0,015^2} = 0,054 \text{ м} \quad (1.64)$$

де d_0 – діаметр круглого повітряного сопла, м;

$d_{\text{жн}}$ – зовнішній діаметр рідинного патрубку, м.

Витрата розпилюючого повітря на одну форсунку:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$G_p = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot V_\phi \cdot \rho_b}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,052^2 \cdot 78 \cdot 0,7 \cdot 3600}{4} = 414 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \quad (1.65)$$

де ρ_b – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Максимальна швидкість вильоту частинок з шару:

$$V_r = 3 \cdot 0,09 \cdot Ar^{0,25} \cdot lg \frac{V_p}{V_{по}} = 3 \cdot 0,09 \cdot (2,35 \cdot 10^5)^{0,25} \cdot lg \frac{2,6}{0,65} = 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.66)$$

де ρ_b – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_p – робоча швидкість псевдозрідження частинок, $\text{м}/\text{с}$.

$V_{по}$ – швидкість початку псевдозрідження частинок, $\text{м}/\text{с}$.

2.4 Конструктивні розрахунки апарату

Площа газорозподільчої решітки апарату знаходиться за формулою:

$$S = \frac{G_{воз}}{\rho_{воз} \cdot V_p \cdot 3600} = \frac{40820}{0,98 \cdot 2,6 \cdot 3600} = 4,318 \text{ м}^2 \quad (1.67)$$

де $\rho_{воз}$ – густина зріджуючого агента (повітря) що подається під решітку апарата, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$G_{воз}$ – витрата зріджуючого агента (повітря) під газорозподільчу решітку, $\text{кг}/\text{год}$;

V_p – робоча швидкість псевдозрідження гранул матеріалу $\text{м}/\text{с}$.

Мінімальна висота сепараційної зони:

$$H_c = \frac{V_r^2}{2 \cdot g} = \frac{3,6^2}{2 \cdot 9,81} = 0,66 \text{ м} \quad (1.68)$$

де V_r – максимальна швидкість вильоту частинок з шару, $\text{м}/\text{с}$.

Висота робочої частини апарату, м знаходимо за формулою:

$$H = H_r + H_c + 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{G_{воз}}{5,7 \cdot \rho_b \cdot Z}} \quad (1.69)$$

$$H = 0,83 + 0,66 + 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{40820}{5,7 \cdot 0,7 \cdot 2}} = 2,71 \text{ м}$$

Діаметр апарату визначаємо з раніше знайденого перерізу газорозподільчої решітки, м :

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (1.70)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,318}{3,14}} = 2,345 \text{ м}$$

де S - площа газорозподільчої решітки апарата м^2 .

Приймаємо апарат з внутрішнім діаметром грануляційної зони 2,360 м.

Проведемо перерахунок площі газорозподільчої решітки згідно прийнятого стандартного діаметра апарата:

$$s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (1.71)$$

$$s = \frac{3,14 \cdot 2,360^2}{4}$$

Звідки

$$S = 4,37 \text{ м}^2$$

Кількість пневматичних форсунок знаходимо за формулою:

$$Z = \left(\frac{G_{\text{вп}}}{G_{\text{ф}}} + 1 \right) = \left(\frac{1388}{1412} + 1 \right) = 2 \text{ шт} \quad (1.69)$$

де $G_{\text{ф}}$ – допустима потужність однієї форсунки кг/год ;

$G_{\text{вл}}$ – кількість випареної в апараті води, кг/год .

Діаметри штуцерів.

Для всіх потоків по входу-виходу продуктів в проектуваному апараті приймаємо стандартні штуцери з приварними фланцями в стик та тонкостінними патрубками.

Згідно розрахунків приймаємо швидкість руху газів в трубопроводі

$w_z = 6 \text{ м/с}$, а швидкість руху рідини $w_p = 1 \text{ м/с}$.

Діаметри штуцерів апарату визначаються за формулою:

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (1.70)$$

де V – об'ємна витрата потоку, $\text{м}^3/\text{с}$;

w – швидкість руху рідин або газів в трубопроводі, м/с .

Діаметри штуцерів наведено в табл. 3.3.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Діаметри штуцерів грануляційного апарата

Найменування	Кільк. шт.	Умовний прохід D_v , мм.	Тиск умовний P_y , МПа
Вхід димових газів	1	1500	0,1
Вихід димових газів	1	800	0,1
Вихід повітря в холодильник	1	350	
Вихід повітря на спалювання природного газу	1	350	
Вихід повітря на розбавлення димових газів	1	500	
Вихід гранул	1	250	0,1
Вхід ретура	1	150	0,1
КВП (замір температури)	3	50	0,1
Люк оглядовий	1	260	
Люк робочий	1	580	
Лаз ремонтний	2	630	0,1

2.5 Визначення гідравлічного опору апарату

Гідравлічний опір в апараті псевдозрідженого шару складається з суми опорів шару, газорозподільчої решітки та зрошення розчином. Спочатку необхідно визначити гідравлічний опір псевдозрідженого шару гранул.

Об'єм, що займає псевдозріджений шар матеріалу:

$$V = S \cdot h \quad (1.71)$$

$$V = 4,37 \cdot 0,48 = 2,1 \text{ м}^3;$$

де S – площа поперечного перерізу апарата, м^2 .

h – висота псевдозрідженого шару, м.

Із урахування порізності (вільного об'єму), об'єм твердих частинок у шарі буде дорівнювати:

$$V_{\text{гр}} = S \cdot h \cdot (1 - \varepsilon) \quad (1.72)$$

Порізність псевдозрідженого шару визначається за формулою:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot \text{Re} + 0,36 \cdot \text{Re}^2}{\text{Ar}} \right)^{0,21} \quad (1.73)$$

де Re – критерій Рейнольдса;

Ar – критерій Архімеда.

						Лист
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	

Критичне значення критерію Рейнольдса, при якому починається псевдозрідження, знаходиться за рівнянням:

$$Re_{1кр} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (1.74)$$

У критерій Архімеда входять відомі величини:

$$Ar = \frac{d_{гр}^3 \cdot \rho_n \cdot g \cdot (\rho_{гр} - \rho_n)}{\mu_n^2} \quad (1.75)$$

$$Ar = \frac{0,004^3 \cdot 0,94 \cdot 9,81 \cdot (1400 - 0,94)}{(21,7 \cdot 10^{-6})^2} = 1753000$$

$$Re_{1кр} = \frac{1753000}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{1753000}} = 211$$

де $d_{гр}$ – діаметр частинок, м;

μ_n – динамічна в'язкість повітря, Па·с.

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot 211 + 0,36 \cdot 211^2}{1753000} \right)^{0,21} = 0,4$$

$$V_{гр} = S \cdot h \cdot (1 - \varepsilon) = 4,37 \cdot 0,48 \cdot (1 - 0,4) = 1,26 \text{ м}^3$$

де S – площа поперечного перерізу апарата, м^2 .

h – висота псевдозрідженого шару, м.

ε – порізність шару гранул.

Сила тяжіння шару розраховується за формулою:

$$G_{гр} = S \cdot h \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{гр} - \rho_n) \cdot g \quad (1.76)$$

$$G_{гр} = 4,37 \cdot 0,48 \cdot (1 - 0,4) \cdot (1400 - 0,94) \cdot 9,81 = 17270 \text{ кг.}$$

де ρ_n – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення сили тяжіння, $\text{м}/\text{с}^2$.

Гідравлічний опір псевдозрідженого шару визначається як відношення ваги частинок до площі поперечного перерізу апарата:

$$\Delta P = \frac{G_{гр}}{S} = h \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{гр} - \rho_n) \cdot g \quad (1.77)$$

$$\Delta P = \frac{17270}{4,37} = 3952 \text{ Па}$$

Отримано значення гідравлічного опору сухого шару гранул. Для випадку коли гранули зрошуються розчином сульфату амонію слід використовувати залежність [13]:

$$\frac{\Delta P_{\Sigma}}{\Delta P_c} = 3,8 \cdot l_{\text{пит}}^{-0,76} \cdot \left(\frac{l_{\text{пит}}}{g_{\text{пит}}} \right) + 0,95 \quad (1.78)$$

де $l_{\text{пит}}$ – питома витрата розчину, кг/кг;

$g_{\text{пит}}$ – питома витрата повітря, кг/кг;

S – площа поперечного перерізу апарата, м²

$$l_{\text{пит}} = \frac{G_c}{S}, \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (1.79)$$

$$g_{\text{пит}} = \frac{G_{\text{воз}}}{S}, \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (1.80)$$

$$l_{\text{пит}} = \frac{2000}{4,37} = 457,7 \text{ кг/кг}$$

$$g_{\text{пит}} = \frac{40820}{4,37} = 9341 \text{ кг/кг}$$

$$\frac{\Delta P_{\Sigma}}{\Delta P_c} = 3,8 \cdot 457,7^{-0,76} \cdot \left(\frac{457,7}{9341} \right) + 0,95 = 0,952 \quad (1.81)$$

$$\frac{3952}{\Delta P_c} = 0,952$$

Звідки опір псевдозрідженого шару в апараті з врахуванням опору зрошення становить $\Delta P_c = 4151$ Па.

Опір газорозподільчої решітки згідно [13] при розмірі отворів 5мм та живому перерізі 5%, в залежності від живого перерізу ψ (в%) та робочої швидкості псевдозріджуючого агенту $V_{\text{раб}}$ виражається наступною емпіричною формулою:

$$\Delta H_{\text{реш}} = 1,44 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{V_{\text{раб}}}{\psi} \right)^2 \quad (1.82)$$

$$\Delta H_{\text{реш}} = 1,44 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{6}{5} \right)^2 = 2074 \text{ Па} \quad (1.83)$$

Сумарний опір в апараті псевдозрідженого шару з врахуванням становить:

$$\Sigma \Delta H = \Delta H_{\text{реш}} + \Delta P_c \quad (1.84)$$

$$\Sigma \Delta H = 2074 + 4151 = 6225 \text{ Па}$$

						Лист
					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір насоса для перекачування розчину. Для всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводів приймаємо однакову швидкість витікання рідини, рівну $w = 1,5 \frac{м}{с}$.

Діаметр трубопроводу визначається за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.85)$$

де V – об’ємна витрата рідини що перекачується насосом, $м^3/с$.

$$V = \frac{G}{3600 \cdot \rho_{ж}}, \quad (2.86)$$

де G – масова витрата рідини що перекачується насосом, $кг/ч$.

$$V = \frac{2000}{3600 \cdot 1200} = 4,63 \cdot 10^{-4} \frac{м^3}{с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4,63 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 1,5}} = 0,02 \text{ м.}$$

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини в трубопроводі:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho_{ж}}{\mu}, \quad (2.87)$$

$$Re = \frac{2 \cdot 0,02 \cdot 1200}{0,300} = 160,$$

тобто режим ламінарний. Абсолютну шерохуватість трубопроводу при використанні сталених труб приймають $\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Тоді:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 0,01 \quad (2.88)$$

Далі отримаємо:

$$\frac{1}{e} = 100; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 56000; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 1000; \quad (2.89)$$

$$Re > 560 \cdot \frac{1}{e} \quad (2.90)$$

Для ламінарного потоку рідини коефіцієнт гідравлічного тертя розраховують за формулою:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1.91)$$

$$\lambda = \frac{64}{160} = 0,4$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої та нагнітаючої ліній.

