

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

Кафедра "Хімічної інженерії"

Кваліфікаційна робота магістра

**Зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування освітня програма
«Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних
матеріалів»**

Тема роботи: Установка виробництва мінеральних добрив. Розробити та
модернізувати тарілчастий гранулятор

Виконав:
студент групи ХМ.м-01
Нічволодін К.В

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

" ____ " _____ 2021р.

Керівник:
Скиданенко М.С
кандидат технічних наук

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

СУМИ 2021

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 53 с., табл.9, 7 рис., 16 літературних джерел,

Графічні матеріали: Технологічна схема виробництва, складальне креслення апарата, креслення складальних одиниць, креслення одиниць, всього 4,5 аркуші формату А1

Тема проекту: «Установка виробництва мінеральних добрив. Розробити та модернізувати тарілчастий гранулятор»

Об'єктом досліджень є тарілчастий гранулятор для отримання гранул мінеральних добрив в високотемпературному режиму.

Ціль роботи – визначити перспективність технології і напрацювання партій аміачної селітри і карбаміду для сільськогосподарських іспитів.

При проведенні робіт використовувались стандартні прибори і методи математичного моделювання.

В результаті чого проведення досліджень підтверджена працездатність високотемпературний спосіб грануляції, напрацьовані партії гранул карбаміду, аміачної селітри, оптимальних параметрів ведення процесу.

Ключові слова: ТАРЛІЧАСТИЙ ГРАНУЛЯТОР, ГРАНУЛИ, ПРОЦЕС ГРАНУЛЮВАННЯ, ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД, ФОРСУНКА.

Зміст

ВСТУП	6
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ	7
1.1 Виробництво карбаміду	7
1.2 Використання карбаміду в сільськогосподарських цілях	9
1.3 Переваги та недоліки використання карбаміду	10
Висновки щодо літературного огляду	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1 Опис технологічної схеми	12
2.2 Теоретичні основи процесу	13
2.3 Опис конструкції проектованого апарату	16
2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарату	19
2.5 Розрахунок розпилювачів	24
2.6 Вибір допоміжного обладнання	26
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	27
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	27
3.2 Перевірочний розрахунок на міцність тарілки гранулятора	28
3.3 Розрахунок на міцність вихідного валу	30
3.4 Розрахунок муфти	35
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	37
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	37
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	39
5 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	44

					XI.T.00.00.00. ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нічволодін</i>			Тарілчастий гранулятор Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Провір.</i>		<i>Скиданенко</i>					4	50
<i>Реценз.</i>						СумДУ, гр.ХМ.м-01/1		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

5.1	Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу	44
5.2	Розроблення системи автоматизованого керування роботою обладнання	45
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	47
6.1	Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва	47
6.2	Розрахунок потенційно небезпечного фактору	48
	Висновки	51
	Список літератури	53
	Додаток А (Специфікації креслень)	
	Додаток Б (Розроблення методики досліджень та визначення критеріїв оптимізації)	
	Додаток В (Результати теоретичних та експериментальних досліджень)	

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

ВСТУП

В ході аналізу вітчизняних і закордонних літературних, інтернет джерел з'ясувалось що збільшення потреби в агропромисловому комплексі в азотовмісних мінеральних добривах і потребує постійного збільшення їх виробництва. Однак, з цим і збільшується негативний вплив туків на навколишнє середовище, внаслідок цього вимиваються поживні речовини із ґрунтів та їх газоподібні втрати.

Основні шляхи зниження цих витрат являє собою сповільнення швидкості розчинення гранульованих добрив в ґрунті за допомогою нанесення покриття, створеним спеціальними повільнорозчинними азотних добрив складного хімічного складу, а також збільшення розміру гранул та міцності, що дає змогу досягти ефекту пролонгування.

Один із шляхів підняття ефективності це використання мінеральних добрив у вигляді гранул діаметром 7-10 мм, які по оцінкам літературних джерел збільшують урожайність сільськогосподарських культур на 10 – 30 % і при цьому зменшують витрати азоту.

Однак, в ході дослідження питань добрив підтверджують закордонні спеціалісти прибавку врожайності ряд сільськогосподарських культур. [1]

Для того щоб, підняти ефективність застосовують так званий процес гранулювання який дає змогу перетворити порошок в гранули.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1.1 Виробництво карбаміду

На ринку технологій для створення нових потужностей є різні модифікації стріпінг-процесу, що відрізняються переважно апаратним оформленням вузла синтезу. Зарубіжні фірми пропонують сьогодні установки потужністю переважно від 1000 до 2000 і навіть 3000 т/добу. Всі ці технології знаходяться приблизно на одному рівні за ступенем використання сировини, відрізняються різними рішеннями з апаратного оформлення, конструкційних матеріалів, що застосовуються, технологічним прийомом, що дозволяє мінімізувати рівень енергоспоживання. Так, наприклад, фірма «Стамікарбон» пропонує реактор синтезу затопленого типу, комбінований із конденсатором високого тиску. В агрегатах фірми ТЕС стадії синтезу та наступні стадії об'єднані за теплом, що дозволяє знизити енергоспоживання. ВАТ «НДІК» спільно з чеською фірмою «Хепос» пропонує постачання установки потужністю 1200-1500 т/добу, в основі якої лежить модернізована стріпінг-технологія.

Аміак і діоксид вуглецю перетворюються на карбамід через карбамат амонію при тиску близько 140 бар та температурі 180-185°C. Конверсія аміаку сягає 41%, вуглекислого газу – 60%. Непрореагировавши аміак і діоксид вуглецю надходять у стріппер, у своїй CO₂ виступає ролі стіппер-агента. Після конденсації CO₂ та NH₃ йдуть на рецикл і повертаються у процес синтезу. Теплота конденсації використовується для вироблення пари, що надходить у компресор CO₂. Ця технологія успішно експлуатується на виробництві карбаміду потужністю 2700 тонн/добу в Китаї (CNOOC), запущеному в 2004 році, а також на виробництві потужністю 3200 тонн/добу в Катарі (Qafco IV), запущеному у 2005 році.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий варіант здійснення цього процесу передбачає використання басейнового реактора. Перевагами синтезу з використанням басейнового реактора є:

- у цьому випадку потрібно на 40% менше поверхні теплообміну порівняно з вертикальним конденсатором плівкового типу,
- конденсатор ВД та реактор об'єднані в одному апараті,
- висота конструкції виробництва значно знижується,
- довжина трубопроводів ВД з корозійно-стійкої сталі значно знижується,
- зниження інвестицій,
- легкість в експлуатації, стабільний синтез нечутливий до зміни співвідношення NH₃/CO₂.

На даний момент існують також розробки мега-установок карбаміду потужністю до 5000 тонн/добу. Кінцевим етапом всіх технологічних процесів синтезу карбаміду є одержання гранул товарного карбаміду. Розглянемо цей процес докладніше. Існує два основних способи одержання гранул - прильовання та грануляція. Спосіб прильовання полягає в охолодженні крапель плава карбаміду, що знаходяться у вільному падінні, та їх кристалізації у зустрічному потоці охолоджуючого повітря. Спосіб грануляції зводиться до розпилення і подальшому багаторазовому нашаруванню плава карбаміду на «затравочні» (тверді) частинки некондиційного продукту з утворенням сферичних гранул і подальшому охолодженню останніх. Для отримання гранул азотних добрив, у тому числі карбаміду, у світовій практиці найбільш поширений спосіб прильовання.

Наприкінці ХХ століття на ринку карбаміду з'явився продукт, отриманий способом гранулювання в «киплячому» шарі, що відрізняється за своїми властивостями від прильованого. В даний час технологію гранулювання карбаміду в «киплячому» шарі пропонують фірми «Stamicarbon», ТЕС, Јара та інші. Основною перевагою гранульованого карбаміду є більш висока міцність гранул і, відповідно, менша спостереження

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при транспортуванні. Проте капітальні витрати на будівництво установки гранулювання продукту в середньому в 1,5-1,8 разів вищі, ніж прильовання. Крім того, установка гранулювання карбаміду характеризується також більшою площею, наявністю великої кількості ретуру (до 50% від вироблення), порівняно високими енерго- та експлуатаційними витратами. Проте на сьогоднішній день темпи зростання потужностей гранульованого продукту перевищують темпи зростання прильованого [11].

1.2 Використання карбаміду в сільськогосподарських цілях

Карбамід (сечовина) – добрива з амідною формою азоту. Це концентроване з усіх азотних добрив. Випускається у гранульованому вигляді. Гранульована сечовина має відмінні фізичні характеристики: не злежується, зберігає хорошу розсіюваність. Застосовується під всі сільськогосподарські культури у вигляді розчину, як для основного внесення, так і для кореневого підживлення.

Карбамід застосовують під усі сільськогосподарські культури як основне добрива (для основного внесення), для ранньовесняного підживлення озимих культур з негайним закладенням у ґрунт, а також для підживлення овочевих і просапних культур за допомогою культиваторів-рослини живильників. Карбамід ідеально підходить для некорневих підживлень рослин та фертигації.

Карбамід застосовується як основне добрива на всіх ґрунтах під різні сільськогосподарські культури.

На легких дерново-підзолистих ґрунтах у зоні достатнього зволоження та при зрошенні на сероземах карбамід ефективніший, ніж аміачна селітра.

У богарних умовах за основному внесенні карбамід рівнозначний аміачної селітрі.

На ґрунтах з нейтральною та лужною реакцією необхідно при внесенні негайно закладати карбамід у ґрунт для зменшення втрат азоту.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норми та способи внесення

Сечовину застосовують до посіву та в підживлення. Як основне добрива карбамід застосовується на всіх ґрунтах і під всі сільськогосподарські культури. Ранньовесняне підживлення озимини проводиться з негайним закладенням добрива в ґрунт боронуванням з метою скорочення втрат аміаку. Підживлення овочевих та просапних культур проводиться з використанням культиваторів-рослинних живильників.

