

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

Кафедра "Хімічної інженерії"

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав.кафедри д-р техн.наук,проф.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему: Виробництво пористої аміачної селітри. Розробити модернізований вихровий гранулятор.

Зі спеціальності 133“Галузеве машинобудування ”

За освітньою програмою “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів ”

Виконавець роботи \_\_\_\_\_ Потапов Д.Р.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

Магістерська робота

Науковий керівник

Захищена на засіданні ДЕК

проф.д.т.н. Склабінський В.И.

з оцінкою: \_\_\_\_\_

науковий ступінь, вчене звання

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

Підпис голови

(заступник голови) комісії

СУМИ 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка с.53, 12рисунків, 2 додатки, 20 літературних джерела.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва пористої аміачної селітри, складальне креслення апарату, складальні креслення вузлів.

Тема роботи: "Виробництво пористої аміачної селітри. Розробити модернізований вихровий гранулятор".

Наведено теоретичні основи і особливості процесу гранулювання пористої аміачної селітри, виконані технологічні розрахунки виробництва, розрахунки основних геометричних розмірів, розрахунки на міцність проектованого апарату, кришки апарату, обґрунтована модернізація вихрового гранулятора, вибір матеріалів для виготовлення апарату. Розглянуто існуючу конструкції устаткування для проведення процесів грануляції, розраховано і вибрано розпилюючий пристрій.

Ключові слова: Вихровий гранулятор, Аміачна селітра, Апарат, Грануляція.

## Зміст

ВСТУП	...5
1 Технологічна частина	....6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	.....6
1.2 Теоретичні основи процесу	....7
1.3 Опис запроєктованого апарата	...12
1.3.1 Модернізація розпилюючого пристрою гранулятора	...16
1.4 Технологічні розрахунки апарата	...17
1.4.1 Матеріальні баланси	...17
1.4.2 Теплові (енергетичні) баланси	...19
1.5 Конструктивні розрахунки апарата	....20
1.6 Визначення гідравлічного опору апарата	...27
1.7 Вибір допоміжного обладнання	...27
2 Розрахунки на міцність та жорсткість	...28
2.1 Вибір конструкційних матеріалів	....28
2.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність	...29
2.2.1. Розрахунок товщини стінки апарату	...29
2.2.2. Розрахунок товщини кришки	...32
2.2.3 Розрахунок фланцевого з'єднання	...33
2.2.4 Розрахунок та вибір опори апарата	...39
3 Будівельно-монтажна частина	
3.1 Монтаж розробленого апарата	...43
3.2 Ремонт апарата	...44
4. Охорона праці	...45

					<i>ПОХНВ.Г.00.00.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Потапов				Виробництво пористої аміачної селітри. Розробити модернізований вихровий гранулятор	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	Склабінський					3	53	
<i>Реценз.</i>						СумДУ ХМ.м-91		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

5. Економічна частина	...49
Висновок	...51
Список літератури	...52
Додатки	

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		4











широкі порожнини, які є серйозними вадами структури гранули. Утворення твердих частинок необхідного розміру при гранулюванні відбувається або миттєво, або поступово. Гранулювання здійснюють з рідкої, твердої, газоподібної фаз, а також з будь-якої їх комбінації. Тому розрізняють процеси гранулювання, що протікають без зміни розмірів частинок у часі, зі зміною розмірів частинок в часі і змішаного типу. Залежно від вимог, що пред'являються до гранулометричного складу продукту, одержувані при гранулюванні дрібні частинки або повертають на переробку (ретурний процес), або не повертають (безретурний процес).

Основні формули взяті з джерел [1],[8].

Для теоретичного опису фізичних процесів та розрахунку технологічних параметрів використовуємо критеріальні рівняння Рейнольдса та Архімеда

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$$

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_B^T \cdot (\rho_P - \rho_B^T) \cdot g}{\mu^2}$$

Узагальнені рівняння Прантля.

$$\frac{u}{H_1} \frac{\partial u}{\partial q_1} + \frac{v}{H_2} \frac{\partial u}{\partial q_2} - \frac{w^2}{H_1 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial q_1} + \frac{1}{H_2} \frac{\partial(\overline{u'v'})}{\partial q_2} + \frac{(\overline{u'v'})}{H_1^2 H_2 H_3} \frac{\partial(H_1^2 H_3)}{\partial q_2} =$$

$$= -\frac{1}{H_1} \frac{\partial p}{\partial q_1} + \frac{1}{Re} \left( \frac{1}{H_2^2} \frac{\partial^2 u}{\partial q_2^2} + \frac{1}{H_1 H_2 H_3} \frac{\partial u}{\partial q_2} \frac{\partial(H_1 H_3 / H_2)}{\partial q_2} \right);$$

$$\frac{\partial p_r}{\partial q_2} = \frac{w^2}{H_3} \frac{\partial H_3}{\partial q_2}$$

$$\frac{u}{H_1} \frac{\partial w}{\partial q_1} + \frac{v}{H_2} \frac{\partial w}{\partial q_2} + \frac{uw}{H_1 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial q_1} + \frac{vw}{H_2 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial q_2} + \frac{1}{H_2} \frac{\partial(\overline{v'w'})}{\partial q_2} + \frac{(\overline{v'w'})}{H_1 H_2 H_3^2} \frac{\partial(H_1 H_3^2)}{\partial q_2} =$$

$$= \frac{1}{Re} \left( \frac{1}{H_2^2} \frac{\partial^2 w}{\partial q_2^2} + \frac{1}{H_1 H_2 H_3} \frac{\partial w}{\partial q_2} \frac{\partial(H_1 H_3 / H_2)}{\partial q_2} + \frac{w}{H_1 H_2} \frac{\partial}{\partial q_2} \left( \frac{H_1}{H_2 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial q_2} \right) \right);$$

$$\frac{1}{H_1 H_2 H_3} \left( u \frac{\partial(H_2 H_3)}{\partial q_1} + v \frac{\partial(H_3 H_1)}{\partial q_2} \right) + \frac{1}{H_1} \frac{\partial u}{\partial q_1} + \frac{1}{H_2} \frac{\partial v}{\partial q_2} = 0,$$

де  $q_1, q_2, q_3$  – осі координат ( $q_1$  – домінуючий напрямок течії),  $u, v, w$  – складові вектора швидкості в поздовжньому, поперечному і окружному напрямках,  $H_1, H_2, H_3$  – коефіцієнти Лямэ,  $p(q_1, q_2, q_3) = p_1(q_1) + p_r(q_1, q_2, q_3)$  – статичний тиск,  $p_1$  – тиск вздовж координати  $q_1$ ,  $p_r$  – поправка, що враховує зміну тиску в поперечному напрямку.

Загальні рівняння Прандтля і замикається рівняння постійності витрати:

$$Q_2 \int_0^{Q_2} u H_2 H_3 dq_2 = const,$$

де  $Q_2$  – координата  $q_2$  на зовнішній стінці каналу.