Для всмоктуючої лінії:

- 1) вхід в трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$;
- 2) 2 коліна с кутом 90° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2, \quad (2.92)$$

$$\Sigma \xi = 0,5 + 2,2 = 2,7.$$

Для нагнітаючої лінії:

- 1) вентиль прямоточний $\xi_1 = 0,65$;
- 2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;
- 3) вихід з труби $\xi_3 = 1$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3, \quad (2.93)$$

$$\Sigma \xi = 0,65 + 3,3 + 1 = 4,95.$$

Втрачений напір у всмоктуючій лінії знаходимо за формулою:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_3} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.94)$$

де l, d_3 – відповідно довжина та еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{П.ВС.} = \left(0,04 \cdot \frac{12}{0,02} + 2,7 \right) \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 3,1 \text{ м.}$$

Втрачений напір у нагнітаючій лінії знаходимо за формулою: (2.61):

$$h_{П.НАГ.} = \left(0,04 \cdot \frac{8}{0,02} + 4,95 \right) \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 2,4 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П.} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАГ.}, \quad (2.95)$$

$$h_{П.} = 3,1 + 2,4 = 5,5 \text{ м.}$$

Знаходимо напір насосу за рівнянням:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{жс} \cdot g} + H_G + h_{II}, \quad (2.96)$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків в апараті та ємності, з якої подається рідина.

У нашому випадку ця різниця рівна $(P_2 - P_1) = 0,2 - 0,1 = 0,1 \text{ МПа}$;

H_G – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{1200 \cdot 9,81} + 10 + 5,5 = 24 \text{ м}.$$

Корисну потужність насоса визначаємо за рівнянням:

$$N_{II} = \rho_{жс} \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2.97)$$

де Q – подача (витрата), $Q = 5,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$;

H – напір насоса.

$$N_{II} = 1200 \cdot 9,81 \cdot 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot 24 = 160 \text{ Вт}.$$

Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насоса на вихідному валу при встановленому режимі роботи:

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.98)$$

де η_n , $\eta_{пер}$ – коефіцієнти корисної дії відповідно насоса та передачі від електродвигуна до насоса. Приймаючи $\eta_n = 0,6$ и $\eta_{пер} = 1$, одержимо

$$N = \frac{160}{1 \cdot 0,6} = 267 \text{ Вт}.$$

Обираємо відцентровий насос марки Х8/30 з наступними параметрами : об'ємна подача насоса $8,6 \text{ м}^3/\text{ч}$; напір насоса 30 м ; потужність що використовується насосом $4,0 \text{ кВт}$; частота обертання 48 об/хв .

Розрахунок та вибір ємності для розчину. Ємність для розчину сульфату амонію розраховують виходячи з 1 годинного резерву робочого часу з врахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}, \quad (2.99)$$

де G – загальна витрата суміші, $G = 3189 \frac{\text{кг}}{\text{час}}$;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ – резерв робочого часу, $\tau=1$ год.

ρ – щільність розчину при температурі 20°C, $\rho = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$V_{EP} = \frac{2000 \cdot 1}{0,8 \cdot 1200} = 2,1 \text{ м}^3.$$

Задаємося діаметром ємності $D = 1,6 \text{ м}$, тоді її висота будет дорівнювати:

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}, \quad (2.100)$$

$$H = \frac{2,2}{0,785 \cdot 1,6^2} = 1,1 \text{ м}.$$

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

3 Проектно-конструкторська частина

3.1 Вибір конструкційних матеріалів [19]

Правильний вибір матеріалів і технології виготовлення апаратів сприяє збільшенню тривалості їх ефективної експлуатації, зниженню трудомісткості їх виготовлення та собівартості. Вибір матеріалів та заготовок обумовлюється характером виробництва, конструктивними, експлуатаційними та технологічними особливостями, а також економічною доцільністю. Для матеріалів які працюють в агресивному середовищі необхідно враховувати характер останніх, концентрацію та температуру.

Матеріалами для виготовлення сталевих зварних апаратів є напівфабрикати які поставляються металургічною промисловістю у вигляді листового, сортового та фасонного прокату, труб, спеціальних поковок та відливків. Матеріали повинні бути хімічно та корозійностійкими в заданому середовищі при її робочих параметрах, володіти гарною зварюваністю та відповідними міцнісними та пластичними характеристиками в робочих умовах, допускати холодну та гарячу механічну обробку, а також мати якомога нижчу вартість та бути недефіцитними. Якість, хімічний склад та механічні властивості матеріалів повинні відповідати вимогам діючих стандартів і ТУ та бути підтвердженими сертифікатами заводів поставників.

Вибір конструкційних матеріалів проводиться на основі аналізу умов експлуатації обладнання, параметрів процесу, таких як температура, тиск, концентрація робочих середовищ та їх агресивність. Також обираючи матеріали заготовок враховують: механічні властивості матеріалів, хімічну стійкість, теплопровідність, технологічність у виготовленні та вартість матеріалу. Одним із найважливіших показників при виборі матеріалу є здатність матеріалу добре зварюватися, адже більшість нероз'ємних з'єднань при виготовленні хімічних апаратів виконують зварюванням. Хімічна промисловість відрізняється застосуванням агресивних речовин, а тому корозійна стійкість матеріалів є

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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 грануляції (до 200°C) тиск в апараті (до 0,6 МПа) та помірну агресивність суспензії посліду, 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 (4-160мм) згідно з ГОСТ 5520-79 та ГОСТ 19281-89.

Листовий прокат - основний матеріал при виготовленні апаратів псевдозрідженого 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, посудів. Поставляється у вигляді сталевих листів. Характеризується гарною зварюваністю, високою міцністю та ударною в'язкістю, використовується в інтервалі температур від -70°C до +475°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 +425°C. Добре зварюється усіма видами зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості. Поставляється у вигляді листового та фасонного прокату,

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

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність [20]

Для сталевих циліндричних апаратів, корпуси (обичайки) яких виконуються з листового прокату, за базовий береться внутрішній діаметр в мм, з ряду за ГОСТ 9617-89, для мого апарату це обичайка з розмірами 2600 мм для робочої частини апарату, та 4000 мм для сепараційної частини. Так як стінка апарату має бути однаковою по всій довжині корпусу то товщина стінки приймається за максимальним значенням товщини обичайок, тобто по товщині сепараційної зони апарату з діаметром 4000 мм.

Розрахунок товщини стінки обичайки і днища [20]. Знаходимо величину нормативної допустимої напруги для сталі 16ГС при розрахунковій температурі що дорівнює максимально можливій температурі в апараті 200°C: $\sigma^* = 165 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \sigma \cdot \eta, \quad (3.1)$$

где $\eta = 1$ – поправочний коефіцієнт для листового прокату.

$$[\sigma] = 165 \cdot 1 = 165 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження при гідравлічних випробуваннях:

$$[\sigma]_{II} = \frac{\sigma_T^{20}}{1,1}, \quad (3.2)$$

де $\sigma_T^{20} = 280 \text{ МПа}$ – межа текучості сталі 16ГС при температурі 20°C [15].

$$[\sigma]_{II} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа}.$$

У нашому випадку розрахунковий тиск буде дорівнювати робочому тиску в апараті: $P_p = P = 0,2 \text{ МПа}$.

Так як розрахунковий тиск 0,2 МПа то випробувальний тиск при гідравлічних випробуваннях визначаємо за рівнянням:

$$P_{II} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot P_p \cdot [\sigma]_{20}}{[\sigma]}, 0,2 \right\}, \quad (3.3)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

где $[\sigma]_{20} = \sigma_{20}^* = 170 \text{ МПа}$ – допустиме напруження сталі 16ГС при температурі 20°C ($\eta = 1$).

$$P_H = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,5 \cdot 0,2 \cdot 170}{165} = 0,31 \text{ МПа} \\ 0,2 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,31 \text{ МПа} .$$

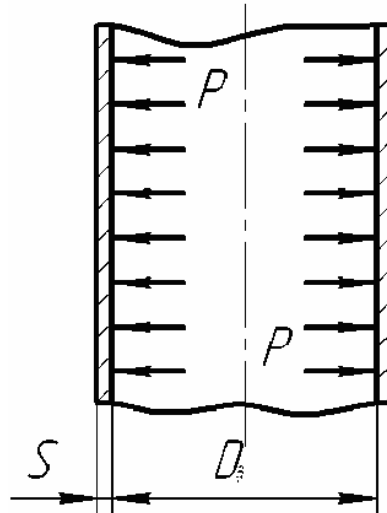


Рис. 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Розрахункова товщина циліндричної обичайки [20]:

$$S_P^H = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p} \\ \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_H - P_H} \end{array} \right\}, \quad (3.4)$$

де $\varphi = 1$ – коефіцієнт міцності зварних швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною або напіваавтоматичною зваркою.

$$S_P^H = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2 \cdot 4000}{2 \cdot 1 \cdot 165 - 0,2} = 2,43 \text{ мм} \\ \frac{0,31 \cdot 4000}{2 \cdot 1 \cdot 254,5 - 0,31} = 2,44 \text{ мм} \end{array} \right\} = 2,44 \text{ мм} .$$

Виконавча товщина циліндричної обичайки:

$$S_H \geq S_P^H + c, \quad (3.5)$$

де c – прибавка до розрахункових конструкційних елементів:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.6)$$

c_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії;

c_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску;

										Лист
										65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Г.00.00.00 ПЗ					

c_3 – технологічна прибавка.

Приймаємо, що $c_2 = c_3 = 0$. Прибавку для компенсації корозії та ерозії визначимо за рівнянням:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau, \quad (3.7)$$

де $\Pi = 0,18 \frac{\text{мм}}{\text{год}}$ – проникність матеріалу;

$\tau = 15 \text{лет}$ – срок служби апарату.

В результаті отримаємо:

$$c = c_1 = 0,18 \cdot 15 = 2,7 \text{мм}.$$

$$S_{ц} = 2,44 + 2,7 = 5,14 \text{мм}.$$

Приймаємо $S_{ц} = 6 \text{мм}$.

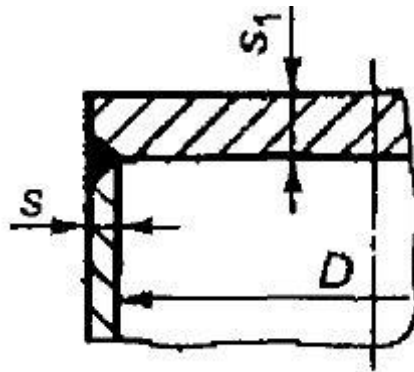


Рис. 3.2 – Розрахункова схема плоского днища:

Розрахунковий діаметр днища: $D_p = D = 2600 \text{ мм}$.

Коефіцієнт конструкції днища: $K = 0,45$.

$$(S - c) / (S1 - c) = (6 - 1,8) / (45 - 1,8) = 0,1 < 0,25 \quad (3.8)$$

Сумарна прибавка до товщини стінки днища [17]:

$$c = c1 + c2 + c3 = 1,8 + 0 + 0 = 1,8 \text{ мм}.$$

Коефіцієнт послаблення плоского днища отворами $K_o = 1$ (отвори в днищі відсутні).

Розрахункова товщина стінки циліндричної частини днища:

$$S_p = p \cdot D / (2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p) = 0,2 \cdot 2600 / (2 \cdot 170,4 - 0,2) = 1,53 \text{ мм} \quad (3.9)$$

де: $[\sigma]$ – допустиме напруження сталі 16ГС при температурі 155°C .