Карбамід вважається найкращою формою азотних добрив для некореневих підживлень рослин, оскільки не обпалює листя і здатний поглинатися ними у вигляді цілої молекули, без розкладання.

Вже через 48 годин після обприскування карбамідом азот виявляється у складі білка рослин. Карбамід – одне з добрив, що рекомендуються при фертигації.

Карбамід – цінне азотне добриво. Ефективний при застосуванні під різні культури. По дії на врожай стоїть в одному ряду з аміачною селітрою. Не рекомендується застосування сечовини на буряках (всі види) та ріпаку до сівби, т.к. це може призвести до загибелі проростків. Застосування карбаміду як некореневе підживлення на озимій пшениці значно підвищує вміст білка в зерні [12].

1.3 Переваги та недоліки використання карбаміду

Переваги:

- Добре засвоюється рослинами.
- Швидкодія (при обприскуванні білок рослин отримує азот вже через 2 доби).
- Добре розчиняється у воді (при 35 градусах розчиняється майже 60%).
- Активне розкладання у ґрунті.
- Застосовується для позакореневої та кореневої підживлення.
- Живить рослини.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Бореться із шкідниками.
- Підвищує врожайність плодових дерев (при обприскуванні навесні уповільнює цвітіння та виключає опадання квіток при весняних заморозках).
- Не викликає опіку листя навіть за 10% концентрації у водному розчині.
- Має найменший підкислюючий вплив на ґрунт ніж інші азотні добрива.
- Ефективний при використанні на піщаних та супіщаних ґрунтах;
- Значно покращує зовнішній вигляд плодів та рослин.

Недоліки:

- При неправильному внесенні в ґрунт може знизити схожість насіння та пошкодити пагони (через виділення аміаку необхідно вносити у ґрунт раніше посівного).
- Вимагає суворого дотримання умов зберігання (може злежатися)
- Не "дружить" з вапном і золою.
- При грануляції утворюється біурет (після внесення у ґрунт, біурет за 15 днів розкладається) [13].

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.4 Математична модель гранулювання[16]

Розглядається математична модель процесу гранулювання порошку в гранули в тарілчастому грануляторі. Ріст гранул виходячи з висновку відбувається за рахунок приєднання частинок до частинки, за допомогою рідкої в'язучої рідини.

За основу математичного опису процесу гранулювання було взято інтегральне-диференційне рівняння балансу числа частинок, записане у вигляді:

$$\frac{\partial \psi(V, \tau)}{\partial \tau} = 0,5 * \int_0^V \beta(x) * \psi(V - x, \tau) * \psi(x, \tau) * dx - \psi(V, \tau) * \int_0^V \beta(x) * \psi(x, \tau) * dx + G_{\text{вх}} * \psi^{\text{н}} * \frac{(V)}{G_{\text{сл}}} - G_{\text{вива}} * \psi^{\text{к}}(V, \tau) / G_{\text{сл}}. \quad (1.4.1)$$

Для спрощення розрахунку вводиться нерівномірна розрахункова сітка по об'єму частинок:

$$V_0 = 0, V_1 = V_{\text{min}}, V_i = 2V_{i-1}, i = 2, 3 \dots, N. \quad (1.4.2)$$

Дискретна функція густини розподілення задається наступним чином:

$$\begin{aligned} \psi(x) &= \psi_1 \text{ при } 0 < x \leq V_1, \\ \psi(x) &= \psi_2 \text{ при } V_1 < x \leq V_2, \\ \psi(x) &= \psi_1 \text{ при } V_{i-1} < x \leq V_i \end{aligned} \quad (1.4.3)$$

За допомогою введенню прогресивної сітки по об'ємам розрахунок інтегралів замінюється простим сумуванням. В результаті отримуємо систему звичайних диференціальних рівнянь відносно функції густини розподілення ψ_1 :

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_1}{d\tau} &= \psi_1 \sum_{j=1}^{i-1} \beta_j * \psi_j * (V_j - V_{j-1}) + B_{i-1} * \psi_{i-1}^2 * (V_{i-1} - V_{i-2}) \\ &\quad - \psi_1 \sum_{j=1}^N B_j * \psi_j * (V_j - V_{j-1}) + k_3 * \psi_1^{\text{н}} - k_{\text{в}} * \psi_1^{\text{к}} \end{aligned} \quad (1.4.4)$$

$$i = 1, \dots, N.$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_3 = \frac{G_{\text{вх}}}{G_{\text{сл}}}, k_3 = \frac{G_{\text{вива}}}{G_{\text{сл}}} - \text{коефіцієнт загрузки та вивантаження}$$

Дана система рівнянь описує і періодичний процес гранулювання при $k_3 = k_в = 0$

Для вирішення системи (1.2.4) необхідно задатися функцією густини розподілення частинок вихідного матеріалу на прогресивної розрахунковій сітці. По результатам ситового аналізу спочатку розраховується кумулятивна функція розподілу частинок вихідного матеріалу по об'єму:

$$F_{c_k}(V_k) = F_{c_{k-1}} + M_k / (m_k * M), F_{c_0} = 0, k = 1, 2, \dots, Nc \quad (1.4.5)$$

$$V_k = \pi d_k^3 / 6$$

$$m_k = \rho_m * V_k$$

d_k – діаметр отворів сита,

V_k, m_k – об'єм і маса частинок k того класа,

M_k – маса частинок,

k – того класу в пробі матеріалу, який піддається розсіюванню,

M – маса проби,

ρ_m – густина матеріалу частинок.

Далі розраховується функція густини розподілення частинок вихідного матеріалу по об'єму:

$$\psi_1^H = (F_i - F_{i-1}) / (V_i - V_{i-1}), i = 1, 2, \dots, N. \quad (1.4.6)$$

Значення функції густини розподілу частинок вивантаженого матеріалу по об'єму

$$\psi_i^K = \psi_1 * \varphi_1 / \bar{\varphi} \quad (1.4.7)$$

φ_1 – значення роздільної функції для i – той фракції, яке показує вірогідність виходу i – той фракції із гранулятора;

$\bar{\varphi}$ – доля матеріалу, виводиться в продукт, розраховується за формулою:

$$\bar{\varphi} = \sum_{i=1}^N \psi_i * (V_i - V_{i-1}) * \varphi_1 * m_1 \quad (1.4.8)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m_1 – маса частинок i – той фракції.

Знаходимо масову долю частинок i – того класу:

$$D_1 = \psi_1^k * (V_i - V_{i-1}) * m_1 \quad (1.4.9)$$

Знаходимо значення інтегральної функції розподілення

$$F_1 = \sum_{k=1}^1 D_k = \sum_{k=1}^1 \psi_k^k * (V_i - V_{i-1}) * m_k \quad (1.4.10)$$

Розраховуємо середній діаметр частинок

$$d_{cp} = \sum_{i=1}^N d_1 * D_1 \quad (1.4.11)$$

Такий метод був запропонований для розрахунку гранулометричного складу і був застосований для моделі гранулювання частинок гранулята.

Ядро $\beta(V)$ рівняння (1.2.1) є наближеної лінійної залежності:

$$\beta(V) = a_0 + a_1 * V \quad (1.4.12)$$

Висновки щодо літературного огляду

Отже, карбамід цінне добриво, яке гарно впливає на рослини і обсяги його виробництва тому підтвердження, також має велику кількість переваг ніж недоліків, дане добриво використовують для всіх типів ґрунтів, що дає змогу збільшувати врожайність на поганих ділянках земного шару.

Описана математична модель гранулювання для знаходження гранулометричного складу.