Гіпотеза Буссинеска для пошуку коеф. в'язкості:

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

$$\overline{u'v'} = -\frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_x}{\nu} \frac{1}{H_2} \frac{\partial u}{\partial q_2}$$

$$\overline{v'w'} = \frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_\phi}{\nu} \left( -\frac{1}{H_2} \frac{\partial w}{\partial q_2} + \frac{\partial H_3}{\partial q_2} \frac{w}{H_2 H_3} \right),$$

де  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості.  
В ядрі потоку розрахунок турбулентної в'язкості ведеться по формулі Клаузера

$$\frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_x}{\nu} = \frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_\phi}{\nu} = 0.0168 \delta^* u_a,$$

де товщина витеснення

$$\delta^* = \int_0^{q_{2w}} (1 - q_t) H_2 dq_2,$$

$$q_t^2 = (u^2 + w^2) / u_a^2,$$

$u_a$  – максимальна поперечна швидкість в перетині каналу  $u$ , м/с.

Біля стінок каналу коефіцієнт  $\nu_x$  і  $\nu_\phi$  розраховується за формулами

$$\frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_x}{\nu} = \frac{q_{2w}}{q_{2w}} I_x^2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial q_2} \right)^2 + \frac{1}{\sigma} \left[ q_2 \frac{\partial}{\partial q_2} \left( \frac{w}{q_2} \right) \right]^2 \right]^{1/2},$$

де  $\sigma = \nu_x / \nu_\phi$ ,

$$I_x = K q_{2w} \ln \left( \frac{q_{2w}}{q_2} \right) \left\{ 1 - \exp \left[ -q_{2w} \ln \left( \frac{q_{2w}}{q_2} \right) (\text{Re } \tau_{xw})^{1/2} / A \right] \right\},$$

$$\frac{1}{\text{Re}} \frac{\nu_\phi}{\nu} = \frac{q_{2w}}{q_{2w}} I_\phi^2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial q_2} \right)^2 + \frac{1}{\sigma} \left[ q_2 \frac{\partial}{\partial q_2} \left( \frac{w}{q_2} \right) \right]^2 \right]^{1/2},$$

$$I_\phi = K q_{2w} \ln \left( \frac{q_{2w}}{q_2} \right) \left\{ 1 - \exp \left[ -q_{2w} \ln \left( \frac{q_{2w}}{q_2} \right) (\text{Re } \tau_{\phi w})^{1/2} / A \right] \right\},$$

$K = 0.41$  – константа Кармана,

$\tau_{xw} = (\partial u / \partial q_2)_w$ ,  $\tau_{\phi w} = (\partial w / \partial q_2)_w$ . – безвимірні навантаження тертя на стінках каналу;

$A$  – поправочний коефіцієнт на градієнт тиску, знаходиться по формулі.

$$A = \frac{26}{\left\{ 1 - 11.8 \left[ u_a \partial u_a / \partial q_1 \right] \right\}^{1/2}}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



утворюється тонка тверда плівка, а надлишкова кількість розчину стікає з гранули.

При подальшому підвищенні температури крапля не розтікається, а інтенсивно випаровується. Утворюються нарости складаються з тонкої, міцної підложки і окремих виступів найрізноманітнішої форми. Повне випаровування краплі відбувається за короткий проміжок часу.

Характер гранулоутворення залежить від кількості тепла, акумульованого гранулою, тобто від її теплоємності і температури. При контакті з гранулою не розчину, а пульпи, що має більш високу температуру, ніж гранула, проходить кристалізація додаткової кількості твердої фази, що зменшує сили зв'язку. Можливі умови при яких уповільнення зростання гранули по поверхні відбувається при зниженні температури самої гранули.

У реальному процесі взаємодія одиничних крапель і гранул ускладнюється можливістю одночасного контакту гранули з декількома краплями, передачі частини рідини з гранули на гранулу при їх терті, обертання гранули, обдування її псевдорозрідженим агентом. Розмір і форма наросту залежать від текучості рідини, тобто від її в'язкості і поверхневого натягу, співвідношення розмірів краплі і гранули, шорсткості і змочуваності її поверхні. Чим більша крапля, більше її плинність, згладжує поверхню гранули, менше інтенсивність видалення рідини, тим більш імовірний ріст гранул по поверхні. Тому знання характеру взаємодії крапель і гранул, хоча і допомагає виявити фактори, що впливають на процес, але не дає однозначного пояснення закономірностей росту гранул у псевдозрідженому шарі і не дозволяє описати тепло - масообмін всього процесу.

### 1.3 Опис запроектованого апарата

Інформація надана джерелами [12],[19].

Проектований вихровий гранулятор псевдозрідженого шару представлений на рисунку 3 Гранулятор виконаний у вигляді вертикального апарату. Корпус апарату являє собою конічну обичайку, виготовлену з листового прокату. Зверху до корпусу гранулятора приєднана еліптична кришка за допомогою фланцевого з'єднання. Нижня частина гранулятора-конічне днище, поєднане з корпусом за допомогою зварювання. Матеріал кришки і днища – листовая сталь. Днище апарату виконує роль газорозподільника. Апарат встановлений на трьох опорах-лапах, приєднаних до корпусу за допомогою зварювання.

Подача розплаву здійснюється форсункою, розташованої всередині гранулятора у верхній його частині.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12











## 1.4 Технологічні розрахунки апарату

### 1.4.1 Матеріальний баланс

Розрахунок ведеться згідно з методикою, наведеною в [3,4,8,9].

$$V = \frac{\pi}{6} \cdot (d_{\Gamma}^3 - d_P^3) \quad (1.1)$$

де  $d_{\Gamma}$  – діаметр гранули після нанесення на неї плівки розплаву; приймаємо  $d_{\Gamma}$  рівним 2,4 мм;

$d_P$  – діаметр гранули ретура; діаметр ретура  $d_P$  рівним 2 мм.

$$V = \frac{3,14}{6} \cdot (0,0024^3 - 0,002^3) = 3,049 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

Маса розплаву аміачної селітри на одній гранулі

$$m_{\text{ПЛ}} = V \cdot \rho_{\text{ПЛ}} \quad (1.2)$$

де  $\rho_{\text{ПЛ}}$  – густина сплаву аміачної селітри, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_{\text{ПЛ}} = x \cdot \rho_B + (1 - x) \rho_{\text{АС}} \quad (1.3)$$

де  $\rho_{\text{АС}}$  – густина аміачної селітри в рідкому стані, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_B$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>;

$x$  – масовий вміст води в плаві аміачної селітри, кг/кг

$$\rho_{\text{ПЛ}} = 0,3 \cdot 1000 + (1 - 0,3)1200 = 1140 \text{ кг/м}^3.$$

$$m_{\text{ПЛ}} = 3,049 \cdot 10^{-9} \cdot 1140 = 3,48 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$$

Об'єм гранули ретура знаходимо як об'єм кулі діаметром 2 мм.

$$V_P = \frac{3,14}{6} 0,002^3 = 4,19 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3.$$

Маса гранули ретура

$$m_P = 4,19 \cdot 10^{-9} \cdot 1725 = 7,23 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$$

де 1725 кг/м<sup>3</sup> – густина аміачної селітри.