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Розрахункова товщина стінки циліндричної частини днища з врахуванням прибавок:

$$S_p + c = 1,53 + 1,8 = 3,33 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Міцність забезпечена.

Розрахункова товщина центральної частини днища:

$$S_{1p} = K \cdot K_o \cdot D_p \cdot (p / (\varphi \cdot [\sigma]))^{0,5} = 0,45 \cdot 1 \cdot 2600 \cdot (0,2 / (1 \cdot 170,4))^{0,5} = 40 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Розрахункова товщина центральної частини з врахуванням прибавок:

$$S_{1p} + c = 40,08 + 1,8 = 41,88 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Міцність забезпечена.

Допустимий тиск на плоске днище або кришку:

$$[P] = [((s_1 - c) / (K \cdot K_o \cdot D_p))^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi] = [((45 - 1,8) / (0,45 \cdot 1 \cdot 2600))^2 \cdot 170,4 \cdot 1] = 0,23 \text{ МПа} \quad (3.13)$$

Міцність забезпечена.

Приймаємо $S = 6 \text{ мм}$, $S_1 = 45 \text{ мм}$.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

4 Будівельно-монтажна частина

4.1 Монтаж основного обладнання [21, 22]

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

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

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

Монтаж грануляційних установок киплячого шару проводять за допомогою самохідних стрілових кранів. Після установки обладнання на фундамент проводять вивірку за відхиленнями від проектних осей і відміток в горизонтальному і вертикальному напрямках. Вибір способу провадження монтажних робіт і використуваних механізмів залежить від конструкції, маси і габаритів обладнання. При монтажі апаратури застосовують наступні методи монтажу.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Метод ковзанням без відриву від землі застосовується для установки вертикальних апаратів за допомогою самохідних кранів або щогл. Апарат підводиться за монтажні пристрої, закріплені на корпусі вище центру ваги (рис. 4.1,а). Нижня частина апарату, укладена на сани або візок, при підйомі підтягують трактором або лебідкою до фундаменту.

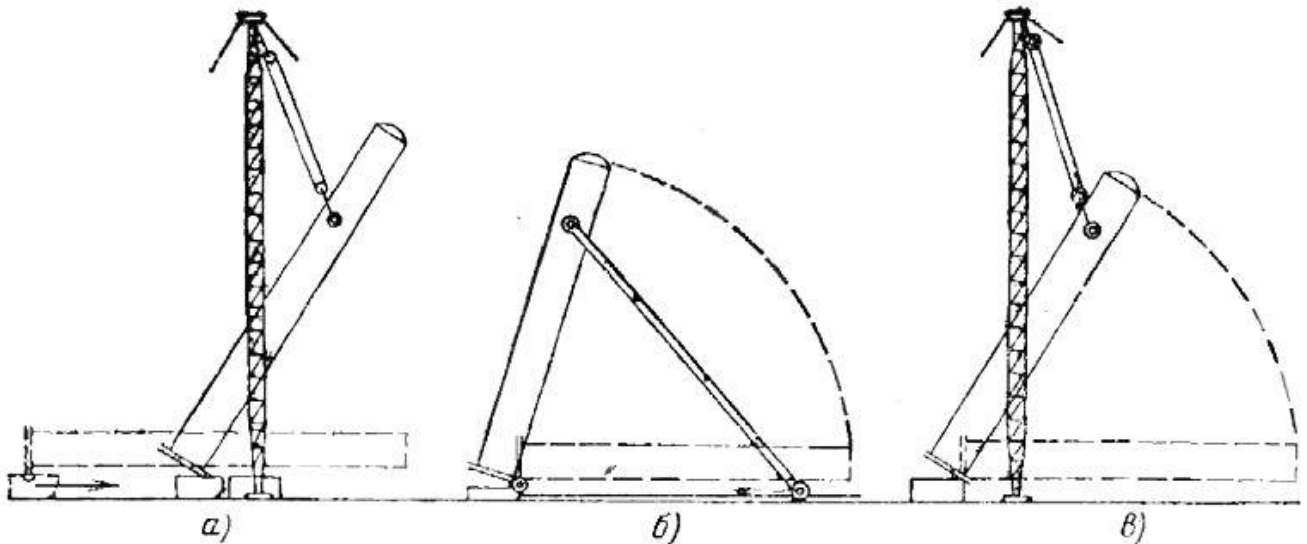


Рисунок 4.1 - Схеми монтажу колонної апаратури

а - методом підйому і ковзання; б - методом витискання; в - методом повороту навколо шарніра

Вантажопідйомність крану повинна бути не менше маси апарату.

Метод повороту навколо шарніра (рис. 4.1,в). Шарнір розташований поблизу фундаменту і закріплений до нього. Нижній кінець апарату з'єднаний з шарнірним пристроєм. При підйомі за верхівку апарат повертається на шарнірі і при досягненні вертикального положення своєю основою встановлюється на фундамент. Такий спосіб дозволяє піднімати апарати значно більшої маси в порівнянні з вантажопідйомністю монтажних кранів або механізмів.

Метод витискання (рис. 4.1,б) – різновид методу повороту навколо шарніра. Штовхачі закріплені за допомогою шарніра до корпусу апарата. Нижні кінці штовхачів встановлюються на колії. При роботі лебідки кінці штовхачів рухаються по рейках і піднімають апарат до вертикального положення. Цей метод застосовується в обмежених умовах, коли не можна використовувати вантажопідйомні крани і неможливо встановити щогли з розтяжками

Послідовність подачі деталей і вузлів гранулятора в монтажну зону відображається в технологічній монтажній карті або в окремому графіку. У графіку вказуються: час подачі деталей і вузлів; місце, до якого деталь або вузол повинні бути подані; застосовувані транспортні та підйомні засоби і трудові витрати. Запас деталей в монтажній зоні не повинен перевищувати 2-3 змінної потреби. Складування вузлів і деталей в монтажній зоні повинно проводитися так, щоб не заважати виконанню монтажних робіт. Подачу деталей до місця монтажу бажано проводити в зміну, вільну від монтажу.

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

Установку на фундамент можна проводити будь-яким наявним механізмом достатньої вантажопідйомності: мостовими кранами, тельферами, 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, і ± 5 мм для окремо розташованих апаратів.

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

Мідні і сталеві прокладки повинні бути прокалені і очищені від окалини, бруду та іржі. Поверхні металевих прокладок не повинні мати раковин, задирів, глибоких подряпин і інших пошкоджень. Ширина металевих прокладок повинна бути

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на 0,1-0,2 мм менше ширини паза. Паронітові прокладки перед установкою на місці проварюють в рослинній олії при температурі не вище 300°C до їх розм'якшення.

Болти фланцевих з'єднань повинні бути справними, не мати зірваних і пошкоджених ниток різьблення; у головок болтів не допустимі подрізи і тріщини в місці переходу в тіло болта. Болти слід затягувати рівномірно спочатку хрестоподібно під кутом 90°, а потім послідовно один за іншим по колу. При затягуванні болтів рекомендується користуватися ключами з обмежувачем зусилля затяжки. Під гайки болтів рекомендується ставити шайби (під гайки апаратів, які відчують вібрації, слід ставити пружинні шайби).

Для апаратів, що працюють при тиску до 50 атм. і температурах до 435°C, застосовуються болти, виготовлені зі сталі марок 35 і 40 і гайки зі сталі 25 і 30 по ГОСТ 1050-57.

Змонтований апарат піддається гідравлічним випробуванням та передається у експлуатацію.

4.2 Проведення ремонтних робіт основного технологічного обладнання [22]

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

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. Заміна сальникової набивки в вузлах запірної арматури і печі грануляційного апарату.

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

Технічне обслуговування (ТО) - це комплекс заходів, спрямованих на підтримку працездатності основного і допоміжного технологічного обладнання. ТО складається з комплексу робіт по виконанню операцій, пов'язаних з пуском і зупин-

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						71
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

<p>Підвищення вмісту дрібної фракції гранул в шарі.</p>	<p>Тонкий розпил суспензії. Підвищення температури теплоносія під газорозподільчою решіткою.</p>	<p>сивера подачі повітря в форсунку. Перевірити справність роботи подрібнювача вихідної суспензії.</p> <p>Налагодити роботу форсунки та встановити правильний температурний режим регулюванням кількості газу та вторинного повітря в топку.</p>
<p>Надмірне винесення дрібної фракції та крапель суспензії з апарату.</p> <p>Зниження інтенсивності перемішування та висоти киплячого шару в апараті.</p>	<p>Підвищення швидкості теплоносія під решіткою. Несправність компресора або ресивера.</p> <p>Забивка газорозподільчої решітки. Несправність компресора, ресивера.</p>	<p>Перевірити тиск повітря в ресивері та компресорі, налагодити подачу повітря під решітку.</p> <p>Зупинити апарат та прочистити газорозподільчу решітку, перевірити роботу компресора та ресивера.</p>
<p>Різде зниження дрібної фракції в шарі гранул.</p>	<p>Зниження температури теплоносія під решіткою.</p>	<p>Підвищити температури теплоносія шляхом збільшення подачі газу та зменшення подачі вторинного повітря в топці.</p>
<p>Підвищений гідравлічний опір шару гранул в апараті.</p>	<p>Збільшення висоти киплячого шару. Утворення крупних агломератів та</p>	<p>Перевірити режим роботи апарату та налагодити роботу розвантажувального</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

<p>Відрив полум'я в топці.</p> <p>Спостерігається проскакування полум'я в палиник топки апарата.</p>	<p>гранул.</p> <p>Швидкість газоповітряної суміші на виході з топки більше швидкості поширення полум'я.</p> <p>Швидкість газоповітряної суміші на виході з топки менше швидкості поширення полум'я.</p>	<p>патрубка.</p> <p>Зменшити подачу газу та первинного повітря в топці.</p> <p>Збільшити подачу газу та первинного повітря.</p>
<p>Підвищення температури димових газів на виході з топок.</p> <p>Підвищена вологість продукту на виході з апарату.</p> <p>Збільшення опору цикло-ну.</p> <p>Механічні неполадки обладнання.</p>	<p>Нестача первинного та вторинного повітря в топку.</p> <p>Надлишкова подача суспензії в форсунку. Недостатня подача або температура теплоносія.</p> <p>Значні підсоси в системі.</p> <p>Замазування цикло-ну пилом.</p> <p>Знос окремих деталей, корпусів апаратів, тощо.</p> <p>Несвоєчасний планово-попереджувальний ремонт, погане обслуговування.</p>	<p>Відрегулювати подачу первинного та вторинного повітря.</p> <p>Зменшити навантаження за суспензією. Відрегулювати подачу та температуру теплоносія.</p> <p>Ліквідувати підсоси повітря.</p> <p>Своєчасно проводити заміну деталей та дотримуватись графіку планово-попереджувального ремонту.</p>

Капітальний ремонт гранулятора киплячого шару складається з наступних операцій:

1) Роз'єднують фланцеві стики, знімається трубна обв'язка, оглядове скло, кришки люків, форсунки, кришку апарату, верхню та середню секцію апарату, перфоровану газорозподільчу решітку.