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

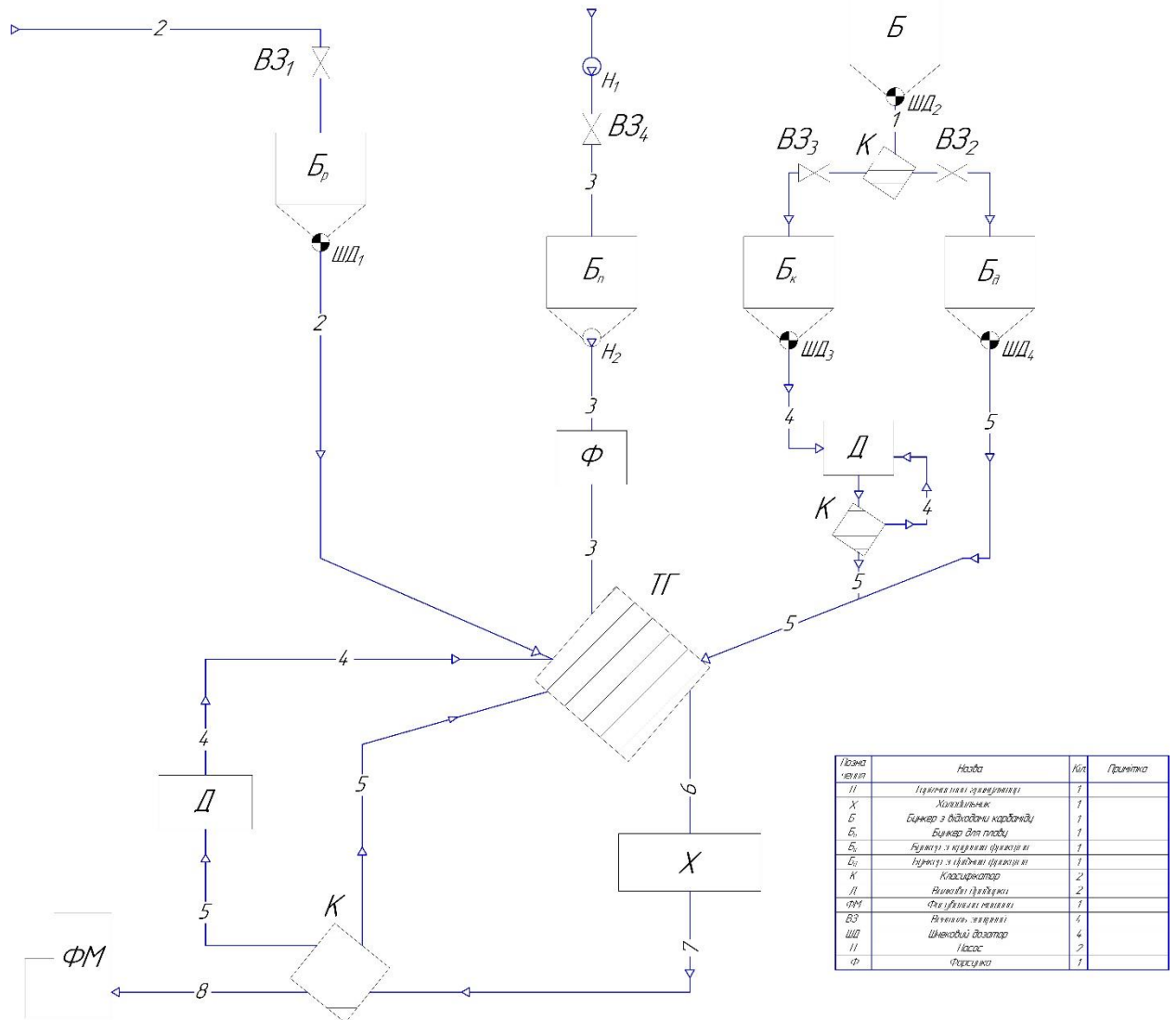


Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва

Основним вихідним матеріалом є карбамід який надходить до бункерів Б_р, де за допомогою шнекового дозатора ШД₁ дозується та подається до тарілчастого гранулятора ТГ у відповідності до технологічного регламенту. З ємності Б відходи карбаміду з іншої лінії виробництва (патока) спочатку подаються на класифікатор, де проходять стадію розділення на фракцію дрібну та крупну. Дрібна фракція подається на тарілку, де нарощує розмір до товарних умов, а крупна фракція проходить стадію дроблення Д на дрібну, де також дозується на тарілчастий гранулятор. Одночасно з іншими процесами

подається насосом Н плав Б_п на форсунку Ф. Плав отримали за допомогою плавлення карбаміду і форсунка Ф розпилює на вихідний матеріал який вже знаходиться в тарілці ТГ. На грануляторі відбувається скочування гарячого матеріалу з утворенням гранул після чого гранули вивантажуються через борт гранулятора та надходить в холодильник Х, де виконується процес охолодження гранул. Охолодженні гранули знов надходять на класифікатор, в якому відбувається розподіл на фракції. Дрібна фракція або ж ретур знов направляється на гранулятор ТГ для нарощування гранул, крупна фракція надходить на дробарку Д, а потім вже на тарілчастий гранулятор, товарна фракція направляється на фасувальну машину ФМ.

2.2 Теоретичні основи процесу

Гранулювання – це технологічний процес перетворення матеріалу в більш або менш однорідний по розміру гранули. При структурному гранулюванні дрібні частинки під впливом різних сил з'єднуються в більш крупні форми – гранули. За теорію адгезії Б.В Дерягіна можна виділити на дві основні групи:

1. Сухе гранулювання, в такому випадку частинки з'єднуються в гранули під дією молекулярних і електростатичних сил.
2. Рідке гранулювання, з'єднання сухих частинок за допомогою рідини, коли головним фактором гранулювання є гідродинаміка в'язкої рідини.

В залежності від методу гранулювання гранули можуть мати правильну або неправильну форму. Найкращою формою являє собою близькою до сферичної форми. Гранули з розміром більш 4 мм відносять до крупної фракції, а менш 4 мм — до дрібної фракції або товарної і менш 1 мм — до найменшої фракції. Гранульовані продукти повинні відповідати певним вимогам по міцності, стирання, пористості та іншими іншими показниками. В більшості випадках бажано отримувати гранули однакового розміру.

					XI.G.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Гранулювання порошкоподібних матеріалів виконується в присутності рідкої фази.

Утворення і ріст гранул в грануляторах відбувається за допомогою зволоження розчином окремих частинок при їх зближенні.

Вплив способу зволоження. До групи фізико-хімічних факторів можна віднести спосіб зволоження, тому що зволоження визначає механізм формування та росту гранул. При тонкому розпилу, коли теоретично кожна частинка оточена мономолекулярній плівці рідини, процес формування гранул проходить під дією капілярних сил та сил поверхневого натягу. В такому випадку гранули виходять однорідними пористими гранулами. При грубому розпилі відбувається нашарування матеріалу на сформовані частинки. Для уникнення отримання неоднорідних гранул розпил повинен бути по всьому об'єму апарата.

Вплив кута нахилу чаші апарата та дозування вологості. При збільшенні кута нахилу тарілки більш ніж 45° та при вологості менше 11% супроводжується зменшеним розміром гранул, а при збільшенні вологості більше 11% та збільшення кут нахилу тарілки більш 46° гранули навпаки стають крупними. При достатній точності дозування вологості рідини кут нахилу тарілки є важливим фактором на розмір отриманих гранул (рис. 2).

Вплив частоти обертання чаші. При малій частоті обертання рухливість частинок недостатньо для забезпечення гарного перемішування матеріалу і рівномірного контакту між окремими частинками, що не дає змогу гарно проводити процес гранулювання. При великій частоті обертання матеріал із-за великих відцентрових сил перестає скочуватися, що спочатку погіршує, а при подальшому збільшенні може взагалі припинити процес гранулювання. Таким чином, існує оптимальне робоче значення, яке рахується за допомогою формул (рис.3).

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

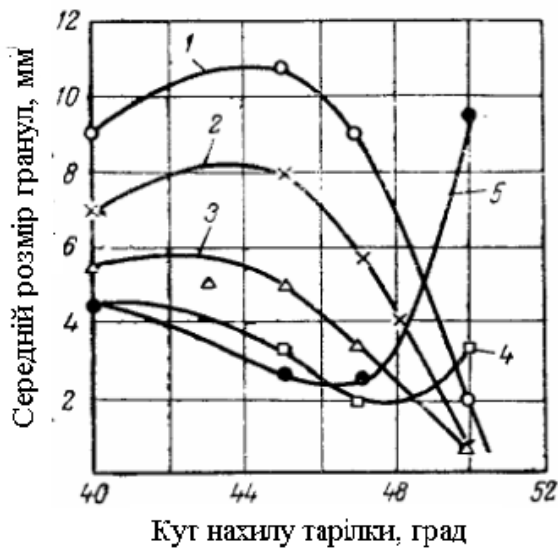


Рисунок 2 – Залежність середнього діаметру отриманих гранул від кута нахилу чаші при різній вологості (W): 1–9%;2–10%;3–11%;4–12%;5–13%



Рисунок 3 – Залежність середнього діаметру (криві 1 та 1`), мінімального середнього діаметру (крива 2) і вологості (крива 3), відповідний середній діаметр від швидкості руху чаші: 1– $\alpha=40^\circ$ ж; 1`– $\alpha=47^\circ$.

Процес окатування об'єднує декілька процесів, які характеризуються переміщенням гранульованого продукту по поверхні апарата. При цьому частинки перекачуються по стінкам апарата та друг через друга. Окатування можна віднести до наростаючої грануляції — різновид структурної

грануляції. Непереривне переміщення гранульованого матеріалу призводить до росту гранул так і деструкції найбільш міцних із них [14]

2.3 Опис конструкції проектованого апарата

Тарілчастий гранулятор (рис.4) досить широко використовується в виробництві цементу, добрив, різні руди.

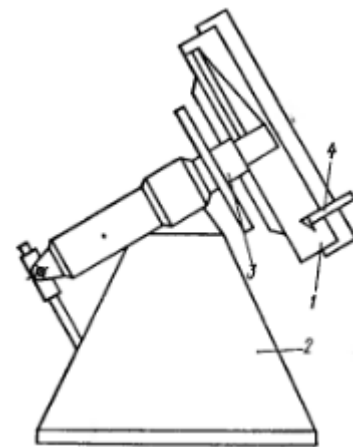


Рисунок 4 –Тарілчастий гранулятор

Для того щоб отримати гранули із дрібнодисперсних матеріалів, способом окатування з використанням рідкого в'язучого тарілчастий гранулятор підходить для таких цілей.

Гранулятор складається з корпусу 3, до якого закріплена поворотна рама 2. На цій поворотній рамі поміщена кругла тарілка 1 з двигуном, поворот рами виконується корпусом механізму зміни кута нахилу. У грануляторів також є пристрій для подачі в'язучого розчину 4 та відведення кінцевого продукту – гранул. Головною перевагою цього апарата в тому що, на гранули на виході забезпечують гомогенність, і знижена подача ретура, в наслідок розділення гранул по розмірам на поверхні дна тарілки. Внаслідок такого, гранули мають високу міцність, а по формі вони схожі на сферичну.