Маса отриманої гранули

$$m = 7,23 \cdot 10^{-6} + 3,48 \cdot 10^{-6} = 10,7 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$$

Тоді кількість гранул, вироблено за 1 годину роботи гранулятора при продуктивності 3000 кг/год

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$N = \frac{3000}{10,7 \cdot 10^{-6}} = 2,802 \cdot 10^8 \text{ шт.}$$

Тоді кількість ретура яке необхідно подавати в гранулятор буде дорівнювати

$$G_P = N \cdot m_P \quad (1.4)$$

$$G_P = 2,802 \cdot 10^8 \cdot 7,23 \cdot 10^{-6} = 1608 \text{ кг/год.}$$

Кількість плаву, яку необхідно подавати в гранулятор знайдемо з матеріального балансу

$$G_{ПЛ} = 3000 - 1608 = 1392 \text{ кг/год}$$

Кількість повітря, необхідне для проведення процесу сушіння отриманих гранул визначаємо по рівнянню

$$Q_B = \frac{G_{ПЛ} \cdot x}{(X_1 - X_2)} \quad (1.5)$$

де  $X_1$  і  $X_2$  – вологовміст повітря на вході і виході з гранулятора, кг/кг сухого повітря.

Вологовміст повітря на вході і виході з апарату визначаємо по діаграмі Рамзіна.

Тоді необхідна витрата повітря

$$Q_B = \frac{1392 \cdot 0,3}{(38 - 10) \cdot 10^{-3}} = 15000 \text{ кг/год}$$

Густина повітря при робочій температурі в грануляторі  $100^\circ\text{C}$  знайдемо за формулою

$$\rho_B^T = \rho_B^0 \cdot \frac{273}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (1.6)$$

де  $\rho_B^0$  - густина повітря при н. у., кг/м<sup>3</sup>;

T – робоча температура, К;

P – робочий тиск, МПа.

$$\rho_B^T = 1,293 \cdot \frac{273}{373} \cdot \frac{0,1}{0,1} = 0,95 \text{ кг/м}^3.$$

Об'ємна витрата повітря на процес гранулювання

$$V_B = \frac{Q_B}{\rho_B^T} \quad (1.7)$$

$$V_B = \frac{15000}{0,95} = 15789 \text{ м}^3/\text{год} \text{ или } 4,39 \text{ м}^3/\text{с.}$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 1.4.2 Тепловий (енергетичний) баланс

Розрахунок проводиться за методикою, наведеною в [8].

Перед подачею в гранулятор сушильний агент необхідно підігріти до температури 105°C. Для підігріву будемо використовувати кожухорубчастий теплообмінник. Як гріючий агент будемо використовувати перегрітий пар при температурі 130°C.

Витрата пари, необхідний для нагріву повітря

$$G_{II} = \frac{Q_B \cdot C_B \cdot (t_H - t_K)}{r}$$

Де  $C_B$  – теплоємність повітря, кДж/кг;

$t_K$  – кінцева температура підігрітого повітря, °C;

$t_H$  – початкова температура повітря, °C;

$r$  – питома теплота конденсації водяної пари, (кДж•кг)/°C

$$G_{II} = \frac{4,39 \cdot 1,01 \cdot (105 - 22)}{2179} = 0,17 \text{ кг/с.} \quad (1.8)$$

Визначаємо рушійну силу процесу як середньологарифмічну різницю температур.

$$\Delta t_0 = 130 - 22 = 108 \text{ °C}$$

$$\Delta t_M = 130 - 105 = 25 \text{ °C}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{108 - 25}{\ln \frac{108}{25}} = 56,7 \text{ °C.}$$

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо за формулою:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (1.9)$$

де  $\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря;  $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з боку пара;  $\alpha_2 = 10000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ;

$\delta_{ст}$  - товщина стінки теплообмінних трубок;  $\delta_{ст} = 2 \text{ мм}$ ;

$\lambda_{ст}$  - коефіцієнт теплопровідності стінки.

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{0,002}{43,5} + \frac{1}{10000}} = 29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Необхідну поверхню теплообміну визначимо по рівнянню

$$F_T = \frac{G_{II} \cdot r}{\kappa \cdot \Delta t_{cp}} \quad (1.10)$$

$$F_{II} = \frac{0,17 \cdot 2179 \cdot 10^3}{29 \cdot 56,7} = 225 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник по ГОСТ 15119-79 з діаметром кожуха 1000 мм. довжиною труб 4 м. з поверхнею теплообміну 244 м<sup>2</sup>.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					





$\Delta U$  – різниця вологовмісту плаву аміачної селітри і готового продукту, кг/кг сухого повітря.

Тоді час перебування гранули в апараті

$$\lg \frac{x_{np}}{x} = -0,48 \cdot 10^5 \cdot 3,63 \cdot 10^2 \cdot \tau \cdot 235^{1,72} \cdot \left( \frac{100 - 65}{273 + 100} \right)^{0,7} \cdot \left( \frac{800}{2300 \cdot 0,294} \right)^{-1,1}$$

$$\tau = 0,073 \text{ год}$$

Маса зваженого шару визначається за формулою

$$Q_{cl} = G \cdot \tau \quad (1.19)$$

$$Q_{cl} = 3000 \cdot 0,073 = 219 \text{ кг.}$$

Висота нерухомого шару буде дорівнює

$$H = \frac{Q_{cl}}{\rho_n \cdot S} \quad (1.20)$$

Де  $\rho_n$  - насипна густина аміачної селітри;  
 $S$  – площа поперечного перерізу апарату.

$$H = \frac{219}{826 \cdot 0,48} = 0,552 \text{ м.}$$

Висоту робочої частини апарату знайдемо виходячи з того, що зважений шар повинен знаходитися в робочій зоні.

Висоту робочої частини визначимо за формулою

$$H_p = 5,6 \cdot Re^{0,75} \cdot Ar^{-0,37} \cdot H \quad (1.21)$$

$$H_p = 5,6 \cdot 235^{0,75} \cdot 23785^{-0,37} \cdot 0,552 = 1,92 \text{ м.}$$

Приймаємо висоту внутрішнього конуса 2 м.

Розраховуємо висоту сепараційної зони апарату.

Швидкість вильоту частинок визначимо за формулою

$$V_{\text{ч}} = 0,5 + 1,3 \cdot \lg \frac{w}{w_0} \quad (1.22)$$

$$V_{\text{ч}} = 0,5 + 1,3 \cdot \lg \frac{2,92}{0,73} = 1,28 \text{ м/с.}$$

Максимальна швидкість вильоту частинок

$$V_{\text{ч max}} \approx 3 \cdot V_{\text{ч}} = 3 \cdot 1,28 = 3,85 \text{ м/с.} \quad (1.23)$$

Висота сепараційної зони

						ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

$$H_c = \frac{V_{ч\max}^2}{2 \cdot g} = \frac{3,85^2}{2 \cdot 9,81} = 0,76 \text{ м.} \quad (1.24)$$

Приймаємо висоту сепараційної зони 800 мм.

Висота корпусу апарату буде дорівнює  $2+0,8=2,8$  м.