2) Встановлюють заглушки. Очищають та промивають апарат та газорозподільчу решітку. Розбраковують деталі, дефектні деталі замінюються. Виготовляють комплект прокладок. Встановлюють перфоровану решітку, прокладки, середню частину апарату, форсунки, верхню кришку апаратів, оглядові вікна, люки. Знімають заглушки. З'єднують фланцеві стики та встановлюють трубну обов'язку. Випробовують апарат та здають його в експлуатацію, після заповнення відповідних ремонтних документів.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

5 Інформаційне та апаратурне забезпечення

автоматизованого керування

5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання [23]

У хімічній промисловості комплексній автоматизації та механізації приділяється велика увага. Це пояснюється складністю і високою швидкістю протікання технологічних процесів, а також чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи, вибухо- і пожежною небезпечністю речовин що переробляються. По мірі механізації виробництва, скорочується важка фізична праця, збільшується продуктивність.

Основні принципи управління процесом гранулювання розглянемо на прикладі апарату РКСТ (розпилююча киплячого шару сушарка-гранулятор), в яку подають розчин для грануляції та сушки, затравочний матеріал і гарячий теплоносій (повітря) для підтримки киплячого шару в апараті та сушки гранул.

Показниками ефективності процесу є: гранулометричний склад і якість кінцевого продукту (вологість, щільність і пористість товарних гранул). Якість гранул контролюють взяттям проб лабораторією підприємства. Метою управління є підтримання заданої висоти киплячого шару, температурного режиму в шарі гранул, витрати розчину і тиску повітря в пневмофорсунці.

Проведемо аналіз можливих керуючих і збурюючих впливів в об'єкті управління. Витрату та температуру теплоносія (повітря) можна легко стабілізувати або використовувати для внесення ефективних регулюючих впливів. Також можемо використовувати для внесення регулюючих впливів витрату розчину та затравочних гранул. Початкова температура розчину t'_c , а також її питома теплоємність c_c визначаються технологічними режимами інших процесів, тому не піддаються регулюючим впливам. До збурень які неможливо компенсувати також відносять зміни температури навколишнього середовища.

В якості контрольованих величин слід приймати витрату, кінцеву та початкову температури розчину; тиск повітря на пневмофорсунку; висоту киплячого шару та

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

температуру теплового агенту; розрідження в апараті; масу затравки та рівень в збірнику готових гранул.

Знання поточних значень цих параметрів необхідно для нормального пуску, налашки і експлуатації процесу. Витрату розчину, теплоносія і затравки потрібно знати для підрахунку техніко-економічних показників процесу, а витрату суспензії, затравки, теплоносія, а також температури теплоносія і розрідження в апараті - для оперативного управління процесом.

Як було раніше сказано одним із контрольованих параметрів в апараті є висота киплячого шару матеріалу, зміна висоти киплячого шару впливає на інтенсивність циркуляції матеріалу та гранулометричний склад продукту, а отже від висоти шару залежить не тільки безаварійність процесу (відсутність залипання решітки), а й продуктивність установки та якість отриманого продукту. Ще одним визначним параметром гранулювання є температурний режим в шарі гранул. Температурний режим в апараті визначається властивостями сировини. Дотримання заданого температурного режиму в шарі гранул впливає на продуктивність установки, якість та гранулометричний склад продукту (пористість, структуру, форму, відсутність тріщин, тощо), кількість отримуваних нових центрів грануляції через теплове розтріскування. Температура в шарі являється основною регульованою величиною процесу.

Згідно літературних джерел існує два методи підтримання температури в шарі гранул:

- 1) Зміною витрат та (або) температури сушильного агенту;
- 2) Зміною витрат затравки та розчину.

Перший спосіб передбачає зміну температури повітря що подається під газорозподільчу решітку. Змінювати температуру теплоносія можна наприклад шляхом регулюючого впливу зміною витрати палива в топці, температура сушильного агенту на вході в гранулятор при цьому регулюється зміною витрати вторинного повітря.

Другий спосіб утримання температури киплячого шару, передбачає регулювання температури в шарі через зміну вологості в апараті, шляхом контролю подачі розчину та затравки в апарат. Збільшення температури в шарі свідчить про зни-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ження середнього значення залишкової вологості частинок твердого матеріалу. Реагуючи на це регулятор збільшує швидкість обертання шнека живильника, що призводить до збільшення подачі затравки, датчик маси затравки передає сигнал для збільшення подачі розчину, в свою чергу пристрої контролю відношення тиску повітря в пневмофорсунці до кількості поданого розчину за допомогою вентиля змінюють подачу повітря, при збільшенні подачі розчину відбувається зниження температури в шарі. Підтримання постійної температури повітря на вході в апарат забезпечується за допомогою АСР, яка змінює подачу паливного газу в топку. Регулятор стану встановлює подачу первинного повітря в топку в кількості, необхідній для повного згорання газу. Витрата гарячого повітря, що подається під розподільчу решітку, стабілізується зміною подачі вторинного повітря в змішувальну камеру таким чином контролюється температура в шарі гранул яка прямо залежить від кількості подаваного в апарат розчину. Задане розрідження в апараті регулюється за допомогою клапана, встановленого на лінії відпрацьованого сушильного агенту. Рівень псевдозрідженого матеріалу вимірюється гідростатичним дифманометричним рівнемірором за перепадом тиску в апараті.

Кількість вологи розраховується за допомогою обчислювального пристрою, вихідний сигнал якого направляється на екстремальний регулятор, який змінює витрату теплового агенту. При цьому необхідно передбачити обмеження по мінімальній вологості сухого матеріалу, а також по мінімальному та максимальному витратах сушильного агенту.

Схема автоматичного управління роботою гранулятора включає в себе вузли регулювання співвідношення витрат палива і первинного повітря, температури сушильного агенту на вході в гранулятор, витрати сушильного агенту, температури киплячого шару, рівня киплячого шару і розрідження в сушарці, співвідношення тиску повітря в пневмофорсунку до витрати розчину, та відношення подачі розчину в залежності від кількості поданої затравки.

Регулювання рівня шару забезпечує певний час перебування матеріалу в апараті і гранулометричний склад а також виключає можливість винесення матеріалу з теплоагентом. При цьому досягається постійний гідродинамічний опір шару і оптимальний аеродинамічний режим процесу грануляції.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Стійке підтримання рівня киплячого шару можливе в достатньо вузьких межах співвідношень витрат газу та маси шару. При значних коливаннях витрати газу (або витрати матеріалу) настає режим виносу шару або його осідання. Тому до точності регулювання рівня киплячого шару пред'являють особливо високі вимоги. В якості регулюючих впливів використовують витрату зернистого матеріалу на вході та виході апарату (рис 5.1а), або витрату газу на кипіння шару (рис 5.1б).

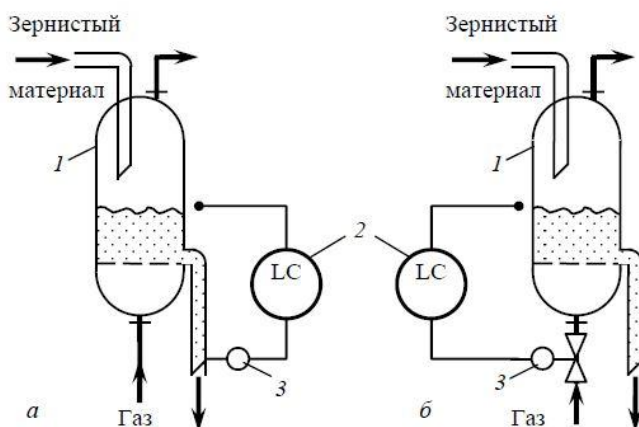


Рисунок 5.1 – Регулювання рівня киплячого шару:

а) відведенням гранульованого матеріалу; б) зміною витрати газу;

1-апарат з киплячим шаром, 2-регулятор рівня, 3-регулюючий орган.

Органами для регулювання витрати загального повітря газів, що відходять є осьові напрямні апарати, що встановлюються на всмоктуванні вентилятора і димососа. Регулювання витрати первинного повітря доцільно здійснювати за допомогою розподільного клапана. Контроль температур на установці повинен здійснюватися за допомогою низькоінерційних термопар. Термопару, призначену для контролю температури шару, вводять в шар на довжину 1/3 діаметра решітки і встановлюють з невеликим нахилом (5-10°) до центру апарату. Кінець термопар повинен знаходитися на рівні 100-150 мм від решітки. Найбільш доцільним місцем для установки термопар є газохід, що з'єднує топку з підрешіточним простором апарату КС. Термометр опору, який контролює температуру газів що відходять, встановлюють перед циклонами. Вимірювання перепаду тиску здійснюють дифманометрами.

Основними параметрами контролю в грануляційній установці є температура в киплячому шарі, тиск повітря що подається в форсунку для розпилу рзчину, витрата розчину, витрата теплоносія, маса затравочного матеріалу.

Контролювати температуру в киплячому шарі можливо двома способами, зміною витрати розчину та затравочного матеріалу або зміною температури та витрати теплоносія. В даній роботі перевагу надали другому способу регулювання температури шару, а саме контролю температури через зміну температури теплоносія, даний спосіб був обраний як більш простий та надійний, адже для зміни температури необхідно лише передати відповідний сигнал на калорифер який відповідно скоригує значення напруги на нагрівних витках що призведе до збільшення їх температури, тоді як для першого способу необхідно регулювати одразу декілька змінних (кількість гранул, кількість розчину), а при збільшенні кількості розчину та гранул необхідно відповідно збільшити подачу теплоносія для забезпечення псевдозрідження більшої кількості матеріалу.

5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

Конкретні типи автоматичних пристроїв вибирають з урахуванням особливостей об'єкта управління і прийнятої системи управління (місцеве або централізоване). В першу чергу беруть до уваги такі фактори як пожежо- та вибухонебезпечність, агресивність і токсичність середовища, число параметрів, що беруть участь в управлінні, і їх хімічні властивості, а також вимоги до якості контролю і регулювання.

При великій відстані між технологічними апаратами і щитами управління доцільніше застосовувати електричні засоби автоматизації. Вони характеризуються набагато меншим запізненням і перевершують пневматичні по точності вимірювання. Крім того, застосування електронних засобів спрощує впровадження обчислювальних машин.

Вибір конкретних типів автоматичних пристроїв рекомендується проводити, виходячи з таких міркувань:

- для контролю і регулювання однакових параметрів технологічного процесу

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

слід застосовувати однакові автоматичні пристрої що полегшує їх придбання, налагодження та ремонт;

- слід віддавати перевагу автоматичним пристроям серійного виробництва;
- при великій кількості однакових параметрів контролю рекомендується застосовувати прилади і машини централізованого контролю;
- при автоматизації складних технологічних процесів слід використовувати обчислювальні і керуючі машини;
- клас точності приладів повинен відповідати технічним вимогам;
- для місцевого контролю рекомендується застосовувати прості і надійні прилади (термометри розширення в захисних чохлах, манометри загального призначення, лічильники і ротаметри), тому що вони краще функціонують в несприятливих умовах (значні коливання температури і вологості, підвищена вібрація, механічні дії);
- для автоматизації технологічних апаратів з агресивними середовищами слід передбачати установку спеціальних приладів.

У схемах автоматизації рекомендується використовувати принцип уніфікації, тобто застосовувати однотипні технічні засоби автоматизації. Це забезпечує взаємозамінність, зручність експлуатації, налаштування та комплектацію приладів. Необхідно використовувати дешеві і надійні прилади, які забезпечують необхідний клас точності. Всі важливі параметри технологічного процесу повинні контролюватися відповідними приладами, які одночасно їх і показують.