Ще одна важлива перевага тарілчастого гранулятора це зручність спостерігати за процесом та керувати і при любых відхиленнях від режиму

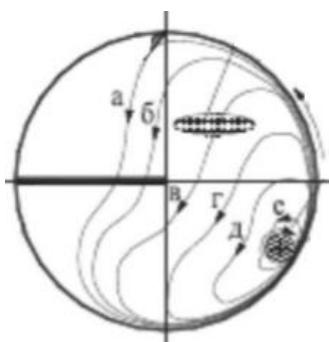
					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

негайно усувати. Також такий апарат має низьку ціну, простий і надійний при експлуатації, можна поєднувати процес гранулювання і сепарації.

Але як в будь-якому апараті є ряд недоліків:

- Висока чутливість на зміст рідкого агенту гранульованої суміші, і внаслідок такого, можуть спостерігатися вузькі межі технологічного процесу;
- Продуктивність гранулятора залежить від діаметру тарілки, але якщо збільшувати діаметр, то конструкція апарату ускладниться.

Гранулоутворення на тарілчастому грануляторі має свої особливості, пов'язано зі значними відцентровими силами, які розвиваються в таких апаратах. На вихідний матеріал в обертовій тарілці, діє сила тяжіння, відцентрова сила, сила тертя. Завдяки відцентровим силам і силі тертя, матеріал притискається до днища тарілки і піднімається разом на визначену висоту, а згодом під дією силою тяжіння скочуються вниз. Готові гранули надалі перевалюються за борт, тобто тарілчастому грануляторі відбувається природна класифікація: готові гранули видаляються пересипанням, а дрібні частинки продовжують окатування.



а – траєкторія (умовно) руху матеріалу; б, в, г, д – траєкторія руху гранул по мірі їх росту; е – місце розташування крупних частинок матеріалу.

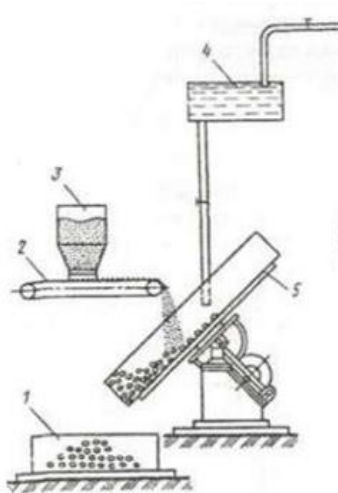
Рисунок 5 – Режим роботи гранулятора

						XI.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

Але в режимі постійного руху гранул, вони починають ущільнюватися, звідси висновок що продуктивність гранулятора залежить від траєкторії руху гранул в тарілці гранулятора. Отже, розмір траєкторії пропорційний діаметру тарілки гранулятора. Збільшувати діаметр не завжди гарне рішення, тому що при збільшенні діаметру ми ускладнюємо конструкцію, що ускладнює технологічний процес гранулювання. Найбільш гарним рішенням буде збільшити поверхню тарілки. Змінюючи оберти тарілки і знижувати кут нахилу до горизонтальній поверхні і охват площі буде більшим, де матеріал торкається з дном тарілки.[14]

Форма траєкторії залежить від двох факторів:

1. Властивостей матеріалу (дисперсність вихідного матеріалу, природній укіс, шорсткість);
2. Технологічних параметрів (кількість обертів, кут нахилу тарілки);



1 – бункер-приймач гранульованого продукту; 2 – живильник; 3 – бункер з вихідним матеріалом; 4 – бункер для в'язучого розчину;
5 – чаша гранулятора;

Рисунок 6 – Схема отримання гранульованого продукту на тарілчастому грануляторі

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата

Діаметр тарелі визначимо із залежності:

$$Q_{gp} = k \cdot D^2 \quad (2.4.1)$$

де Q_{gp} – продуктивність гранулятора, т / год;

$$Q_{gp} = 0,15 \text{ т/год};$$

D - діаметр чаші, м;

k – емпіричний коефіцієнт і приймається при агломерації 0,6 – 0,8

Приймаємо

$$k = 0,7 \text{ т} \cdot \text{год}/\text{м}^2;$$

$$D = (Q_{gp}/k)^{0,5} = (0,15/0,7)^{0,5} = 0,462 \text{ м}$$

Приймаємо

$$D = 0,5 \text{ м.}$$

Висоту борту визначаємо із співвідношення

$$h = (0,15 - 0,22) \cdot D \quad (2.4.2)$$

$$h = 0,2 \cdot 0,5 = 0,10 \text{ м}$$

Критичне число обертів тарілки дорівнює

$$n' = 120 \sqrt{\frac{\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{D}} = 120 \cdot \sqrt{\frac{\sin 45 - \cos 45 \cdot \operatorname{tg} 37}{0,5}} = 48 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n = 0,6 - 0,9 \cdot n' = 0,6 \cdot 48 = 28$$

α - кут нахилу тарілки до горизонталі, град;

$$\alpha = 45^\circ;$$

φ - кут природнього укосу град;

$$\varphi = 37^\circ;$$

В нерухомому стані в похилій тарілки гранульований матеріал повинен займати половину дна тарілки.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

При цьому об'єм матеріалу:

$$V = \frac{2}{3} R^2 * h = \frac{2}{3} * 0,25^2 * 0,10 = 0,00416 \text{ м}^3 \quad (2.4.3)$$

При обертанні тарілки об'єм шару збільшується на 10 – 12 %.

Звідси, в робочому стані об'єм шару грануляту на тарілці дорівнює:

$$V = 0,00416 * 1,1 = 0,004576 \text{ м}^3 \quad (2.4.4)$$

Розрахунок та вибір редуктора та електродвигуна

Для розрахунку редуктора задаємося потужністю приводного валу для такого діаметру тарілки ($D = 0,6 \text{ м}$) $P = 0,75 \text{ кВт}$. [6]

Визначаємо загальний ККД привода

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{зп}}^2 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{пш}}^4 = 0,99 \cdot 0,975^2 \cdot 0,96 \cdot 0,9925^4 = 0,8766 \quad (2.4.5)$$

де $\eta_{\text{м}} = 0,99$ – ККД муфти;

$\eta_{\text{зп}} = 0,975$ – ККД зубчастої передачі (показник степеня в $\eta_{\text{зп}}^2$

дорівнює кількості зубчастих закритих передач);

$\eta_{\text{п}} = 0,96$ – ККД пасової передачі;

$\eta_{\text{пш}} = 0,9925$ – ККД пари підшипників кочення (показник степеня в $\eta_{\text{пш}}^4$ дорівнює кількості пар підшипників у приводі та на валу барабана).

Визначаємо потужність на валу приводного барабана стрічкового конвеєра:

$$P_6 = P_5 = 0,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо потрібну потужність електродвигуна – потужність на валу 1:

$$P_{\text{потр}} = P_1 = \frac{P_6}{\eta_{\text{пр}}} = \frac{0,75}{0,8766} = 0,855 \text{ кВт} \quad (2.4.6)$$

Вибираємо потужність електродвигуна трифазного асинхронного серії 4А ГОСТ 19523-81 [16, с. 390] за умовою

$$P_{\text{дв}} \geq P_{\text{потр}} .$$

Потужність двигуна $P_{\text{дв}} = 1,1 \text{ кВт}$.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Призначаємо орієнтовні передаточні числа передач привода [2, с. 36], [2, с. 9, табл. 1.2 і 1.3], [2, с. 5, табл. 1 і 2]:

- для пасової передачі $u_{\text{п}} = 2.534$.
- для першого швидкохідного ступеня редуктора (зубчастої циліндричної косозубої передачі) $u_{\text{зш}} = 5$.
- для другого тихохідного ступеня редуктора (зубчастої циліндричної косозубої передачі) $u_{\text{зт}} = 4$.

Визначаємо орієнтовну потрібну частоту обертання вала електродвигуна:

$$n_{\text{дв.потр}} = n_{\text{б}} \cdot u_{\text{п}} \cdot u_{\text{зш}} \cdot u_{\text{зт}} = 28 \cdot 2,534 \cdot 4 \cdot 5 = 1309 \text{ об/хв.} \quad (2.4.7)$$

Вибираємо найближчий за стандартом [2,с.390] двигун 4А80А4 з потужністю $P_{\text{дв}} = 1,1$ кВт, синхронною частотою обертання $n_{\text{с}} = 1500$ об/хв, відносним ковзанням $S = 5.4\%$.

Визначаємо номінальну (асинхронну) частоту обертання вала двигуна:

$$n_{\text{ном}} = n_1 = n_{\text{с}} (1 - S) = 1500 (1 - 0,054) = 1419 \text{ об/хв.} \quad (2.4.8)$$

Визначаємо кутову швидкість вала двигуна:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{\pi 1419}{30} = 148,597 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.4.9)$$

Визначаємо загальне передаточне число привода:

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_1}{n_5} = \frac{1419}{28} = 50,679 \quad (2.4.10)$$

Визначаємо передаточне число редуктора:

$$u_{\text{р}} = \frac{u_{\text{пр}}}{u_{\text{п}}} = \frac{50,679}{2.534} = 20 \quad (2.4.11)$$

Визначаємо передаточне число для другого тихохідного ступеня редуктора (зубчастої циліндричної передачі):

$$u_{\text{тих}} = 0.88 \times \sqrt{u_{\text{р}}} = 0.88 \times \sqrt{20} = 3.93 \quad (2.4.12)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо передаточне число для першої швидкохідного ступеня редуктора (зубчастої циліндричної передачі):

$$u_{шв} = \frac{u_p}{u_{тих}} = \frac{20}{3.93} = 5 \quad (2.4.13)$$

Уточнюємо передаточні числа передач:

- для швидкохідного ступеня редуктора $u_{зш} = 5$.
- для тихохідного ступеня редуктора $u_{зт} = 4$.