Ескіз гранулятора наведено на рисунку 1.4

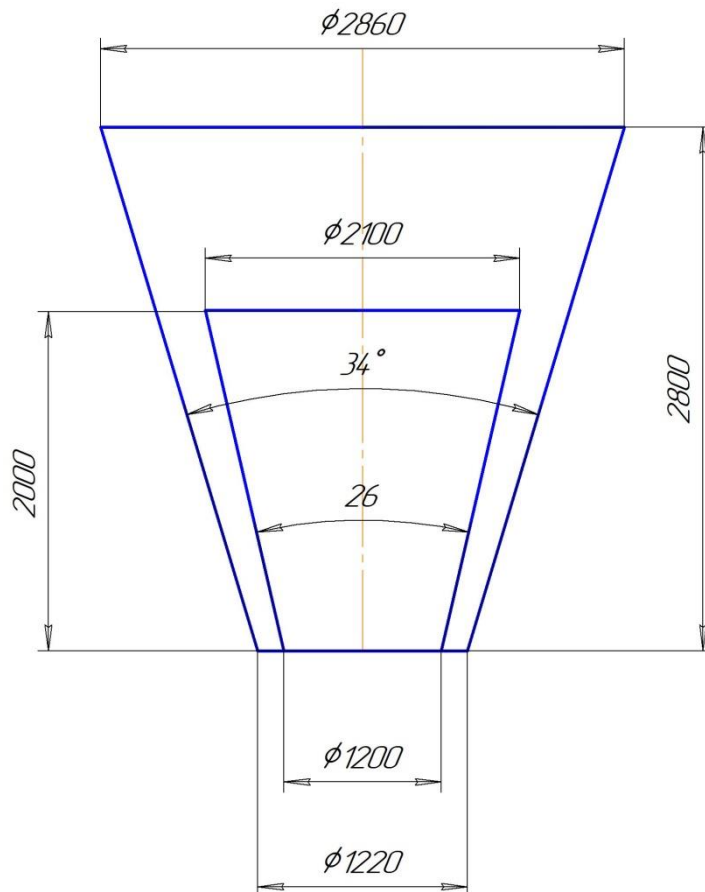


Рисунок 1.4 - Схема гранулятора

Розрахунок розмірів технологічних штуцерів.

Діаметр штуцера розраховуємо за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (1.25)$$

де  $V$  – об'ємна витрата робочого середовища,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $\omega$  – рекомендована швидкість,  $\text{м}/\text{с}$ .

Діаметр патрубку для відводу і підведення повітря

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 39}{3,14 \cdot 20}} = 0,528 \text{ м.}$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Приймаємо патрубок діаметром  $D_y = 500$  мм.

Аналогічно розраховуємо діаметри інших патрубків:

- діаметр патрубка для підведення розплаву аміачної селітри  $D_y = 25$  мм;
- діаметр патрубка для подачі ретурна  $D_y = 250$  мм;
- діаметр патрубка для відводу гранул  $D_y = 250$  мм;

### Розрахунок розпилюючого пристрою

Розрахунок проводиться за методикою, наведеною в [10,11].

Площа каналу для підведення рідини в зону розпилу визначимо за формулою

$$F_{ж} = \frac{m_{ж}}{\mu_{жс} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P_{жс} \cdot \rho_{жс}}} \quad (1.26)$$

де  $m_{ж}$  – секундна витрата рідини в форсунку, кг/с;

$\mu_{жс}$  - коефіцієнт витрати при підводі в форсунку рідини;

$\Delta P_{жс}$  – перепад тиску перед входом рідини в форсунку і після виходу з неї, МПа;

$\rho_{ж}$  - густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

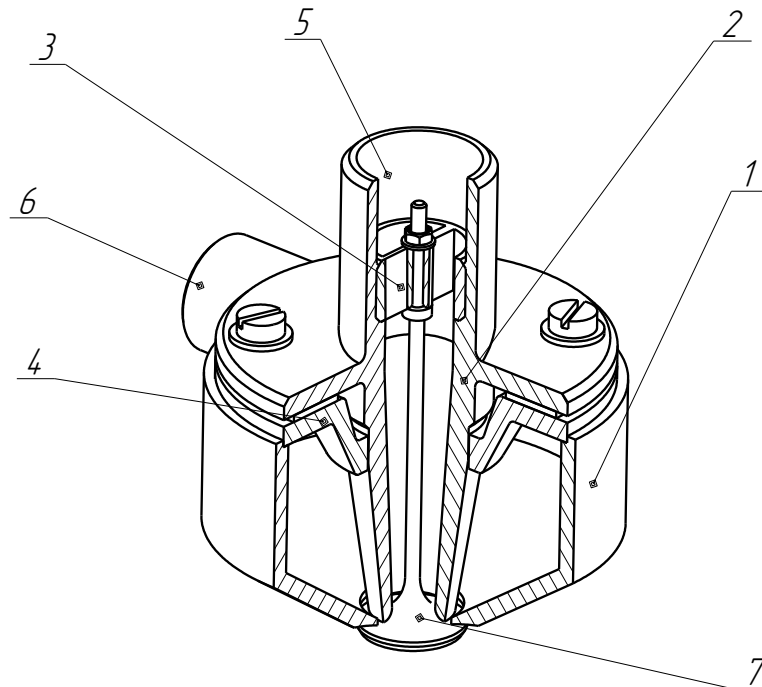
Співвідношення динамічних напорів повітря і плаваючих

$$\beta = \frac{2 \cdot \varphi_{ск}^2 \cdot \Delta P_{жс}}{\rho_{Г} \cdot \omega_{Г,Н}^2}, \quad (1.27)$$

де  $\varphi_{ск}$  - коефіцієнт швидкості,  $\varphi_{ск} = 0,8$ ;

$\rho_{Г}$  - густина повітря в форсунку, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega_{Г,Н}$  - швидкість повітря в форсунці, м/с.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



## Рисунок 1.5 - Ескіз форсунки

Густина газу в форсунку визначимо з виразу

$$\rho_{\Gamma} = 34,8 \cdot \varepsilon \cdot \frac{P_{BX}}{\kappa_{сж} \cdot T_{BX}}, \quad (1.28)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, який для критичного режиму руху газу в форсунці дорівнює 1;

$\kappa_{сж}$ -коефіцієнт стискуваності;

$P_{BX}$ -тиск повітря на вході в форсунку, МПа;

$T_{BX}$ -температура повітря на вході в форсунку, К.

$$\rho_{\Gamma} = 34,8 \cdot 1 \cdot \frac{20}{0,99 \cdot 300} = 2,31 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

$$\omega_{\Gamma.H} = 18,3 \cdot \lambda \cdot \sqrt{T_{BX}}, \quad (1.29)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт, що характеризує режим руху повітря у форсунки, для критичного режиму  $\lambda = 1$ ;

$$\omega_{\Gamma.H} = 18,3 \cdot 1 \cdot \sqrt{300} = 317 \text{ м} / \text{с}.$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 0,8^2 \cdot 40 \cdot 10^4}{2,31 \cdot 317^2} = 2,75$$

За графіком визначаємо коефіцієнт витрати рідини  $\mu_{ж} = 0,57$ .

Тоді площа прохідного каналу для подачі рідини

$$F_{ж} = \frac{0,42}{0,57 \cdot \sqrt{2 \cdot 40 \cdot 10^4 \cdot 1120}} = 24,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 24,6 \text{ мм}^2.$$

Рідина підводиться по кільцевому каналу між стінками осердя а і дефлектора. Приймаємо Діаметр стрижня дефлектора рівним половині діаметра каналу для підведення рідини, тоді Діаметр каналу в осерді обчислимо за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ж}}{\pi \cdot 0,75}} \quad (1.30)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 24,6}{3,14 \cdot 0,75}} = 6,89 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр каналу для підведення рідини рівним 8 мм.