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		81

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях [24]

6.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи обладнання

Механічні фактори: рухомі машини та механізми (збірники з мішалками, приводи, вали, висота, пересувні частини апаратів);

- Електробезпека: можливість враження струмом при доторканні до кабелю, електричним приводам, та електрообладнанню, що знаходиться під напруженням; електронасоси, силові трансформатори, електродвигуни: мішалок, газодувок, статична електрика.

- Небезпечні фактори: загазованість, запиленість (при розгерметизації циклонів, пилезбірників та трубопроводів) приміщень наявність отруйних та вибухонебезпечних речовин, термічна небезпека від нагрітих поверхонь топки та гранулятора.

- Пожежна безпека: електромережі, природний газ, горючі речовини, високі температури, використання відкритого полум'я.

- Хімічні фактори: речовини і сполуки азоту в вихідній речовині.

- Шкідливі фактори: параметри мікроклімату, освітлення, шум (від гранулятора, газодувки, класифікатора, циклона, насосів, компресора), вібрація (від газодувки та насосів, компресора), повітря робочої зони, освітленість, потенційна небезпека зараження вірусами від сировини.

Джерелами механічної небезпеки є: електродвигуни, рухомі частини мішалок, вали газодувок та насосів. Робочих місць технологічного обслуговуючого персоналу на висоті більше ніж 1,5 метрів над рівнем підлоги немає. При ремонтних роботах на висоті більшій за 1,5 м над рівнем підлоги згідно "Інструкції по техніці безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки для працівників цеху грануляції органічних добрив" необхідно використовувати стаціонарні підмости, огороження та стаціонарні пояси безпеки. Працювати на висоті тільки в присутності дублера. Всі переходи, робочі та обслуговуючі площадки, кришки ємностей повинні бути оснащені перилами висотою 1м та огорожені бортом висотою не менше 0,15 м; відчинені монтажні прорізи повинні мати огороження зі зйомними

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

перилами. Роботи по чистці та ремонту обладнання що приводиться в рух електродвигунами, необхідно виконувати тільки після знеструмлення електродвигуна та вивіски попереджувального плакату “Не вмикати – працюють люди”.

Засобами захисту від механічних небезпек є: огороження суцільними кожухами і металевими сітками рухомих частин обладнання. Горизонтальні ремінні передачі захищаються з усіх боків, вертикальні - на висоту до 2-х м. Для запобігання нещасних випадків при ремонті і огляді похилих транспортерів необхідно встановлювати аварійні вимикачі. У виробництві використовується обладнання що працює під тиском (ресивер 5 атм.) виготовлення, монтаж, експлуатація, ремонт, гідравлічні випробування, реєстрація та технічний огляд обладнання та посудин під тиском повинні виконуватися згідно з «ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском». Забороняється експлуатація обладнання, що працює під тиском, з простроченим терміном експлуатації, без клейма, без вказівки наступного строку опосвідчення. Для безпеки експлуатації систем під підвищеним тиском застосовується запірна арматура, прилади контролю і запобіжні пристрої. На апараті повинні бути вказані наступні дані: допустимий тиск в апараті; дата, місяць і рік останнього гідравлічного випробування апарату; дата наступного гідравлічного випробування. У разі перевищення тиску на обладнанні, що працює під тиском, передбачений аварійний клапан.

Основними нормативними документами з правил електробезпеки є: ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту. ГОСТ12.1.018-86. Пожежна безпека. Електростатична іскробезпека. Загальні вимоги. ГОСТ12.1.030-81. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення. РД.34.21.122-87. Інструкція по влаштуванню блискавкозахисту будівель і споруд. ГОСТ12.1.038.82. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруги дотику і струмів.

Основні заходи захисту від впливу електричного струму:

1. Усунення небезпеки ураження при пробі на корпусі досягається використанням: захисного заземлення; занулення; захисного відключення.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику: захист від переходу високої напруги в мережу низької напруги; захисне розділення мереж.
3. Застосування електрозахисних засобів персоналом при експлуатації установок.
4. Організація безпечної експлуатації електроустановок.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею металевих неструмоведучих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою.

Електродвигуни насосів, компресорів, газодувок живляться від електромережі з напругою 380 Вт та частотою струму 50 Гц. Вимоги до електрообладнання, пристосувань, монтажу та експлуатації лінії, проводок, електрообладнанню повинні відповідати “Правилам техніки безпеки при експлуатації електрообладнання споживачів”, “Правилам захисту від статичного струму у виробництвах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості”. Надійність заземлення повинна регулярно перевірятися електролабораторією.

Концентрації шкідливих хімічних речовин в повітрі робочої зони виробничого приміщення в період виробництва добрив повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88, а саме: аміак – ГДК – 20 мг/м³, КО-1V, пари. Періодичність контролю над вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони за ГОСТ 12.1005-88 п.4. Вимоги щодо методів та способів вимірювання концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони за ГОСТ 12.1005-88 п.5.

Вимоги щодо методів вимірювання та контролю показників мікроклімату за ГОСТ 12.1005-88 п. 2. Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень, затверджених наказом МОЗ України. Показниками, котрі характеризують мікроклімат, є: температура повітря; відносна вологість повітря; швидкість руху повітря; інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням, зазначеним. У кабінах, на пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших виробничих примі-

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щеннях при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням, повинні дотримуватися оптимальні величини температури повітря 22-24°C, його відносної вологості 60-40% і швидкості руху (не більше 0,1 м/с). Перелік інших виробничих приміщень, в яких повинні дотримуватися оптимальні норми мікроклімату, визначається галузевими документами, узгодженими з органами санітарного нагляду в установленому порядку. Визначення категорії робіт персоналу за важкістю, оптимальні і допустимі метеорологічні умови для робочої зони приміщення в додатку. Фактичні параметри мікроклімату відповідають нормативним вимогам «ДНАОП 0.03-3.15-86 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень N 4088-86».

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні, а також протягом зміни допускаються до 4°C - при легких роботах, до 5°C - при середній тяжкості роботах до 6°C - при важких роботах, при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не повинні виходити за межі допустимих величин, зазначених у таблиці 5. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного устаткування на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м² при опроміненні 50% поверхні тіла і більше, 70 Вт/м² - при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50% і 100 Вт/м² - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

При виробництві та зберіганні гранульованого сульфату амонію виробничі приміщення мають бути оснащені обігрівом, вентиляцією та кондиціонуванням згідно СНіП 2.04.05-91 та згідно ГОСТ 12.4.021-75. Санітарно-гігієнічний контроль систем вентиляції та промислових приміщень проводиться силами вентслужб або санітарних лабораторій згідно МУ 4425-87 в наступні строки:

- система місцевої витяжної та місцевої проточної вентиляції – 1 раз на рік;
- системи загальнообмінної механічної та природньої вентиляції – 1 раз на 3 роки.

Викиди забрудненого повітря в атмосферу мають відповідати вимогам ДСП 201-97. Вимоги до температури зовнішньої поверхні технологічного обладнання або огорожувальних засобів за ГОСТ 12.1.005-88 п. 1. 11. Температура поверхні

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

апаратів при виробництві гранульованих добрив на місцях, де можливий контакт їх з персоналом, не повинна перевищувати 45°C.

Заходи, які використовуються на даному об'єкті, по нормалізації мікроклімату: вентиляція приміщення, кондиціонування повітря, застосування теплоізоляції устаткування (корпусу апарату грануляції, трубопроводів, топки) і раціональне розміщення обладнання. Роботи середньої та легкої категорії тяжкості 1Б та ПБ, відповідно допустимим параметрами мікроклімату вказано в додатку. В результаті вжитих заходів мікроклімат в приміщенні відповідає допустимим нормам згідно ГОСТ 12.1.006 - 88 і ДСН 3.36 - 042 - 99. Допустимі норми мікроклімату представлені в додатку. Відповідно до СНіП 2.04.05 – 92 в приміщенні передбачена загальнообмінна вентиляція для забезпечення встановлених метеорологічних умов і чистоти повітря. Для запобігання перевищення концентрації пилу в повітрі робочих приміщень повинна бути забезпечена безперервна ефективна робота систем приточно-витяжної вентиляції.

Усі виробничі приміщення повинні мати освітленість згідно розряду та підрозряду зорових робіт “Мінімальні рівні природнього та штучного освітлення за СНіП 11-4-79”. Мінімальні рівні освітленості для підприємства з виробництва вказані в додатку в таблиці 1. Згідно СНіП II - 4 - 89, для розряду робіт - середньої точності: коефіцієнт природнього освітлення (КПО) = 1,5%, для штучного освітлення освітленість. Також передбачено аварійне освітлення для продовження робіт при відключенні робочого освітлення. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання з зарядкою від акумуляторів. Метод визначення освітленості робочих місць за ГОСТ 24940-81. При виробництві гранульованих органічних добрив вимоги до освітленості приміщення згідно СНіП 11-4-79, ред. 91 р., наведені в таблиці додатку.

Джерелами шуму і вібрації у виробничому приміщенні є насоси, мішалки, сушарка-гранулятор киплячого шару, компресор, газодувки, пневмокласифікатор. На робочому місці оператора, згідно ГОСТ 12.1.003 - 83 ССБТ, ДСН 3.36 - 042 - 99 і ГОСТ 12.1.012 - 90 ССБТ, рівні шуму і вібрації відповідають допустимим нормам.

Для зниження рівня шуму і вібрації можливо впровадити наступні заходи:

- Поліпшити умови експлуатації робочого обладнання;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Провести роботи по зменшенню биття обертових вузлів і механізмів;
- Застосувати демпфуючі матеріали (гума, повсть і т.д.);
- Застосувати звукоізоляцію і віброізоляція обладнання;
- Застосувати звукопоглинаюче облицювання приміщення.

На робочих місцях обслуговуючому персоналу необхідно використовувати протишумові навушники гр “А” за ГОСТ 12.4.051-87. Вимоги до рівня вібрації на робочих місцях за ГОСТ 12.1.012-90.

Категорія виробничого приміщення за пожежною безпекою, згідно ОНТП - 24 - 86 категорія Д пожежонебезпечна. Сировина, що використовується і продукти пожежонебезпечних особливостей не мають. В процесі виробництва використовується для підігріву матеріалу топка що використовує в якості сировини гарно горючий матеріал – природній газ (метан). Для попередження вибухів і пожежі відповідно до ГОСТ 12.004 -91 необхідно виключати: джерела вибухонебезпечного середовища; джерела ініціювання вибуху (відкрите полум'я, тіла, які горять, електричні розряди, іскри від удару і т.д.). Пожежна безпека в приміщеннях забезпечується системою пожежного захисту і системою попередження пожежі.

В якості першочергових способів пожежогасіння використовуємо ручні вогнегасники типу ОУ - 2, ОУ - 5. Кількість вогнегасників розраховується за площею приміщення.