Тоді передаточне число пасової передачі:

$$u_{п} = \frac{u_{пр}}{u_{зш} u_{зт}} = \frac{50,679}{4 * 5} = 2,534 \quad (2.4.14)$$

Визначаємо основні параметри валів привода: частоту обертання n ; кутову швидкість ω ; потужність P ; момент обертання T .

Для вала 1:

$$n_1 = 1419 \text{ об/хв};$$

$$\omega_1 = 148,597 \text{ рад/с};$$

$$P_1 = 0,855 \text{ кВт};$$

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{0,855 \cdot 10^3}{148,587} = 5,754 \text{ Н м}$$

Для вала 2:

$$n_2 = n_1 = 1419 \text{ об/хв};$$

$$\omega_2 = 148,587 \text{ рад/с}$$

$$P_2 = P_1 \eta_m = 0,855 \cdot 0,99 = 0,846 \text{ кВт};$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{0,846 \cdot 10^3}{148,587} = 5,696 \text{ Н м.}$$

Для вала 3:

$$n_3 = n_2 / u_{зш} = 1419 / 5 = 283,8 \text{ об/хв};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi n_3}{30} = \frac{\pi \cdot 283,8}{30} = 29,719 \text{ рад/с};$$

$$P_3 = P_2 \eta_{зп} \eta_{пш} = 0,846 \cdot 0,975 \cdot 0,9925 = 0,819 \text{ кВт};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{\omega_3} = \frac{0,819 \cdot 10^3}{30} = 27,561 \text{ Н м.}$$

Для вала 4:

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_4 = n_3 / u_{зТ} = 285.9 / 4 = 70,95 \text{ об/хв};$$

$$\omega_4 = \frac{\pi n_4}{30} = \frac{\pi 70,95}{30} = 7,43 \text{ рад/с};$$

$$P_4 = P_3 \eta_{зП} \eta_{ПШ} = 0,819 \cdot 0,975 \cdot 0,99 = 0,791 \text{ кВт};$$

$$T_4 = \frac{P_4}{\omega_4} = \frac{0,791 \cdot 10^3}{7.265} = 106,413 \text{ Н м.}$$

Для вала 5:

$$n_5 = n_4 / u_{П} = 70,95 / 2,534 = 28 \text{ об/хв};$$

$$\omega_5 = \frac{\pi 28}{30} = 2,932 \text{ рад/с};$$

$$P_5 = P_4 \eta_{ПШ} \eta_{Пас} = 0,791 \cdot 0,9925 \cdot 0,96 = 0,75 \text{ кВт};$$

$$T_5 = \frac{P_5}{\omega_5} = \frac{0,75 \cdot 10^3}{2.932} = 256,923 \text{ Н м.}$$

Після остаточного розрахунку приймаємо *Редуктор ІЦ2У-100-20-21-У3*

ГОСТ 31592-2012[10]

де ІЦ2У – це тип редуктора;

100 – міжосьова відстань;

20 – номінальне передаточне число;

21 – тип складання редуктора;

У3 – кліматичне виконання та категорія виконання;

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Розрахунок розпилювачів

С ціллю визначення точних розрахунків витрати рідини проведені розрахунки пневматичної форсунки і відцентрової, згідно [7]

Розрахунок пневматичної форсунки

Пневматичну форсунку краще всього використовувати при масштабному переході на промислові умови гранулювання. (Додаток В)

Витрата палива через форсунку,

$$G = \mu f_o 10^3 \sqrt{2(P_1 - P_o)/\rho_{ж}}; \quad (2.5.1)$$

де: $(P_1 - P_o)$ – перепад тиску в соплі, МПа; μ – коефіцієнт витрати; f – площа вихідного перерізу, м^2 ; За таблицею 7.23 [7] приймаємо рекомендований коефіцієнт витрати $\mu = 0,9$

$$f_o = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * (2 * 10^{-3})^2}{4} = 3,14 * 10^{-6} \frac{\text{КГ}}{\text{С}} \quad (2.5.2)$$

$$G = 0,9 * 3,14 * 10^{-6} * 10^3 \sqrt{\frac{2(1,1 - 1,0)}{1000}} = 3,9 * 10^{-5} \frac{\text{М}^3}{\text{С}}$$

Експериментальне значення витрати дорівнює $3,55 * 10^{-5} \text{ м}^3/\text{С}$. Точність розрахунку дорівнює 9 відсотків.

Розрахунок гідравлічної форсунки

Об'ємна витрата рідини через гідравлічну форсунку $\frac{\text{М}^3}{\text{С}}$

$$G = \mu_o F_c 10^3 \sqrt{2(P_1 - P_o)/\rho_{ж}}; \quad (2.5.4)$$

де F_c – площа поперечного перерізу вихідного сопла форсунки, М^2

Задавшись геометричними параметрами форсунки $R_{\text{ВХ}} = 0,008 \text{ м}$, $z = 4$; $r_c = 1,75 * 10^{-3}$; $r_{\text{В}} = 0,6 * 10^{-3}$ визначимо F_c

$$F_c = \frac{3,14 * 0,0035^2}{4} = 9,62 * 10^{-6} \text{ м}^2$$

μ_o – коефіцієнт витрати

$$\mu_o = \frac{1}{\sqrt{\frac{A^2}{1-E} + \frac{1}{E^2}}}; \quad (2.5.5)$$

При цьому : E – коефіцієнт живого перерізу сопла; A – геометрична характеристика форсунки

$$A = \frac{R_{\text{ВХ}} * r_c}{(z * r_{\text{ВХ}}^2)}; \quad (2.5.6)$$

$R_{\text{ВХ}}$ – плече завихрення; z – число вхідних каналів

$$A = \frac{8 * 1,75}{4 * 0,6^2} = 9,72$$

По графіку 7.22 [7] знаходимо, що E = 0,1 при A = 9,72

$$\mu_o = \frac{1}{\sqrt{\frac{9,72^2}{1-0,1} + \frac{1}{0,1^2}}} = 0,07$$

де $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - густина води

$$Q = 0,07 * 9,62 * 10^{-6} * 10^3 \sqrt{\frac{2 * (1,5 - 1,0)}{1000}} = 21,6 * 10^{-3} \frac{\text{М}^3}{\text{с}}$$

Кут розкриття факела розпилюванні рідини

$$\text{tg} \frac{\alpha_{\text{ср}}}{2} = \frac{2 * \mu_o * A}{\sqrt{(1+S)^2 - 4 * \mu_o^2 * A^2}}; \quad (2.5.7)$$

де: $S = \sqrt{1-E}, S = \sqrt{1-0,1} = 0,95$

$$\text{tg} \frac{\alpha_{\text{ср}}}{2} = \frac{2 * 0,07 * 9,72}{\sqrt{(1+0,95)^2 - 4 * 0,07^2 * 9,72}} = 0,974$$

$$\text{tg} \frac{\alpha_{\text{ср}}}{2} = \alpha_{\text{ср}} * 2 = 44,25 * 2 = 88,5^\circ$$

Експериментальне значення витрати дорівнює $24 * 10^{-6} \frac{\text{М}^3}{\text{с}}$. Точність розрахунку 12,5 %.

						ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
							28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.6 Вибір допоміжного обладнання

Бункер для сипучих матеріалів

Ємності для зберігання сипучих матеріалів з малою глибиною називають бункерами. Для захисту бункерів в процесі завантаження і вивантаження стінки бункера захищають сталевими листами, чавуну, або плит з кам'яного лиття.

Розрахунковий вертикальний тиск сипучого матеріалу на горизонтальну площину.

$$\rho_v = 1,3 * \gamma * h \quad (2.6.1)$$

де γ - питома вага матеріалу; h - висота шару матеріалу над цією точкою.

$$\rho_v = 1,3 * \gamma * h = 1,3 * 0,8 * 0,5 = 0,52(\text{МПа});$$

Розрахунковий горизонтальний тиск на горизонтальну площину:

$$\rho_v = 1,3 * \gamma * h * \lambda = 1,3 * 0,7 * 0,8 * 0,5 = 0,36(\text{МПа}); \quad (2.6.2)$$

де λ - коефіцієнт бокового тиску $\lambda=0,7$

Для пірамідальної частини бункера:

$$N = \frac{1,1 * G_1 + 1,3 * G_2}{2 * (a + b)} = \frac{1,1 * 200 + 1,3 * 1500}{2 * (1 + 2)} = 361(\text{кг});$$

де G_1 і G_2 - відповідно вага бункера і матеріалу, повністю заповнює бункер. $a / h = 0,5 \dots 2$, і як балкові плити при $a / h > 2$. Якщо $a / h < 0,5$, то стіни слід розраховувати як замкнуті рами.

Похилі стінки бункерів мають трапецієподібну форму і в залежності від розмірів верхнього a_2 і нижнього a_1 підставивши висоти h , розраховують на вигин як трикутні плити при $a_2 / a_1 \geq 4$, або як трапецієподібні плити при $a_2 / a_1 < 4$. Розрахунок трапецієподібних і трикутних плит виконують за таблицями. Якщо плити несиметричні трапецієподібні, їх приводять до прямокутних.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Форсунка, тарілка гранулятора виготовлена із сталі 12Х18Н10Т, так як така сталь витримує високі температури, агресивні середовища.

Властивості сталі 12Х18Н10Т:

Одна із найбільш популярніших і затребуваних сплавів на ринку України. Матеріал стійкий до корозії і дії активних хімічних з'єднань, володіє механічною міццю і легко оброблюється. Оптимальне поєднання високих експлуатаційних якостей і доступній вартості дозволяє використовувати цей нержавіючих сплав в різних галузях промисловості.

Так як, вихідний матеріал відноситься до мінеральних добрив, тому саме краще використовувати марку сталі 12Х18Н10Т хімічний склад якої вказано в табл. [2].