Площа каналу для підведення газу визначимо за формулою

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$F = \frac{m_{Г.ж} \cdot \sqrt{T_{ex}}}{4,03 \cdot 10^3 \cdot \varepsilon_z \cdot \mu_{Г} \cdot q \cdot P_{ex}}, \quad (1.31)$$

де  $m_{Г.ж}$  – масова витрата газу при подачі одночасно рідини і газу, кг/с;  
 $\mu_{Г}$  – коефіцієнт витрати газу;  
 $\varepsilon_z$  – коефіцієнт захарашення.

$$m_{Г.ж} = \frac{m_{ж} \cdot (1 - \alpha)}{\alpha} \quad (1.32)$$

де  $\alpha$  – відносна витрата рідини; приймаємо 0,77.

$$m_{Г.ж} = \frac{0,42 \cdot (1 - 0,77)}{0,77} = 0,126 \text{ кг/с.}$$

Коефіцієнт захарашення визначаємо за графіком в залежності від параметра А.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot C \cdot \left(1 - \frac{\omega}{\omega_{Г.Н}}\right) \cdot \sqrt[3]{b_1^2} \quad (1.33)$$

Де С – коефіцієнт, що залежить від  $\alpha$  і визначається за графіками. Для  $\alpha = 0,77$ ,  $C = 2$ ;

$\omega$  – швидкість струменя, м/с.

$$\omega = \varphi_{СК} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{ж}}{\rho_{ж}}}$$

$$\omega = 0,8 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 40}{1,12}} = 57 \text{ м/с.}$$

параметр  $b_1$  визначаємо за формулою

$$b_1 = \frac{60}{\pi} \cdot q \cdot \frac{\mu_{Г} \cdot P_{ВХ}}{\rho_{ж} \cdot \omega \cdot \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \cdot \sqrt{T_{ВХ}}} \quad (2.34)$$

$$b_1 = \frac{60}{3,14} \cdot 1 \cdot \frac{0,95 \cdot 20}{1,120 \cdot 57 \cdot \left(\frac{1}{0,77} - 1\right) \cdot \sqrt{300}} = 0,11$$

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{57}{317}\right) \cdot \sqrt[3]{0,11^2} = 0,295$$

За графіками визначаємо  $\varepsilon_z = 0,8$

Визначаємо перетин каналу для підведення повітря в зону розпилу.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26







Так як робоче середовище в апараті корозійно активне, доцільно використовувати для виготовлення корпусу апарату леговану сталь. За рекомендацією вибираємо сталь 15X25Т.

Для сталі 15X25Т при робочій температурі  $100^{\circ}\text{C}$   $[\sigma] = 152\text{ МПа}$

Тиск гідровипробування

$$P_{\text{И}} = \max \{1,5 \cdot 0,1 \cdot 160/152; 0,2\} = 0,2\text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина корпусу гранулятора визначається зі співвідношення.

$$S_{\text{P}} = \max \{S_{\text{R}}; S_{\text{И}}\}, \quad (2.2)$$

де  $S_{\text{R}}$  – розрахункова товщина стінки при робочих умовах;

$S_{\text{И}}$  – розрахункова товщина стінки за умов гідровипробувань.

Розрахункову товщину стінки для конічної обичайки можна визначити за формулою.

$$S = \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_i - P_i \cos \alpha} \cdot 1 \quad (2.3)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт міцності зварних швів;

$P_i$  - розрахунковий тиск;

$[\sigma]_i$  - розрахункова допустима напруга;

$\alpha$  - кут конуса обичайки.

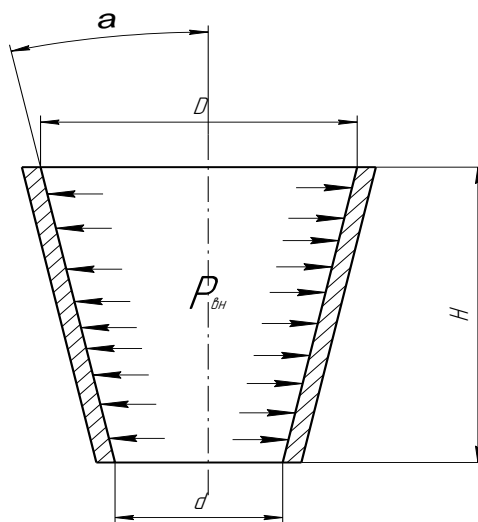


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема конічної обичайки

Для умов гідровипробувань допустима напруга.

$$[\sigma]_{\text{И}} = \sigma_{\text{T}}/1,1 = 220/1,1 = 181\text{ МПа.} \quad (2.4)$$

Знаходимо розрахункову товщину стінки при робочих умовах.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$S_R = \frac{0,1 \cdot 2800}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,1} \cdot \frac{1}{\cos 17} = 1,07 \text{ мм.}$$

при умовах гідровипробувань

$$S_{II} = \frac{0,2 \cdot 2800}{2 \cdot 181 \cdot 0,9 - 0,2} \cdot \frac{1}{\cos 17} = 1,79 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки конічної обичайки

$$S_p = \max \{1,07; 1,79\} = 1,79 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину стінки апарату рівну  $S = 3$  мм, враховуючи надбавку на корозію  $0,1$  мм.

Розрахунок товщини стінки газорозподільного пристрою.

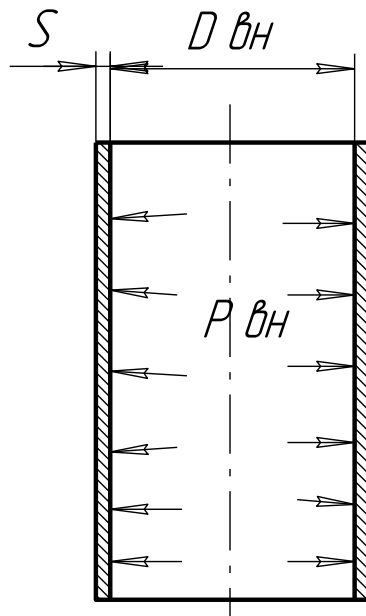


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема циліндричної обичайки

Розрахункова товщина циліндричної обичайки визначається зі співвідношення (3.3)

Розрахункову товщину стінки для циліндричної обичайки можна визначити за формулою

$$S = \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_i - P_i}, \quad (2.5)$$

при робочих умовах

$$S_R = \frac{0,1 \cdot 1200}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,45 \text{ мм.}$$

при умовах гідровипробувань

$$S_{II} = \frac{0,2 \cdot 1200}{2 \cdot 181 \cdot 0,9 - 0,2} = 0,73 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки

$$S_p = \max \{1,07; 1,79\} = 1,79 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину стінки газорозподільного апарату, з урахуванням надбавки на корозію 0,1 мм, рівну  $S = 3 \text{ мм}$ .

### 2.2.2 Розрахунок товщини кришки

Розрахунок кришки будемо проводити як еліптичне днище.