Таблиця 6.1 – Застосовувані у виробництві засоби пожежогасіння

Приміщення	Способи
Щити управління	Ручні вогнегасники ОУ – 2
	Ручні вогнегасники ОУ – 5

Ремонтні роботи в газонебезпечних місцях дозволяється проводити при наявності наряду-допуску на газонебезпечні роботи. Наряд-допуск складається начальником цеху у відповідності з “Інструкцією по організації та проведенню робіт в газонебезпечних місцях на підприємствах хімічної промисловості”. Вогневі роботи проводити згідно з вимогами “Інструкції по організації безпечного проведення вогневих робіт в цехах та на території підприємства”. При виконанні вогневих та

газонебезпечних робіт необхідно встановити безперервний контроль за станом повітряного середовища в приміщеннях та закритих апаратах. Ремонтні роботи проводити згідно з інструкцією “ Про порядок безпечного проведення ремонтних робіт на підприємстві”. Дотримуватись вимог щодо зберігання та використання горючих та легкогорючих матеріалів. Забороняється зберігання промасленого ганчіря, ГСМ поблизу джерел горіння. Проїзди та проходи до приладів пожежогашіння та пожежних гідрантів повинні бути вільними. При виникненні пожежі приймаються міри щодо її ліквідації силами цехової дружини, викликається пожежна команда, при виникненні пожежі внаслідок несправності обладнання або електропроводки дана ділянка повинна бути негайно знеструмлена, тільки після цього приступити до гасіння пожежі. На фіксованих місцях цеху обладнуються та укомплектовуються аптечки першої медичної допомоги з наявністю перев'язочних, нейтралізуючих та протиопікових засобів. Обслуговуючий персонал повинен мати спецодяг та індивідуальні засоби захисту згідно типових норм.

Кожен робітник повинен уміти надавати допомогу потерпілому в залежності від характеру нещасного випадку:

А) при потраплянні кислоти або кислих розчинів на тіло або в очі, ушкоджене місце необхідно швидко промити струменем чистої води та негайно звернутися в медпункт за медичною допомогою;

Б) при термічних опіках, незалежно від ступеня опіку, на вражене місце необхідно накласти стерильну пов'язку, не допускаючи пошкодження обпеченої шкіри, та негайно звернутися до лікаря;

В) при закритих переломах кісток кінцівок необхідно накласти шину або інший допоміжний матеріал (доску, планку) до пошкодженої кінцівки та викликати швидку допомогу;

Г) якщо працівник вражений електричним струмом , йому необхідно надати допомогу згідно “Інструкції по надаванню першої допомоги при враженні електричним струмом”;

Д) при отруєнні, задусі природнім газом потерпілого необхідно вивести з загазованого середовища на свіже повітря, розстебнути одяг, дати понюхати нашати-рний спирт та відправити в медичний пункт, а при необхідності викликати лікаря.

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						88
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.2 Розрахунок основного потенційно-небезпечного фактору

Для запобігання враженню струмом обслуговуючого персоналу всі апарати та механізми що використовують в процесі виготовлення добрив електричний струм (насоси, компресори, мішалки, мельниці, газодувки) повинні підлягати обов'язковому заземленню.

Розрахувати заземлення для стаціонарної установки. Заземлювачі заглиблені і розміщені в один ряд (глибина заглиблення $h = 80$ см).

Таблиця 6.2 – Вихідні дані до розрахунку заземлення.

Вихідні дані	
Показник	Труба
Довжина заземлювача, см	250
Діаметр заземлювача, см.	7
Ширина з'єднувальної смуги	7
Грунт N, год	Торф
Кліматична зона	II

Розв'язання

1. У відповідності до вимог ПУЕ визначається допустимий опір розтіканню струму в заземленні R_z . Для мереж з напругою до 1000 В можна взяти $R_z = 4$ Ом.
2. Визначається питомий опір ґрунту, який рекомендовано для розрахунків, $\rho_{\text{табл.}}$ Ом·см). для торфу - $\rho_{\text{табл.}} = 2000$ Ом·см.
3. Визначаються підвищувальні коефіцієнти для труб (вертикальних заземлювачів) $K_{\text{П.Т}}$ та для з'єднувальної смуги $K_{\text{П.С}}$, які враховують зміну опору ґрунту в різні пори року залежно від наявності опадів. Приймаємо: $K_{\text{П.Т}} = 1,8$. $K_{\text{П.С}} = 4,0$.
4. Визначається питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних електродів (труб) $\rho_{\text{розр.т}}$ з урахуванням несприятливих умов за допомогою підвищувального коефіцієнта:

$$\rho_{\text{розр.т}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{П.Т}}, \text{ Ом}\cdot\text{см} \quad (6.1)$$

$$\rho_{розр.т} = 2000 \cdot 1,8 = 3600 \text{ Ом} \cdot \text{см.} \quad (6.2)$$

5. Визначається питомий розрахунковий опір ґрунту для горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги):

$$\rho_{розр.н} = \rho_{табл} \cdot K_{П.С}, \text{ Ом} \cdot \text{см.} \quad (6.3)$$

$$\rho_{розр.с} = 2000 \cdot 4 = 8000 \text{ Ом} \cdot \text{см.} \quad (6.4)$$

6. Визначається відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$t = h_3 + \frac{l_m}{2}, \text{ см,} \quad (6.5)$$

де h_3 – глибина заглиблення труб, см;

l_T – довжина вертикального заземлювача.

$$t = 80 + 250/2 = 205 \text{ см} \quad (6.6)$$

7. Визначається опір розтіканню струму для одиночного вертикального заземлювача, який розташований нижче від поверхні землі:

$$R_T = 0,366 \frac{\rho_{розр.т}}{l_T} \left(\lg \frac{2l_T}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right), \text{ Ом.} \quad (6.7)$$

$$R_T = 0,366 \times \frac{3600}{250} \left(\lg \frac{2 \times 250}{7} + \frac{1}{2} \lg \left(\frac{4 \times 205 + 250}{4 \times 205 - 250} \right) \right) = 10,5 \text{ Ом.} \quad (6.8)$$

8. Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n_T \cdot \eta_{e.T.} = \frac{R_3}{R_T}. \quad (6.9)$$

$$n_T \cdot \eta_{e.T.} = \frac{10,5}{4} = 2,63 \text{ шт.}, \quad (6.10)$$

прийемо 3 шт.

9. Визначається відстань між вертикальними заземлювачами L_T із співвідношення

$$c = \frac{L_T}{l_T}. \quad (6.11)$$

Для стаціонарних заглиблених заземлювачів це співвідношення береться таким:

$$C = 1. \quad L_T = l_T = 250 \text{ см.}$$

10. Визначаємо коефіцієнт екранування труб при числі труб n_T та відношенні:

					<i>XI.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						90
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$c = \frac{L_T}{l_T} \cdot \eta_{e_T} = 0,78. \quad (6.12)$$

11. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_{T.E} = \frac{R_T}{R_3 \cdot \eta_{E.T}}. \quad (6.13)$$

$$n_{T.E} = \frac{10,5}{4 \times 0,78} = 3,37 \text{шт} \quad (6.14)$$

приймаємо 4 шт.

12. Визначаємо розрахунковий опір розтіканню струму при прийнятому числі вертикальних заземлювачів $n_{T.E}$:

$$R_{розр.тр} = \frac{R_T}{n_{T.E} \cdot \eta_{E.T}}. \quad (6.15)$$

$$R_{розр.тр} = \frac{10,5}{4 \times 0,78} = 3,37 \text{Ом}. \quad (6.16)$$

13. Визначаємо довжину з'єднувальної смуги:

$$L_{3.C} = 1,05 L_T (n_{T.E} - 1), \text{ см}. \quad (6.17)$$

$$L_{3.C} = 1,05 \cdot 250 \cdot (4 - 1) = 787 \text{ см}. \quad (6.18)$$

14. Визначаємо опір розтікання струму в з'єднувальній смугі:

$$R_{3.C} = 0,366 \frac{\rho_{розр.с}}{L_{3.C}} \lg \frac{2L_{3.C}^2}{h_3 \cdot b_C} \text{ Ом}, \quad (6.19)$$

$$R_{3.C} = 0,366 \times \frac{8000}{787} \lg \frac{2 \times 787^2}{80 \times 7} = 12,4 \text{ Ом}. \quad (6.20)$$

15. Визначаємо коефіцієнт екранування $\eta_{E.3.C}$ для з'єднувальної смуги: $\eta_{E.3.C} = 0,77$.

16. Визначаємо розрахунковий опір для розтікання електричного струму в з'єднувальній смугі з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$R_{розр.с} = \frac{R_{3.C}}{n_c \cdot \eta_{E.3.C}}. \quad (6.21)$$

де n_c – кількість з'єднувальних смуг, у нас $n_c = 1$.

$$R_{розр.с} = \frac{12,4}{1 \times 0,77} = 16,1 \text{ Ом} \quad (6.22)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Визначаємо загальний розрахунковий теоретичний опір розтіканню струму від вертикальних заземлювачів та з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг.розр}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{розр.Г}}} + \frac{1}{R_{\text{розр.С}}}} \quad (6.23)$$

$$R_{\text{заг.розр}} = \frac{1}{\frac{1}{4,49} + \frac{1}{16,1}} = 3,51 \text{ Ом} , \quad (6.24)$$

що менше R_3 . Опір менше 4 Ом, отже заземлення розраховано правильно.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджувальному об'єкті

Під надзвичайної ситуацією (НС) розуміється обстановка на певній території, що склалася в результаті аварії, небезпечного природного явища, катастрофи, стихійного лиха, яка може спричинити або спричинила появу людських жертв, завдала шкоду здоров'ю людей або навколишньому природному середовищі або призвела до значних матеріальних збитків.

Згідно причин виникнення розрізняють чотири типи надзвичайних ситуацій: природні (стихійні лиха), техногенні (виробничі), екологічні та соціальні. НС класифікуються за рівнем впливу на оточуюче середовище і розміром завданої шкоди:

- Загальнодержавні;
- Регіональні;
- Місцеві;
- Об'єктні.

У виробництві добрив можлива загроза виникнення наступних техногенних НС: транспортні аварії при транспортуванні сировини та інших додаткових матеріалів на територію підприємства, вибухи газу та обладнання під тиском, запылення виробничого приміщення внаслідок розгерметизації очисного обладнання (циклонів та комунікацій), пожежі та вибухи, руйнування споруд, аварії на електроенергетичних системах, пошкодження електропроводки.

До можливих НС природного характеру що можуть становити реальну загрозу можна віднести: масові епідемії, природні пожежі, повені, зсуви, землетруси до 5 балів, смерчі.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для уникнення негативного впливу на організм працюючих та довкілля сировини, що переробляється, необхідно забезпечити працюючий персонал всіма необхідними засобами індивідуального (гумові рукавички, спецформа, взуття, респіратори) та колективного захисту (припливно-витяжна вентиляція). В ході експлуатації обладнання необхідно дотримуватися графіків проведення оглядів та ремонтів, впевнитися в герметичності обладнання та комунікацій. При перевезенні сировини необхідно забезпечити герметичність судин в яких транспортується послід, перевірити наявність пошкоджень та отворів, а також забезпечити безаварійне перевезення сировини автомобільним та залізничним транспортом.

У виробництві добрив використовується обладнання під значним тиском (ресивер, компресор), що пов'язано з небезпекою вибухів та розривів що можуть спричинити до тяжких наслідків пов'язаних з травматизмом та руйнування будівель, а тому монтаж, експлуатацію, ремонт, огляд, гідравлічні випробування, тощо необхідно проводити у відповідності до "Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском".

В цеху грануляції для сушіння продукту використовується обладнання (газова топка) яка спалює добре горючу та вибухонебезпечну речовину – природній газ, а тому необхідно прийняти міри для безпечної експлуатації обладнання, які передбачають перевірку та ліквідацію протічок газу, перевірку обладнання та комунікацій на герметичність, перевірку наявності засобів боротьби з пожежею (вогнегасники, пожежні рукава, лопати, відра, пісок, тощо).