Таблиця 1– Хімічний склад в % сталі 12Х18Н10Т

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu	Fe
0,12	0,8	2	9-11	0,020	0,035	17-19	0,4-1	0,3	67

Хімічний склад сплаву впливає на фізичні та технічні якості сталі. Наявність велику кількість хрому надає матеріалу високу стійкість до корозії, Нікель в складі сталі підвищує її стійкість до кислотам і другим хімічним активним з'єднанням. Наявність титану надає матеріалу додаткову механічну міцність і покращує якість зварного шва.

Технологічні характеристики сталі:

- Флокенонечутлива ;
- Зварюваність;

Нержавіюча сталь відмічається тим що, має найгарнішу зварюваність, тому сварка може відбуватися без особливих границь зварювання. Після виконання сварки рекомендується виконати термічну обробку.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХІ.Г.00.00.00 ПЗ

Вал та інші деталі виготовлені з вуглецевої сталі звичайної якості Ст 20 [3].

Сталь 20 якісна конструкційна вуглецева сталь. Вона відмінно піддається механічній, зварювальній і ковальсько – штампувальній обробці. Широке застосування в економіці і народному господарстві.

Таблиця 2– Хімічний склад в % сталі Сталь 20

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe	N
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	До 0,30	До 0,04	До 0,035	До 0,25	До 0,25	До 0,08	98	До 0,08

У складі сплаву вміст заліза становить майже 98%, а кількість вуглецю 0,17 – 0,24. Загальна частка інших хімічних компонентів, основними з яких є кремній, хром, мідь, нікель, не перевищує 1,83%. Тому вона вважається нелегованою.

Сталь 20 є нефлокеночутливою і демонструє відмінну релаксаційну стійкість. Всі вироби і конструкції, крім деталей з хіміко-термічною обробкою, відмінно зварюються за допомогою ручного і напівавтоматичного електродугового і аргонового зварювання, а також контактним зварюванням і під флюсом.[3]

3.2 Перевірочний розрахунок на міцність тарілки гранулятора

Тарілка це одна із найголовніших деталей тарілчастого гранулятора, де виконується процес гранулювання, і для того щоб процес гранулювання проходив як найкраще обчислюємо тарілку на міцність. Гранулятор, який розраховується на міцність встановлений під кутом 45°

Оскільки гранулятор, який ми розраховуємо використовується для гранулювання карбаміду, то і густина плаву $\rho = 1\,227 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Вихідні дані:

$h = 0,10\text{м}$ (висота тарілки);

$D = 0,5 \text{ м}$ (діаметр тарілки);

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$s = 0,005\text{ м}$ (товщина стінки тарілки);

$\rho = 1227 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (густина в'язучого розчину)

Розраховуємо максимальну можливої масу матеріалів, яку вміщаємо в тарілку.

$$m = \pi * \frac{D^2}{4 * 4} * h * \rho = \pi * \frac{0,5^2}{4 * 4} * 0,10 * 1227 = 6,019 \text{ кг} \quad (3.2.1)$$

Поверхня тарілки:

$\alpha = 135^\circ = 2,356$ рад, центральний проміжок на тарілці, що заповнюється на поверхні.

$$S = \left(\frac{D}{2}\right)^2 * \frac{(\alpha - \sin(\alpha))}{2} = \left(\frac{0,5}{2}\right)^2 * \frac{2,356 - \sin(2,356)}{2} = 0,051 \text{ м}^2 \quad (3.2.2)$$

Визначаємо силу, що надходять на таріль:

$$F = m * g = 6,019 * 9,81 = 59,046 \text{ Н} \quad (3.2.3)$$

де $g = 9,81$ – прискорення вільного падіння

Обчислюємо навантаження, яке діє на тарілку:

$$q = \frac{F}{S} = \frac{59,046}{0,051} = 1,157 * 10^3 \frac{\text{М}}{\text{м}^2} \quad (3.2.4)$$

Визначаємо момент на тарілці:

$$M = \frac{q * \frac{D^2}{4}}{16} * (1 + \mu) = \frac{1,157 * 10^3 * \frac{0,5^2}{4}}{16} * (1 + 0,30) = 5,87 \text{ Н} \quad (3.2.5)$$

де $\mu = 0,30$ коефіцієнт Пуассона для сталі 12Х18Н10Т

Жорсткість пластинки дорівнює:

$$G = \frac{E * s^3}{12(1 - \mu^2)} = \frac{2 * 10^{11} * 0,005^3}{12(1 - 0,30^2)} = 2,289 * 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (3.2.6)$$

де $E = 2 * 10^{11}$ Па, модуль повздовжньої пружності сталі 08Х18Н10

Обчислюємо максимальний прогин чаші:

$$\omega_{\text{max}} = \frac{q * \left(\frac{D}{2}\right)^4}{64 * G} = \frac{1,157 * 10^3 * \left(\frac{0,5}{2}\right)^4}{64 * 2,289 * 10^3} = 3,085 * 10^{-5} \text{ МПа} * \text{м}^3 \quad (3.2.7)$$

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Отже, при максимальному згині на тарілку гранулятора буде незначним і це не як не стосується на нормальну роботу гранулятора.

Визначаємо максимальне напруження на тарілку, яке діє по контуру[5,с.71]

$$\sigma_{max} = \frac{3 * q * \left(\frac{D}{2}\right)^2}{4 * s^2} = \frac{3 * 1,157 * 10^3 * \left(\frac{0,5}{2}\right)^2}{4 * 0,005^2} = 2,169 * 10^6 \text{ МПа} \quad (3.2.8)$$

Допустиме напруження для сталі

$$\sigma_{доп} = 252 \text{ МПа}$$

Отже, при заданому навантаженні умова міцності буде виконуватися ($\sigma_{max} < \sigma_{доп}$). Напруження, на яке діє на тарілку допустиме і задовольняє роботу гранулятора.

Перевіряємо зварний шов на тарілці:

$$\sigma_{max} \leq 0,6 * \sigma_{доп}$$

$$2,169 \leq 151,2 \text{ МПа}$$

По результатам перевірки сварний шов також витримує навантаження, яка виникає при роботі гранулятора.

3.3 Розрахунок на міцність вихідного валу

При розрахунках на міцність тарілкового гранулятора слід враховувати, що вихідний вал який передає крутний момент від редуктора до тарілки, який закріплений консольно і сприймає навантаження викликані силою тяжіння та масою чаші. Прогин валу можна записати у вигляді рівняння:

$$y = -m_1 \cdot y' \cdot \varrho + m_1 \cdot g \cdot \varrho + m_2 \cdot w_2 \cdot R' \cdot \varrho \cdot \sin wt \quad (3.3.1)$$

де $w = \frac{\pi \cdot n}{30}$ - кутова швидкість тарелі;

R' - відстань від центра ваги грануляту до осі валу;

ϱ - податливість консолі;

$$\varrho = \frac{l_1^2 \left(\frac{l_1}{J_1} + \frac{l_2}{J_2}\right)}{3E} \quad (3.3.2)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при цьому l_1 - відстань між опорами вала діаметром d , м;

l_2 - довжина консолі діаметром d , м;

J_1, J_2 - моменти інерції перерізу вала і консолі, м.

$$J_1 = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \quad (3.3.3)$$

$$J_2 = \frac{\pi \cdot d_2^4}{64} \quad (3.3.4)$$

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ м/м}^2$$

E -модуль пружності.

Конструктивно примаємо:

$$l_1 = 100 \text{ мм} \quad l_2 = 60 \text{ мм}$$

$$d_1 = 32 \text{ мм} \quad d_2 = 40 \text{ мм}$$

$$J_1 = \frac{\pi \cdot 0,032^4}{64} = 5,147 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$J_2 = \frac{\pi \cdot 0,04^4}{64} = 1,257 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Отже

$$\rho = \frac{0,1^2 \left(\frac{0,1}{5,147 \cdot 10^{-8}} + \frac{0,06}{1,257 \cdot 10^{-7}} \right)}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 4,034 \cdot 10^{-8} \frac{\text{м}}{\text{н}}$$

Радіус R' знайдемо з геометричних співвідношень:

$$R' = 0,5 \cdot D - 0,33 \cdot H \cdot \text{tg}(L - \varphi) \quad (3.3.5)$$

$$R = 0,5 \cdot 0,5 - 0,33 \cdot 0,10 \cdot \text{tg}(45 - 37) = 0,24 \text{ м}$$

де D - внутрішній діаметр чаші, $D = 500$ мм;

H - висота борту, $H = 100$ мм.