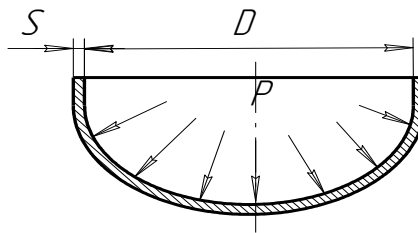


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема еліптичного днища

Розрахункова товщина стінки еліптичного днища визначається зі співвідношення

$$S_p^{\ominus} = \max \{S_R^{\ominus}; S_{II}^{\ominus}\}, \quad (2.6)$$

де  $S_R^E$  – розрахункова товщина стінки еліптичного днища при робочих умовах;  $S_{II}^{\ominus}$  – розрахункова товщина стінки еліптичного днища при умовах гідровипробувань.

Розрахункову товщину стінки для еліптичного днища можна визначити за формулою

$$S^{\ominus} = \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_i - 0,5 \cdot P_i}, \quad (2.7)$$

при робочих умовах

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32







Коефіцієнти

$$\begin{aligned}\psi_1 &= 0,027 && [12, \text{с.} 267, \text{рис.} 13.15]; \\ \lambda &= 0,38 && [12, \text{с.} 267, \text{рис.} 13.14];\end{aligned}$$

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 0,027 \cdot 35^2)]^{-1} = 0,07.$$

Кутова податливість фланця:

$$y_\phi = \frac{[1 - \omega(1 + 0,9\lambda)]\psi_2}{h^3 \times E_\phi}, \quad (2.14)$$

Де  $\psi_2 = 40$  [12, с. 268, рис. 13.17];

$E_\phi = 2,15 \cdot 10^5$  МПа – модуль поздовжньої пружності матеріалу фланця;

$$y_\phi = [1 - 0,07(1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 40 / (0,065^3 \cdot 2,15 \cdot 10^5) = 0,146 \text{ 1/(МН}\cdot\text{м)}.$$

Лінійна податливість прокладки:

$$y_\pi = s_\pi / (\pi \cdot D_{\pi, \text{ср}} \cdot b_\pi \cdot E_\pi), \quad (2.15)$$

де  $E_\pi = 2000$  МПа - модуль поздовжньої пружності матеріалу прокладки;

$$y_\pi = 0,002 / (3,14 \cdot 2,848 \cdot 0,02 \cdot 2000) = 5,59 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН}.$$

Розрахункова довжина болта:

$$l_\sigma = l_{\sigma, \text{о}} + 0,28d, \quad (2.16)$$

де  $l_{\sigma, \text{о}}$  – довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки, мм;

$$l_{\sigma, \text{о}} = 2h_\phi + \Delta h_\phi \quad (2.17)$$

$$l_{\sigma, \text{о}} = 2 \cdot 105 + 2 \cdot 3 = 216 \text{ мм}.$$

$$l_\sigma = 216 + 0,28 \cdot 27 = 223,6 \text{ мм}.$$

Лінійна податливість болтів:

$$y_\sigma = l_\sigma / (E_\sigma \cdot f_\sigma \cdot z_\sigma), \quad (2.18)$$

де  $E_\sigma$  – модуль поздовжньої пружності матеріалу болта,  $E_\sigma = 2 \cdot 10^5$  МПа.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



$$Q_t = \gamma z_{\sigma} f_{\sigma} E_{\sigma} (\alpha_{\phi} t_{\phi} - \alpha_{\sigma} t_{\sigma}), \quad (2.26)$$

де  $t_{\phi}$  - температура фланця,

$$t_{\phi 1} = t_{\phi 2} = t = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.27)$$

$t_{\sigma}$  - температура болта,

$$t_{\sigma 1} = 0,97 \cdot t_{\phi} \quad (2.28)$$

$$t_{\sigma 1} = 0,97 \cdot 100 = 97 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$\alpha_{\phi}, \alpha_{\sigma}$  - коефіцієнти температурного лінійного розширення фланця і болта,  $1/^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\alpha_{\phi} = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ ;  $\alpha_{\sigma} = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_t = 0,117 \cdot 88 \cdot 4,45 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^5 (16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 100 - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 97) = 0,49 \text{ МН}.$$

$$P_{\sigma 2} = 2,03 + 0,64 + 0,49 = 3,16 \text{ МН}.$$

Умова міцності болтів визначається за формулою:

- в умовах монтажу

$$P_{\sigma 1} / (z_{\sigma} \cdot f_{\sigma}) \leq [\sigma_{\sigma}]^{20} \quad (2.29)$$

- в робочих умовах

$$P_{\sigma 2} / (z_{\sigma} \cdot f_{\sigma}) \leq [\sigma_{\sigma}]^{97} \quad (2.30)$$

де  $[\sigma]_{\sigma}^{20}$  - межа міцності для матеріалу болтів при температурі  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $[\sigma]_{\sigma}^{20} = 130 \text{ МПа}$ ;

$[\sigma]_{\sigma}^{97}$  - межа міцності для матеріалу болтів при температурі  $97 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $[\sigma]_{\sigma}^{97} = 126 \text{ МПа}$

$$2,03 / (88 \cdot 4,45 \cdot 10^{-4}) = 51,8 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа}. \text{ умова виконується}$$

$$3,16 / (88 \cdot 4,45 \cdot 10^{-4}) = 80,69 \text{ МПа} < 126 \text{ МПа}; \text{ умова виконується}$$

Умова міцності неметалевої прокладки (з пароніту) визначається за формулою:

$$P_{\sigma 1} / (\pi \cdot D_{\text{п.ср}} \cdot b_{\text{п}}) \leq [q], \quad (7.38)$$

де  $[q] = 130 \text{ МПа}$  [21, с.265, табл. 13.28]

$$2,03 / (3,14 \cdot 2,848 \cdot 0,02) = 11,35 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа}; \text{ умова виконується}.$$

Приведені згинальні моменти:

$$M_{\sigma 1} = 0,5 \cdot P_{\sigma 1} (D_{\sigma} - D_{\text{п.ср}}),$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37





Для проектуваного гранулятора приймаємо 3 опори-лапи, тому що це мінімальне число опор, що забезпечує стійкість апарату. Згідно [12, с. 274, табл.14.1] приймаємо опори з наступними характеристиками (ескіз опори і розташування опор на апараті наведені на рисунку 2.5 та 2.6):

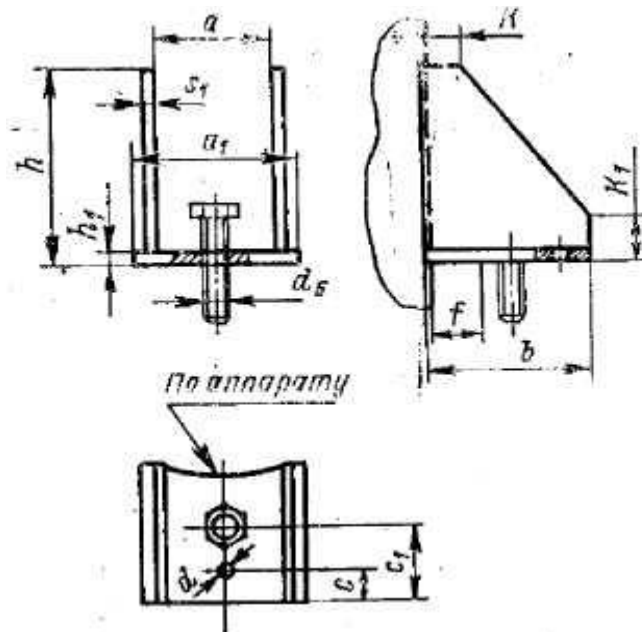


Рисунок 2.5 - Опора-лапа

$Q=10$  кН;  
 $a=90$  мм;  
 $a_1=115$  мм;  
 $b=115$  мм;  
 $c=20$  мм;  
 $c_1=85$  мм;  
 $h_1=14$  мм;  
 $s_1=6$  мм;  
 $K=20$  мм;  
 $K_1=30$  мм;  
 $d=24$  мм;  
 $h=170$  мм;  
 $f_{\max}=0$  мм.