Усе обладнання що має підвищену температуру (нижня зона гранулятора, топка) повинні мати теплоізоляцію. Обладнання що має рухомі частини (мішалки, приводи, газодувки) повинні бути надійно закриті та огорожені. У виробничих приміщеннях на робочих місцях окрім основного штучного освітлення повинно бути передбачене аварійне освітлення. Всі проходи та виходи з будівлі повинні бути вільні. Електричне обладнання має бути заземлене згідно діючих правил і норм техніки безпеки.

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93

Висновки

У ході виконання магістерської роботи було вирішено ряд важливих науково-технічних задач з дослідження основних закономірностей гранулювання в апараті киплячого шару. Отримані результати мають велике практичне значення для аграрної промисловості та можуть бути використані при проектуванні підприємств.

У ході роботи було проведено ґрунтовний огляд літературних джерел, розглянуто існуючі на даний час методи розв'язання визначеної проблеми, визначено основні прогалини в знаннях. Розглянуто теоретичні основи процесу грануляції продуктів в апаратах киплячого шару, а також складено методику розрахунку основного обладнання.

За вихідними даними було розраховано та спроектовано сушарку-гранулятор киплячого шару з форсунковим розпиленням розчину в шар гранул при використанні (у якості зрошуючого пристрою) пневматичної форсунки та виведенням готових гранул на рівні розподільчої решітки. Розроблено та описано технологічну схему виробництва сульфату амонію та розраховано допоміжне обладнання: насос подачі розчину в збірник перед форсунковим розпиленням, та ємність для зберігання розчину.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		94

Список літератури

1. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г.М. Господаренко. – К. : Нічлава, 2002. – 344 с.
2. Забелешинский Ю.А. Эффективность производства и применения минеральных удобрений / Ю.А. Забелешинский, Н.С. Корогодов, Э.И. Цыпина. – М. : Химия, 1980. – 272 с.
3. Казакова Е.А. Гранулирование и охлаждение азотсодержащих удобрений / Е.А. Казакова. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
4. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений / В.Н. Кочетков. – М. : Химия, 1975. – 224 с.
5. Агрохімічне обслуговування сільськогосподарських формувань / В.І. Лопушняк, І.О. Корчинський, М.М. Вислободська [та ін.] – Львів: Новий Світ-2000, 2009. – 288 с.
6. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 429 с.
7. Романков П.Г. Сушка во взвешенном состоянии / П.Г. Романков, Н.Б. Рашковская. – Изд. 2-е, пер. – Л. : Химия, 1968. – 204 с.
8. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студ. денної, заочної та дистанційної форм навчання / В.І. Склабінський, Я.Е. Михайловський, Р.О. Острога, М.С. Скиданенко. – Суми : СумДУ, 2019. – 53 с.
9. Классен П.В. Основы техники гранулирования / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. – М. : Химия, 1982. – 272 с.
10. Сажин Б.С. Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М. : Химия, 1984. – 320 с.
11. Буевич Ю.А. Струйное псевдоожижение / Ю.А. Буевич, Г.А. Минаев. – М. : Энергия, 1984. – 133 с.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

12. Классен П.В. Основные процессы технологии минеральных удобрений / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. – М. : Химия, 1990. – 304 с.
13. Соколовский А.А. Обезвоживание и грануляция растворов и суспензий в аппаратах кипящего слоя / А.А. Соколовский, Н.М. Плотникова, А.С. Безруков. – Под ред. Б.С. Сажина // ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. Серия: Техника сушки во взвешенном слое. Вып. 1. – М., 1965. – 64 с.
14. Овчинников Л.Н. Интенсификация тепловых и массообменных процессов в гетерофазных средах : монография / Под ред. А.Г. Липина; Иван. гос. хим. технол. ун.-т. Иваново, 2009. – 164 с.
15. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М. : Высш. шк., 1991. – 400 с.
16. Одинцов А.В. Расчет гранулометрического состава продукта при нанесении гетерофазной оболочки / А.В. Одинцов, А.Г. Липин, А.С. Кувшинова // Сб. трудов XXII международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-22». – Псков, 2009. – Т. 9, секция 10. – С. 147–148.
17. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М. : Химия, 1971. – 784 с.
18. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : Навчальний посібник. – Суми : Вид-во СумДУ, 2007. – 256 с.
19. Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 382 с.
20. 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.
21. Гайдамак К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

22. 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.
23. Голубятников В. А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1985. – 352 с.
24. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.

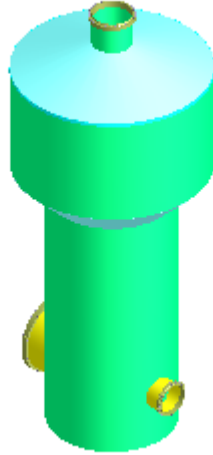
					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		97

Додаток А

**Розрахунки на
міцність за допомогою
EOM**

Общие положения

Расчет на прочность выполнен на ЭВМ по программе «Пассат 1.09 R2», разработанной ООО НТП «Трубопровод».



Общий вид аппарата

Обечайка цилиндрическая №1

Исходные данные

Название элемента		Обечайка цилиндрическая №1
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Внутренний диаметр, мм	D	$2,6 \cdot 10^3$
Толщина стенки, мм	s	12
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	c_1	1,8
Прибавка для компенсации минусового допуска, мм	c_2	0,8
Прибавка технологическая, мм	c_3	0
Длина обечайки, мм	L	$5,3 \cdot 10^3$
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал элемента

Название материала Ст3

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Штуцер №2

Исходные данные

Название элемента		Штуцер №2
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Тип штуцера		Непроходящий без укрепления
Смещение штуцера, мм	L_m	$1,16 \cdot 10^3$
Смещение штуцера, мм	R_m	0
Внутренний диаметр штуцера, мм	d	630
Толщина стенки штуцера, мм	s_1	12
Прибавка к толщине стенки штуцера, мм	c_s	1,8
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии штуцера, мм	c_{s1}	0
Длина наружной части штуцера, мм	l_1	260
Длина внутренней части штуцера, мм	l_3	0
Толщина внутренней части штуцера, мм	s_3	0
Ширина кольца, мм	l_2	0
Толщина кольца, мм	s_2	0
Катет сварного шва, мм	Δ	12
Угол смещения оси, градус	T	180
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал элемента

Название материала Ст3

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Сварной шов обечайки в зоне врезки штуцера

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

1. Фланцевое соединение №2

Исходные данные

Название элемента		Фланцевое соединение №2
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Наличие изоляции		Нет
Контроль затяжки		Нет
Исполнение фланцевого соединения		Плоские
Тип фланцевого соединения		Приварный встык
Болты/шпильки		Болты
Число болтов/шпилек	n	20
Диаметр болтов/шпилек, мм	d	24
Высота фланца 1, мм	h'	19
Высота фланца 2, мм	h''	19
Длина конической втулки фланца 1, мм	l'	17,5
Длина конической втулки фланца 2, мм	l''	17,5
Толщина цилиндрической части втулки фланца 1, мм	s_0'	17
Толщина цилиндрической части втулки фланца 2, мм	s_0''	17
Толщина конической части втулки фланца 1, мм	s_1'	24
Толщина конической части втулки фланца 2, мм	s_1''	24
Диаметр болтовой окружности, мм	D_6	705
Наружный диаметр фланца 1, мм	D_n'	755
Наружный диаметр фланца 2, мм	D_n''	755
Радиус скругления фланца 1, мм	r'	7
Радиус скругления фланца 2, мм	r''	7
Прибавка на коррозию фланца 1, мм	c_1'	0
Прибавка на коррозию фланца 2, мм	c_1''	0
Внутренний диаметр фланца 1, мм	D'	630
Внутренний диаметр фланца 2, мм	D''	630
Длина цилиндрической части втулки фланца 1, мм	l_c	18,5
Длина цилиндрической части втулки фланца 2, мм	l_c	18,5
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал фланца (кольца) 1

Название материала Ст3

Материал фланца (кольца) 2

Название материала Ст3

Прокладка

Высота прокладки, мм	h_n	3
Наружный диаметр прокладки, мм	D_{nn}	658
Внутренний диаметр прокладки, мм	D_{nv}	632
Средний диаметр прокладки, мм	D_{cn}	645
Ширина прокладки, мм	b_n	13

Материал болтов

Название материала 35

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Штуцер №1

Исходные данные

Название элемента		Штуцер №1
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Тип штуцера		С сварным кольцом
Смещение штуцера, мм	$L_{\text{ш}}$	$1,15 \cdot 10^3$
Смещение штуцера, мм	$R_{\text{ш}}$	0
Внутренний диаметр штуцера, мм	d	$1,5 \cdot 10^3$
Толщина стенки штуцера, мм	s_1	12
Прибавка к толщине стенки штуцера, мм	c_s	1,8
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии штуцера, мм	c_{s1}	0
Длина наружной части штуцера, мм	l_1	260
Длина внутренней части штуцера, мм	l_3	0
Толщина внутренней части штуцера, мм	s_3	0
Ширина кольца, мм	l_2	35
Толщина кольца, мм	s_2	14
Катет сварного шва, мм	Δ	12
Угол смещения оси, градус	T	0
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Сварной шов обечайки в зоне врезки штуцера

Коэффициент прочности сварного шва 1

Материал кольца

Название материала Ст3

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Фланцевое соединение №1

Исходные данные

Название элемента		Фланцевое соединение №1
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Наличие изоляции		Нет
Контроль затяжки		Нет
Исполнение фланцевого соединения		Плоские
Тип фланцевого соединения		Плоские приварные
Болты/шпильки		Болты
Число болтов/шпилек	n	68
Диаметр болтов/шпилек, мм	d	20
Высота фланца 1, мм	h'	55

Высота фланца 2, мм	h''	55
Диаметр болтовой окружности, мм	D_6	$1,61 \cdot 10^3$
Наружный диаметр фланца 1, мм	D_n'	$1,65 \cdot 10^3$
Наружный диаметр фланца 2, мм	D_n''	$1,65 \cdot 10^3$
Толщина свободного фланца 1, мм	h_k'	55
Толщина свободного фланца 2, мм	h_k''	55
Внутренний диаметр свободного фланца 1, мм	D_k'	$1,524 \cdot 10^3$
Внутренний диаметр свободного фланца 2, мм	D_k''	$1,524 \cdot 10^3$
Наружный диаметр свободного фланца 1, мм	D_k'	0
Наружный диаметр свободного фланца 2, мм	D_k''	0
Толщина стенки смежного элемента 1, мм	s_s'	12
Толщина стенки смежного элемента 2, мм	s_s''	12
Высота бурта фланца 1, мм	h_1'	0
Высота бурта фланца 2, мм	h_1''	0
Внутренний диаметр фланца 1, мм	D'	$1,5 \cdot 10^3$
Внутренний диаметр фланца 2, мм	D''	$1,5 \cdot 10^3$
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал фланца (кольца) 1

Название материала Ст3

Материал фланца (кольца) 2

Название материала Ст3

Прокладка

Высота прокладки, мм	h_n	3
Наружный диаметр прокладки, мм	D_{nn}	$1,547 \cdot 10^3$
Внутренний диаметр прокладки, мм	D_{nv}	$1,516 \cdot 10^3$
Средний диаметр прокладки, мм	D_{cn}	$1,5315 \cdot 10^3$
Ширина прокладки, мм	b_n	15,5