Власні коливання y_c вала

$$y_c = A \cdot \sin(B \cdot t + w) \quad (3.3.6)$$

де A - амплітуда власних коливань, м;

$B = \frac{1}{(m_1 \cdot q)^{0,5}}$ їх частота;

Рішення рівнянь вимушених коливань представимо у вигляді:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_B = B + C \cdot \sin wt \quad (3.3.7)$$

Продиференціюємо рішення двічі і підставимо отримані дані в диференціальні рівняння. Тоді прийнявши однотипні члени рівняння знайдемо

$$B = m_1 \cdot g \cdot \varrho$$

$$C = \frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)$$

Повне рішення рівняння прогинів і швидкості їх зміни:

$$y = m_1 \cdot g \cdot \varrho + \frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot \sin wt \cdot \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right) + A \cdot \sin(B + tw)$$

$$y' = \frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot w \cdot \cos wt \cdot \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right) + A \cdot \cos(B + tw)$$

Параметри А і w' визначимо з початкових умов системи при t = 0

$$y=y'=0$$

або

$$m_1 \cdot g \cdot \varrho + A \cdot \sin w' = 0$$

і

$$\frac{\left(\frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot w\right)}{\left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)} + A \cdot B \cdot \cos w' = 0$$

Звідси знайдемо невідомі А, w' і залежність прогину у:

$$y = m_1 \cdot g \cdot \varrho \cdot \left(1 - \frac{\left(\left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right) + \left(\frac{m_1^2}{m_2}\right) \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^6 \cdot \frac{R'^2}{m_1^2} \cdot g^2 \cdot \varrho^2\right)}{\left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)^{0,5}}\right) \cdot \sin(Bt + w')$$

$$+ \left(\frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w^2}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot \sin wt\right) / \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)$$

де

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$tgy = \frac{m_1 \cdot g \cdot \varrho \cdot \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)}{\frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^3 \cdot R'}$$

З експериментальних досліджень і розрахунків бачимо, що ставлення $\frac{w}{B} < 0,02$

Звідси прогин консолі:

$$y = m_1 \cdot g \cdot \varrho \cdot (1 - \cos Bt) + \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot R' \cdot \sin wt / \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)$$

Маса чаші m_1 визначається:

$$m_1 = m_{\text{дн}} + m_6 = \frac{\pi D^2 \cdot p \cdot \sigma}{4} + D \cdot H \cdot p \cdot \sigma_1 \quad (3.3.8)$$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 7800 \cdot 0,005}{4} + 1 \cdot 0,13 \cdot 7800 \cdot 0,005 = 12,72 \text{ кг}$$

Маса грануляту на чаші визначається:

$$m = 6 \text{ кг} \quad (3.3.9)$$

$V_{\text{сл}}$ - обсяг нерухомого шару;

$\rho_{\text{сл}}$ - насипна вага грануляту.

$$V_{\text{сл}} = \frac{2}{3} * R^2 * H * \rho \quad (3.3.10)$$

$$m_2 = \frac{2}{3} \cdot 0,24^2 \cdot 0,10 \cdot 727 \cdot 1,12 = 3,12 \text{ кг}$$

Обчислимо частоту власних коливань вала:

$$B = \frac{1}{(m_1 \cdot \varrho)^{0,5}} \quad (3.3.11)$$

$$B = \frac{1}{(12,72 \cdot 4,034 \cdot 10^{-8})^{0,5}} = 1396 \text{ с}^{-1}$$

Кутова швидкість $n = 28$ об/хв.

$$w = 3,14 \cdot \frac{28}{30} = 2,9 \text{ с}^{-1}$$

Визначаємо прогин консолі:

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = 12,72 \cdot 9,81 \cdot 4,034 \cdot 10^{-8} \cdot (1 - \cos 1396t) + \left(\frac{7,42}{12,72}\right) \cdot \left(\frac{2,9}{1396}\right)^2 \cdot 0,28 \cdot \sin 2,9t / \left(1 - \left(\frac{2,9}{1396}\right)^2\right) = 1,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Інерційне зусилля $F_{\text{ин}}$ визначається зі співвідношення:

$$F_{\text{ин}} = m_1 \cdot g \cdot \left(\cos Bt - \left(\frac{w^2 \cdot R}{g}\right) / \left(1 - \left(\frac{w}{B}\right)^2\right)\right) \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{w}{B}\right)^2 \cdot \sin wt \quad (3.3.12)$$

$$F_{\text{ин}} = 12,72 \cdot 9,81 \cdot \left(\cos 1396t - \left(\frac{2,9^2 \cdot 0,28}{9,81}\right) / \left(1 - \left(\frac{2,9}{1396}\right)^2\right)\right) \cdot \frac{7,42}{12,72} \cdot \left(\frac{2,9}{1396}\right)^2 \cdot \sin 2,9t = 59 \text{ Н}$$

Коефіцієнт $K_{\text{дин}}$ визначимо з практичних рекомендацій

$$K_{\text{дин}} = 1 - \cos Bt = 1 - \cos 1328t = 1 - 1,328 \cos t$$

Напруга вигину для консольної ділянки вала з урахуванням максимального коефіцієнта динамічності:

$$B_{\text{из}} = 200 \cdot (m_1 \cdot l_2) \cdot d_2^3 = 200 \cdot (12,72 \cdot 0,06) \cdot 0,4^3 = 9,76 \text{ МПа} \quad (3.3.13)$$

Оскільки вал гранулятора виконаний зі сталі марки сталь 20, для якої:

$$[B_{\text{из}}] = 85 \text{ МПа}$$

$$B_{\text{из}} < [B_{\text{из}}]$$

$$9,76 < [85]$$

Жорсткість вала забезпечена.

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Розрахунок муфти

Муфта потрібна для з'єднання валу та підшипникового вузла з вихідним валом, так як між з'єднаннями є порушення співвісності, тому і є сенс з'єднати такий з'єднання муфтою. Для налагоджування співвісності в нашому випадку використовується дві половинчасті муфти, на яких є отвори для болтів і поперечний отвір для кріплення з валом. Муфта перевіряється на зріз по діаметру стержня по методу В.Е. Кулаєва [8]

Вхідні дані:

$K_p = 1,5$ – коефіцієнт режиму роботи [3, с.37];

$T_5 = 256,923$ – передавальний крутний момент;

$z = 4$ – кількість болтів;

$D_0 = 0,05$ – діаметр розміщення болтів;

$[\sigma_T] = 360$ МПа – Розрахункове значення межі текучості для сталі 45;[4]

$d_0 = 0,008$ – діаметр стержня болта;

$$\tau_{зр} = \frac{8T_5 * K_p}{\pi * D_0 * z * d_0^2 * 10^6} = \frac{8 * 256,923 * 1,5}{\pi * 0,05 * 4 * 0,008^2 * 10^6} = 76 \text{ МПа} \quad (3.4.1)$$

Отже, при заданому допустимому зрізі умова буде виконуватися ($\tau_{зр} < \sigma_T * 0,25$). Напруження, на яке діє на болт допустиме і задовольняє роботу.

Визначаємо кругову силу, переданий одним болтом на полумуфті:

$D_1 = 0,072$ – діаметр розміщення болтів на полумуфті;

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$z_1 = 4$ – кількість болтів на двох муфтах;

$$F_{t1} = \frac{2 * K_p * T_5}{D_1 * z_1} = \frac{2 * 1,5 * 256,923}{0,072 * 4} = 2676 \text{ Н} \quad (3.4.2)$$

Обираємо діаметр та довжину болта:

$$d_1 = 10 \text{ мм};$$

$$l_0 = 0,02 \text{ м}$$

З розрахунків робимо висновок, що підбрані болти витримують умову на зріз.

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання

Вимоги до монтажу.[14]

1. Тарільчастий гранулятор встановлюється відповідно до проекту. Монтажне креслення розробляється з урахуванням вимог креслення загального вигляду.
2. Гранулятор встановити на фундаменті.
3. Вивірити в горизонтальній площині за рівнем.
4. Підключити електродвигун до мережі згідно електричної схеми.
5. Тарільчастий гранулятор заземлити відповідно до ДСТУ та "Правил захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості".
6. Провести випробування приводу тарільчастого гранулятора вхолосту і під навантаженням.
7. Провести монтаж лінії подачі розчину.
8. Перевірити герметичність лінії подачі розчину водою.
9. Непрацюючу форсунку розібрати, промити в теплій воді. При необхідності видалити з внутрішній. Зібрати форсунку і випробувати на парі. Поставити форсунку на установку. Слід пам'ятати, що попадання забруднень в внутрішню порожнину виводить з ладу і зриває процес грануляції.
10. За дозатором необхідно слідкувати за працею подачі і не допускати зависання продукту в горловині конусу.
11. 1 раз в місяць проводити огляд і змазку електродвигуна і редуктора.

Основні правила пуску установки

Перед пуском установки всі обладнання повинні бути зібрані і очищені, Електрообладнання повинно бути в робочу готовність. Герметичність вузлів провести на воді. Після використання води необхідно злити її. Випробування ведуться в наступному порядку:

- Перевіряється герметичність;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Перевіряється на холостому ході дозатор;
- Виставити кут нахилу тарілки гранулятора, відносно опори.
- Перевірити працездатність тарілки на холостому ході;

Послідовність пуску установки:

- ✓ Перевірити на справність трубопроводів, вузлів, електрообладнання;
- ✓ Перевірити наявність ретуру в бункері і можливість подачі плаву;
- ✓ Ввімкнути тарілку;
- ✓ Подати ретур на тарілку;
- ✓ Заповнення тарілки проводиться до початку виходу ретуру в приємний бункер для готового продукта.
- ✓ Перевірити фактичну витрату ретура при необхідності відкоригувати його;
- ✓ Після прогріву трубопроводів і обладнання протягом 10 – 15 хвилин подачу «гострого» пару перекрити;
- ✓ Ввімкнути подачу плаву;
- ✓ Довести температурні умови на тарілці до потрібних умов шляхом зміни співвідношення витрат плаву і ретура;
- ✓ Після досягнення оптимальних температур і співвідношення витрати плаву і ретура установка може працювати;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання

Таблиця 3 – Можливі неполадки, причини та їх способи усунення

№№ пп	Порушення	Причини	Спосіб усунення
1	Матеріал не гранулюється	Висока температура шару	Зменшити нагрів обігрівачем
		Немає подачі плаву з форсунки або ж поганий розпил	Прочистити і пропарити форсунку
		Не працює дозатор	Перевірити роботу дозатора
		Змінились оберти тарілки	Відрегулювати обороти тарілки
2	Погіршення гранскладу і форми гранул	Низька температура шару	Збільшити температуру шару
		Змінилось положення форсунки	Направити факел розпилу форсунки в потрібну частину тарілки
		Зміна витрата матеріалу	Відрегулювати дозатор
		Зміна куту нахилу тарілки	Встановити необхідний кут нахилу

3	Підшипник	Перекошення корпусу підшипників при перекосі рами або ослабленні їх кріплення	Розібрати підшипниковий вузол, промити його і, якщо підшипник не має дефектів, шукати причини в підшипниковом у вузлі[14]
4	Перегрів підшипникових вузлів	Збільшення шуму, продуктивності, поява запаху гару	Недостача мастила Провести змащення обладнання[14]
5	Збільшення шуму валу	Збільшення шуму, зупинка роботи гранулятора, втрата форми Зношення поверхні валу	1.Механічна обробка, наплавка або металізація. Шліфування або проточка з шліфуванням. 2.При прогині вала використовують термічний метод правки. 3.Ремонтують вал електричним зварюванням.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XI.G.00.00.00 ПЗ

Арк.