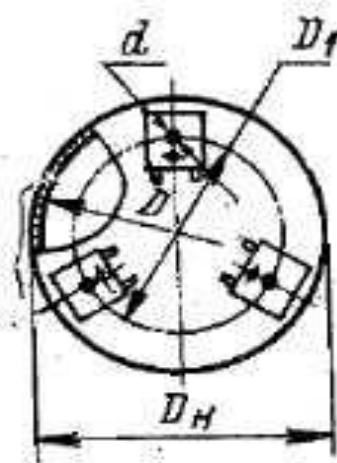


Рисунок 2.6 - Схема розташування опор

Перевірка міцності стінки вертикального апарату під опорою-лапою без накладного листа.

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ



Осьова напруга від внутрішнього тиску Р визначається за формулою:

$$\sigma_{m0x} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot s_0}, \quad (2.43)$$

де  $S_0$  – товщина стінки в кінці терміну служби,

$$S_0 = S - C \quad (2.44)$$

$$S_0 = 3 - 1 = 2 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{m0x} = 0,2 \cdot 2,8 / (4 \cdot 0,002) = 70 \text{ МПа.}$$

Окружна напруга від внутрішнього тиску Р визначається за формулою:

$$\sigma_{m0y} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot s_0}, \quad (2.45)$$

$$\sigma_{m0y} = 0,2 \cdot 2,8 / (2 \cdot 0,002) = 140 \text{ МПа.}$$

Максимальна мембранна напруга від основних навантажень визначається зі співвідношення

$$\sigma_{m0} = \max \{ \sigma_{m0x}; \sigma_{m0y} \}, \quad (2.46)$$

$$\sigma_{m0} = \max \{ 70; 140 \} = 140 \text{ МПа.}$$

Максимальна мембранна напруга від основних навантажень і реакції опори визначається за формулою

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm \frac{K_1 \cdot Q \cdot e}{(D \cdot s_0^2)}, \quad (2.47)$$

де  $K_1$ -коефіцієнт, приймається згідно [12, с. 292, рисунок 14.6]

$$\gamma = D / (2 \cdot s_0) \quad (2.48)$$

$$\gamma = 2,8 / (2 \cdot 0,002) = 700.$$

$$h/D = 0,17 / 2,8 = 0,06. \quad (2.49)$$

$$K_1 = 3,7.$$

$$e = 0,5 \cdot (b + f_{\max} + s_0), \quad (2.50)$$

$$e = 0,5 \cdot (0,115 + 0,03 + 0,002) = 0,07 \text{ м.}$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$\sigma_m = 140 + [3,7 \cdot 24525 \cdot 0,07 / (2,8 \cdot 0,002^2)] = 267 \text{ МПа.}$$

Максимальна напруга вигину від реакції опори визначається за формулою:

$$\sigma_u = \frac{K_2 \cdot Q \cdot e}{(h \cdot s_0^2)}, \quad (2.51)$$

де  $K_2$ -коефіцієнт, приймається по [12, с.292, рисунок 14.7];  $K_2=0,75$

$$\sigma_u = [0,75 \cdot 24525 \cdot 0,07 / (0,17 \cdot 0,002^2)] = 593 \text{ МПа.}$$

Умова міцності має вигляд

$$\left( \frac{\sigma_m}{\sigma_T} \right)^2 + \frac{0,8}{A} \cdot \frac{\sigma_u}{\sigma_T} \leq 1, \quad (2.52)$$

де  $A$  – параметр, для експлуатаційних умов  $A = 1,0$ , а для умов транспортування, монтажу та гідравлічних випробувань  $A = 1,2$ ;

$$\sigma_T = 228 \text{ МПа.}$$

$(267/228)^2 + (0,8/1,2) + (593/228) \geq 1$  - умова міцності не виконується, тому необхідно застосувати накладної лист.

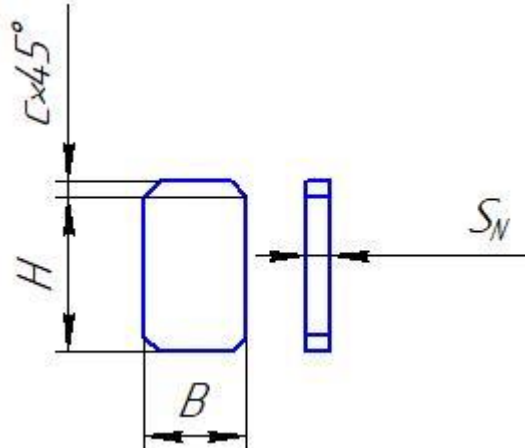
Товщина накладного листа визначаємо за формулою:

$$s_n = \sqrt{\frac{K_5 \cdot Q}{(A \cdot \sigma_T)}}, \quad (2.53)$$

де  $K_5$ -коефіцієнт, приймається згідно [12, с.294, рисунок 14.10];  $K_5=0,35$ .

$$S_n = [0,35 \cdot 24525 \cdot 10^{-6} / (1,2 \cdot 228)]^{1/2} = 0,0056 \text{ м.}$$

Округляємо  $S_n$  до найближчого більшого стандартного значення приймаємо  $S_n = 6 \text{ мм.}$  [12, с. 276, табл. 14.2].



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ

Лист

42

## Рисунок 2.7 - накладний лист

Основні розміри накладного листа:

B=150 мм;  
H=250 мм;  
c=12 мм.

### 3. Будівельно-монтажна частина

#### 3.1 Монтаж розробленого апарата

Компонування обладнання і рішення монтажу є однією з відповідальних і важких робіт з проектування. При виборі варіанта компонування технологічного обладнання необхідно враховувати особливості технологічного процесу і властивості вихідної сировини і продукту виробництва.

При розміщенні обладнання враховують такі технологічні вимоги:

- раціональне рішення внутрішньозаводського транспорту
- зручність обслуговування устаткування і можливість демонтажу апаратів та їх деталей при ремонтах;

- забезпечення максимально коротких трубопроводів між апаратами;

При цьому слід дотримуватися будівельних норм, вимог природної освітленості, правил і норм з техніки безпеки та охорони праці, санітарних та протипожежних норм.

Пориста аміачна селітра відрізняється великою гігроскопічністю, що є однією з причин її злежування. Під злежування аміачної селітри зазвичай розуміють втрату її сипучості при зберіганні. Чиста аміачна селітра внаслідок високої гігроскопічності здатна до злежуваності при зберіганні внаслідок значної зміни її розчинності і модифікаційних перетворень при температурних перепадах. Одночасно зменшується і міцність гранул. Для забезпечення транспортування сипучих матеріалів без застосування додаткового обладнання і створення нормальних умов протікання процесу охолодження отриманих гранул аміачної селітри технологічне обладнання буде розташовано в два поверхи одне над іншим.