Материал болтов

Название материала 35

Материал смежной обечайки 2

Название материала Ст3

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Переход конический №1

Исходные данные

Название элемента		Переход конический №1
Внутренний диаметр, мм	D	$2,6 \cdot 10^3$
Внутренний диаметр, мм	D_1	$4 \cdot 10^3$
Толщина стенки, мм	s	12
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	c_1	1,8
Прибавка для компенсации минусового допуска, мм	c_2	0
Прибавка технологическая, мм	c_3	0
Длина обечайки, мм	L	700
Смещение по горизонтали, мм	X_0	0
Смещение по вертикали, мм	Y_0	0

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Левый узел укрепления

Тип узла соединения			Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра без укрепления
Длина участка вставки, мм	a_{1D}	0	
Длина участка вставки, мм	a_{2D}	0	
Длина обечайки, мм	L	$2 \cdot 10^3$	

Сварной шов кольца

Коэффициент прочности сварного шва 1

Правый узел укрепления

Тип узла соединения			Соединение конической и цилиндрической обечаек без укрепления
Длина участка вставки, мм	a_{1D}	0	
Длина участка вставки, мм	a_{2D}	0	
Длина обечайки, мм	L	$2 \cdot 10^3$	

Сварной шов кольца

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Обечайка цилиндрическая №2

Исходные данные

Название элемента		Обечайка цилиндрическая №2
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Внутренний диаметр, мм	D	$4 \cdot 10^3$
Толщина стенки, мм	s	12
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	c_1	1,8
Прибавка для компенсации минусового допуска, мм	c_2	0
Прибавка технологическая, мм	c_3	0
Длина обечайки, мм	L	$2,2 \cdot 10^3$
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Штуцер №3

Исходные данные

Название элемента		Штуцер №3
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293

Тип штуцера		Непроходящий без укрепления
Смещение штуцера, мм	$L_{ш}$	630
Смещение штуцера, мм	$R_{ш}$	0
Внутренний диаметр штуцера, мм	d	630
Толщина стенки штуцера, мм	s_1	12
Прибавка к толщине стенки штуцера, мм	c_s	1,8
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии штуцера, мм	c_{s1}	0
Длина наружной части штуцера, мм	l_1	120
Длина внутренней части штуцера, мм	l_3	0
Толщина внутренней части штуцера, мм	s_3	0
Ширина кольца, мм	l_2	0
Толщина кольца, мм	s_2	0
Катет сварного шва, мм	Δ	12
Угол смещения оси, градус	T	0
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Сварной шов обечайки в зоне врезки штуцера

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Фланцевое соединение №3

Исходные данные

Название элемента		Фланцевое соединение №3
Сосуд, содержащий рабочую жидкость		1
Плотность рабочей среды, кг/м ³	ρ	1,293
Наличие изоляции		Нет
Контроль затяжки		Нет
Исполнение фланцевого соединения		Плоские
Тип фланцевого соединения		Плоские приварные
Болты/шпильки		Болты
Число болтов/шпилек	n	28
Диаметр болтов/шпилек, мм	d	20
Высота фланца 1, мм	h'	35
Высота фланца 2, мм	h''	35
Диаметр болтовой окружности, мм	D_6	700
Наружный диаметр фланца 1, мм	D_n'	755
Наружный диаметр фланца 2, мм	D_n''	755
Толщина свободного фланца 1, мм	h_k'	35
Толщина свободного фланца 2, мм	h_k''	35
Внутренний диаметр свободного фланца 1, мм	D_k'	614
Внутренний диаметр свободного фланца 2, мм	D_k''	614
Наружный диаметр свободного фланца 1, мм	D_k'	0
Наружный диаметр свободного фланца 2, мм	D_k''	0
Толщина стенки смежного элемента 1, мм	s_s'	12

Толщина стенки смежного элемента 2, мм	s_s''	12
Высота бурта фланца 1, мм	h_1'	0
Высота бурта фланца 2, мм	h_1''	0
Внутренний диаметр фланца 1, мм	D'	630
Внутренний диаметр фланца 2, мм	D''	630
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал фланца (кольца) 1

Название материала Ст3

Материал фланца (кольца) 2

Название материала Ст3

Прокладка

Высота прокладки, мм	h_n	3
Наружный диаметр прокладки, мм	D_{nn}	658
Внутренний диаметр прокладки, мм	D_{nv}	632
Средний диаметр прокладки, мм	D_{cn}	645
Ширина прокладки, мм	b_n	13

Материал болтов

Название материала 35

Материал смежной обечайки 2

Название материала 16ГС

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Переход конический №2

Исходные данные

Название элемента		Переход конический №2
Внутренний диаметр, мм	D	$4 \cdot 10^3$
Внутренний диаметр, мм	D_1	800
Толщина стенки, мм	s	16
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	c_1	1,8
Прибавка для компенсации минусового допуска, мм	c_2	0
Прибавка технологическая, мм	c_3	0
Длина обечайки, мм	L	600
Смещение по горизонтали, мм	X_0	0
Смещение по вертикали, мм	Y_0	0

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Левый узел укрепления

Тип узла соединения	Соединение конической и цилиндрической обечаек с то-роидальным переходом	
Толщина стенки вставки, мм	s_1	16
Длина участка вставки, мм	a_{1D}	60
Длина участка вставки, мм	a_{2D}	60
Длина обечайки, мм	L	$2 \cdot 10^3$
Радиус скругления	r_t	90

вставки, мм

Материал участка 1

Название материала 16ГС

Сварной шов кольца

Коэффициент прочности сварного шва 1

Правый узел укрепления

Тип узла Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра без укрепления

Длина участка вставки, мм a_{1D} 0

Длина участка вставки, мм a_{2D} 0

Длина обечайки, мм L $2 \cdot 10^3$

Сварной шов кольца

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Обечайка цилиндрическая №3

Исходные данные

Название элемента	Обечайка цилиндрическая №3
Сосуд, содержащий рабочую жидкость	1
Плотность рабочей среды, кг/м^3	ρ 1,293
Внутренний диаметр, мм	D 800
Толщина стенки, мм	s 12
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	c_1 1,8
Прибавка для компенсации минусового допуска, мм	c_2 0
Прибавка технологическая, мм	c_3 0
Длина обечайки, мм	L 530
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ 0,4

Материал элемента

Название материала 16ГС

Окружной сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Продольный сварной шов

Коэффициент прочности сварного шва 1

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Фланцевое соединение №4

Исходные данные

Название элемента	Фланцевое соединение №4
Сосуд, содержащий рабочую жидкость	1
Плотность рабочей среды, кг/м^3	ρ 1,293
Наличие изоляции	Нет
Контроль затяжки	Нет
Исполнение фланцевого соединения	Плоские
Тип фланцевого соединения	Приварный встык
Болты/шпильки	Болты
Число болтов/шпилек	n 40

Диаметр болтов/шпилек, мм	d	20
Высота фланца 1, мм	h'	40
Высота фланца 2, мм	h''	40
Длина конической втулки фланца 1, мм	l'	30
Длина конической втулки фланца 2, мм	l''	30
Толщина цилиндрической части втулки фланца 1, мм	s₀'	9
Толщина цилиндрической части втулки фланца 2, мм	s₀''	9
Толщина конической части втулки фланца 1, мм	s₁'	19
Толщина конической части втулки фланца 2, мм	s₁''	19
Диаметр болтовой окружности, мм	D_б	905
Наружный диаметр фланца 1, мм	D_н'	945
Наружный диаметр фланца 2, мм	D_н''	945
Прибавка на коррозию фланца 1, мм	c₁'	0
Прибавка на коррозию фланца 2, мм	c₁''	0
Внутренний диаметр фланца 1, мм	D'	800
Внутренний диаметр фланца 2, мм	D''	800
Длина цилиндрической части втулки фланца 1, мм	l_с	0
Длина цилиндрической части втулки фланца 2, мм	l_с	0
Процент заполнения сосуда (в рабочих условиях)	ξ	0,4

Материал фланца (кольца) 1

Название материала Ст3

Материал фланца (кольца) 2

Название материала Ст3

Прокладка

Высота прокладки, мм	h_п	3
Наружный диаметр прокладки, мм	D_{пн}	841
Внутренний диаметр прокладки, мм	D_{пв}	815
Средний диаметр прокладки, мм	D_{сп}	828
Ширина прокладки, мм	b_п	13

Материал болтов

Название материала 35

Материал смежной обечайки 2

Название материала Ст3

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Додаток Б

**Специфікації до
креслень**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Справ. №		A0			XI.G.00.00.00 СБ	Складальне креслення	1				
		A2			XI.G.00.00.00 СЗ	Схема технологічна	1				
		A1			XI.G.00.00.00 П1	Інформаційні плакати	2				
		A4			XI.G.00.00.00 ПЗ	Пояснювальна записка	97	с.			
Взам. инв. №					<u>Складальні одиниці</u>						
				1	XI.G.01.00.00	Корпус	1				
				2	XI.G.02.00.00	Форсунка	1				
		Инв. № подл.					<u>Деталі</u>				
						3	XI.G.00.00.01	Фланець	1		
						4	XI.G.00.00.02	Фланець	1		
						5	XI.G.00.00.03	Фланець	1		
						6	XI.G.00.00.04	Фланець	2		
						7	XI.G.00.00.05	Лаз ремонтний	2		
						8	XI.G.00.00.06	Люк оглядовий	1		
						9	XI.G.00.00.07	Люк робочий	1		
						10	XI.G.00.00.08	Лапа	4		
						11	XI.G.00.00.09	Прокладка	1		
						12	XI.G.00.00.10	Прокладка	1		
						13	XI.G.00.00.11	Прокладка	1		
		14	XI.G.00.00.12	Прокладка	2						
Подп. и дата					<u>Стандартні вироби</u>						
				15		Болт М18х40					
Подп. и дата					XI.G.00.00.00						
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Инв. № подл.		Разрад.	Вовченко			Сушарка-гранулятор			Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Юхименко						М	К	Р
Инв. № подл.		Н.контр.				СумДУ, ХМмз-91с					
		Утв.	Складінський								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		15		Болт М26×60 ГОСТ 7798-70	40	
		16		Болт М30×70 ГОСТ 7798-70	24	
		17		Болт М30×80 ГОСТ 7798-70	40	
		18		Гайка М18 ГОСТ 5915-70	8	
		19		Гайка М26 ГОСТ 5915-70	40	
		20		Гайка М30 ГОСТ 5915-70	64	
		21		Шайба 18Н ГОСТ 6402-74	8	
		22		Шайба 26Н ГОСТ 6402-74	40	
		23		Шайба 30Н ГОСТ 6402-74	64	
				<u>Материали</u>		
		24		Цегла шамотна маловагова марки ШЛ пряма №3 ГОСТ 8691-58	2,5м ³	
		25		Цегла шамотна маловагова марки ШЛ реброва №38, 39 ГОСТ 8691-58	5 м ³	
		26		Цегла шамотна марки Ш пряма №3 ГОСТ 8691-58	3м ³	
		27		Цегла шамотна марки Ш реброва №38, 39 ГОСТ 8691-58	0,5м ³	
		28		Цегла шамотна марки Ш торцева №19, 20 ГОСТ 8691-58	6м ³	

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дџдл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ХІ.Г.00.00.00

Лист
2