Основні розміри проекрованої будівлі приймаємо зі стандартного ряду розмірів. Монтажна рама будується у вигляді прямокутника. Крок колон для проекрованої будівлі прийнята сітка колон 18х6 метрів. Висота першого поверху приймається рівною 6 м, другого - 4,8 м. Стандартні плити перекриття довжиною 6 м укладаються на ригелі. Для організації міжповерхового перекриття приймаємо стандартні збірні залізобетонні балкові перекриття, які складаються з ригелів і плит перекриття. Балкове перекриття укладається на полиці колон. Колони крайніх рядів (пристінні) мають односторонні консолі, а середні двосторонні консолі для обпирання ригелів. У крайніх колонах передбачені заставні металеві літали для кріплення стін і ригелів. Будівля опалюється, передбачено аварійне опалення на випадок зупинки заводу. Зв'язкові колони мають заставні металеві літали для кріплення ригелів. Для

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43













витоку парою через нещільності. При перекачуванні гарячої рідини передбачається система охолодження деталей насоса, а також спеціальні заходи захисту обслуговуючого персоналу від опіків.

## 5 Економічна частина

Формули та методика рішення взято з методичних вказівок[15].

Основними економічними показниками при проектуванні нового обладнання є собівартість. При розрахунку собівартості проектного гранулятора в якості аналога для порівняння взято гранулятор, що випускається фірмою ArtMash, масою 1500 кг і його ціна складає 375000 грн. Економічна ефективність досягається за рахунок більш низької собівартості матеріалу конструкції з зарубіжними аналогами. При цьому зменшується собівартість гранулятора.

Розрахунок матеріальних витрат

З огляду на різницю в масі гранулятора, який проектується, і аналога величину матеріальних витрат розраховуємо за формулою

$$C_M^o = M^o / G^o$$

де  $M$  – вартість сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів у собівартості конструкції-аналога, грн;

$G$  – маса конструкції-аналога, кг.

Величина  $M$  визначається відповідно до калькуляції собівартості конструкції-аналога підприємства-виробника.

Маса гранулятора складає 1500 кг,

$$C_M^o = \frac{40500}{1500} = 27 \text{ грн/кг}$$

Розрахункова маса становить 1420 кг. Тоді прямі матеріальні витрати складуть

$$M_o = 27 * 1420 = 38340 \text{ грн.}$$

Розрахунок трудомісткості і основної заробітної плати

Трудомісткість робіт з виготовлення базового гранулятора становить 1200 нормо-годин.

Коефіцієнти, які враховують різницю в новизні та складності конструкції, яка проектується, і базової моделі береться згідно з методичними вказівкам 1,15 та 1,1 відповідно.

Тоді трудомісткість

$$T = 1200 * 0,85 * 1,15 * 1,1 = 1015 \text{ норм – год}$$

Середньогодинна тарифна ставка робіт становить

$$C_{\text{ч}}^o = \frac{30280}{1015} = 30 \text{ грн/норм-год}$$

Розрахунок непрямих витрат

Витрата на інструменти – 30 % від основної заробітної плати

$$30280 * 0,30 = 9084 \text{ грн.}$$

Витрата на підготовку і освоєння виробництва – 35 % від основної заробітної плати

$$30280 * 0,35 = 10598 \text{ грн.}$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Витрата на утримання та експлуатацію устаткування – 260 % від основної заробітної плати

$$30280 \cdot 2,6 = 78728 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати – 90 % від основної заробітної плати

$$30280 \cdot 0,9 = 27252 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості

Виробнича собівартість дорівнює сумі витрат на сировину і матеріали, заробітної плати виробничих робітників, відрахувань, витрат

$$C = 38340 + 9084 + 10598 + 78728 + 27252 = 164000 \text{ грн}$$

Загальногосподарські витрати становлять 134,7 % від основної заробітної плати

$$30280 \cdot 1,347 = 40787 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати складають 4 % від виробничої собівартості  
 $164000 \cdot 0,04 = 6560 \text{ грн.}$

Сукупність вищенаведених витрат становить повну собівартість

$$164000 + 40787 + 6560 = 212000 \text{ грн.}$$

Визначення оптової ціни

Плановий прибуток становить 25 % від повної собівартості

$$212000 \cdot 0,25 = 53000 \text{ грн.}$$

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

## Висновок

Під час виконання магістерської роботи був спроектований вихровий гранулятор для гранулювання пористої аміачної селітри.

В ході проектування були виконаний технологічний розрахунок, а саме:

- матеріальний і тепловий баланси процесу;
- технологічний розрахунок апарату;
- конструктивний розрахунок апарату.

Також в роботі виконані розрахунки на міцність гранулятора за допомогою програми "Компас 3Д"

Було розраховано і вибрано допоміжне обладнання - ємність для аміачної селітри та насос для подачі розплаву аміачної селітри у штуцер гранулятора.

Також наведені основні вказівки до експлуатації апарату та його ремонту. За допомогою методичних вказівок розраховано плановий прибуток від розробленого апарату и вказані основні правила техніки безпеки при роботі з гранулятором.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

## Список літератури

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1973. – 754с.
2. П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. Гранулирование.- М.: Химия, 1991.- 240 с.: ил.
3. Генералов М.Б., Классен П.В., Степанова А.Р., Шомин И.П. Расчёт оборудования для гранулирования минеральных удобрений М.: Машиностроение, 1984.-192 с., ил.
4. Кочетков В. Н. Гранулирование минеральных удобрений. М.: Химия, 1975. – 244 с.
5. Псевдооживление. Подред. И. Давидсона и Д. Харрисона. Пер. с англ. В. Г. Айнштейна, Э. Н. Гельперина, В.Л. Новобратского под ред. проф. Н.И. Гельперина. М., "Химия", 1974.
6. Куни Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдооживление. США, 1969. Пер. с англ. под ред. М. Г. Слинько и Г. С. Яблонского. М., «Химия», 1976.
7. Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Изд-во "Химия", 1968.
8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
9. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: Учеб. Для вузов. – 5-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1983. – 336с., ил.
10. Пажи Д.Г., Прахов А.М., Равикович Б.Б. Форсунки в химической промышленности. М.: Химия 1971. – 220с.
11. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. М.: Химия, 1984. – 253с.
12. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981.— 382 с, ил.  
В пер.: 1 р. 50 к.
13. Ануриев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т.1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 728с., ил.
14. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 32 с.
15. Дегтяренко О.Г. 4107 Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів [Текст]: для студ. спец. 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання / О. Г. Дегтяренко, Т. І. Шевченко. — Суми : СумДУ, 2016. — 40 с.
16. Охрана труда, техника безопасности и пожарная профилактика на предприятиях химической промышленности – М. : Химия, 1976, – 440 с.
17. Линецкий В. А. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е.Я. Юдина / В. А. Линецкий, В. И. Пряников: – М. : Машиностроение, 1989, – 365 с
18. Минович М.А. Производство аммиачной селитры- 2-е изд., перераб. И доп. – М. Химия, 1974.-240с.

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

19. База патентів України. Вихровий гранулятор. Патент 112021. Автори: Іванія Андрій Вікторович, Артюхов Артем Євгенович  
20. <https://spray-expert.ru/brands/forsunki-dvukhvaznogo-raspyleni>

					ПОХНВ.Г. 00.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53