43

Таблиця 4 – Засоби усунення аварійних станів

Вид аварійного стану	Гранично допустиме значення параметрів, підвищення яких може привести до аварії	Дії уникнення
Відключення електроенергії	Більш 5 секунд	Припинити подачу плаву і пропарити «гострим» паром при обов'язковим відводі в ємність для конденсату і зупинити подачу ретура., зупинити
Припинення подачі плаву	Більше 5 хвилин	гранулятор і припинити подавати пар на обігрів трубопроводу, продувка і відключення електроенергії від електроприводів.

Таблиця 5– Захист ділянок обладнання

Найменування обладнання, стадій процесу	Контрольований параметр або найменування ділянки (місце) захищеного обладнання	Захист
Відключення електроенергії	Привід гранулятора Привід дозатора Привід класифікатора Повітропідігрівник	Необхідно негайно: Припинити подачу плаву, пропарити трубопровід плаву, очистити тарілку від налиплого і розчиненого продукту.
Відключення гріючого пару	Трубопровід подачі плаву	Необхідно припинити подачу плаву і ретура, а потім зупинити установку
Відключення подачі повітря	Вузол розпилювача	Необхідно припинити подачу плаву та ретуру і зупинити установку

Таблиця 6– Найбільш небезпечні місця в тарілчастому грануляторі

Найменування вузла	Вид і поява недоліків	Причини	Наслідки	Заходи щодо уникнення
Тарілка гранулятора	Збільшення температури шару	Співвідношення витрат плаву і ретура порушено	Вирівнювання температури по всьому об'єму тарілки і зрив процесу	Контроль витрат плаву, ретура і температури продукту
Привод гранулятора	Зупинка обертання тарілки	Порушення електроживлення установки	—	Перевірити і відновити електроживлення
		Заклинювання редуктора	—	Провести ревізію і включити в роботу

5 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1 Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу

Контроль виробництва

На установці контролюються наступні параметри:

Таблиця 7 – Контроль виробництва

№№ пп	Параметри	Прибор
1	Температура плаву	термометр
2	Температура шару	термометр
3	Число обертів	секундомір
4	Витрата плаву	об'ємний метод
5	Витрата ретуру	дозатор
6	Вихід продукту	Зважування, ситовий аналіз

Рекомендовано передбачити сигналізацію по наступним показникам

- Відключення електроенергії;
- Припинити подачу пара;
- Припинити подачу ретура;
- Припинити подачу плава;

Рекомендовано передбачити електричний блок механізмів по наступній схемі: живильник ретура, подача плава, обертання тарілки.

Управління роботою установки рекомендується здійснювати с центрального пульту управління. Система управління повинна виконувати наступні функції:

- Автоматичний контроль і реєстрацію технологічних параметрів;
- Централізований контроль за роботою електрообладнання;

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- Автоматичну сигналізацію і захист обладнання при вимкненні передбачених справжніми даними;

5.2 Розроблення системи автоматизованого керування роботою обладнання

При масштабному переході від модельної установки потрібно коректувати витрату плаву і ретура. Для цього додатково встановлюються засоби автоматизації контролю і регулюванні(табл.) , які після завершенні серії експериментів можуть бути відключені.

Норми технологічного процесу

На установці потрібно витримувати наступні параметри в границях:

- a) Температура плаву $t_{пл} = 135 - 140 \text{ }^\circ\text{C}$
- b) Температура шару на $5 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ нижче $t_{пл}$
- c) Тиск на форсунці $0,6 - 0,8 \text{ кгс/см}^2$
- d) Концентрація плаву не менше ніж 92%

					<i>ХІ.Г.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва

Характеристика плаву і його властивості

На грануляцію необхідно подавати плав з концентрацією 92% і вище, тобто застосування плаву меншої концентрацією збільшує вміст води в готовому продукті і теплові навантаження на гранулятор.

Технологічна очистка процесу

Пилегазоунос с установки має місце бути біля лабораторного стенду. Для цього краще всього використовувати підведення витяжної вентиляції.

Основні правила безпеки введення процесу

Для безпечного ведення процесу необхідно заземлити і закрити кожухами електричне обладнання. Трубопроводи с плавом повинні бути ізольовані. Контроль за веденням процесу на тарілці необхідно проводити в захисних окулярах зі світлофільтром. Карбамід дратівливо впливає на шкіру людини, крім цього подразнення шкіри можуть викликати термічний опік, так як карбамід нагрітий до температури 140 °С. При попаданні розчину карбаміду необхідно уражене місце промити рясним струменем води. Працюючи с гранульованим карбамідом необхідно використовуватися рукавицями і респіратором. При подразненні шкіри необхідно помазати уражені місця маззю.

Відходи виробництва і викид з атмосфери

При отриманні гранул більш ніж 15 мм такі гранули вважаються відходом, тому їх направляють на розчинення або ж на дробарку.

Витяжна вентиляція установки підключається до вентиляції робочого приміщення. Стічні води не утворюються. При застосуванні гранулятора викиди гранулятора збільшуються.

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальний засіб захисту працівників

В виробництві карбаміду застосовуються наступні індивідуальні засоби захисту:

Від карбаміду – респіратор, костюм х/б, кожані черевики, окуляри закритого типу, рукавиці.

Аварійне зупинення установки можуть виникнути у будь-який час через порушення технологічного процесу, при виключенні електроенергії.

6.2 Розрахунок потенційно небезпечного фактору

Для запобігання враженню струмом обслуговуючого персоналу всі апарати та механізми що використовують в процесі виготовлення добрив електричний струм (насоси, шнековий дозатор, гранулятор, класифікатор) підлягають заземленню і розраховують. Заземлювачі заглиблені і розміщені в одному ряду (глибина заглиблення $h = 50$ см).

Таблиця 9– Вхідні дані для розрахунку заземлення

Вихідні дані	
Показник	Труба
Довжина заземлювача, см	170
Діаметр заземлювача, см	5
Ширина з'єднувальної смуги	5
Ґрунт	Торф
Кліматична зона	I

Допустимий опір визначається у відповідності вимог ПУЕ розтіканню струму в заземленні R_3 . Для мереж з напругою 1000 В обираємо $R_3 = 4$ Ом. Визначається питомий опір ґрунту, який рекомендовано для розрахунків для торфу це $\rho = 2000$ Ом * см. Підвищувальні коефіцієнти для труб та з'єднувальної смуги, які враховують зміну опору ґрунту в різні пори року, отже $K_{п.т} = 1.8$, $K_{п.с} = 4.0$.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних електродів з урахуванням несприятливих умов з підвищувальним коефіцієнтом

$$\rho_{\text{розр.т}} = \rho_{\text{табл}} * K_{\text{П.Т}} = 2000 * 1,8 = 3600 \text{ Ом} * \text{см} \quad (6.2.1)$$

Питомий розрахунковий опір ґрунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_{\text{розр.т}} = \rho_{\text{табл}} * K_{\text{П.С}} = 2000 * 4 = 8000 \text{ Ом} * \text{см} \quad (6.2.2)$$

Відстань під поверхні землі до середини вертикального заземлювача

$$t = h_3 + \frac{l_m}{2} = 50 + \frac{170}{2} = 135 \text{ см} \quad (6.2.3)$$

h_3 – глибина заглиблення труб, см

l_m – довжина вертикального заземлювача.

Опір розтіканню струму для одного вертикального заземлювача, який розташований нижче від поверхні землі:

$$R_T = 0,366 * \frac{\rho_{\text{розр.т}}}{l_T} \left(\lg \frac{2l_T}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right) \quad (6.2.4)$$

$$R_T = 0,366 * \frac{3600}{170} \left(\lg \frac{2 * 170}{5} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 * 135 + 170}{4 * 135 - 170} \right) = 15 \text{ Ом}$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів без урахувань коефіцієнта екранування

$$n_T * n_{e.T} = \frac{R_T}{R_3} = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ шт} \quad (6.2.5)$$

Приймаємо 4 шт.

Відстань між вертикальними заземлювачами L_T

$$c = \frac{L_T}{l_T} \quad (6.2.6)$$

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стаціонарних заглиблених заземлювачів береться $C = 1$. $L_T = l_T = 170$ см.

Коефіцієнт екранування труб при числі труб n_T при відношенні:

$$c = \frac{L_T}{l_T} * n_{e.T} = 0,78 \quad (6.2.7)$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з коефіцієнтом екранування:

$$n_{T.E} = \frac{R_T}{R_3 * n_{E.T}} = \frac{15}{4 * 0,78} = 4,80 \text{ шт} \quad (6.2.8)$$

Приймаємо 5 шт.

Визначаємо довжину з'єднувальної смуги:

$$L_{3.C} = 1,05 * L_T(n_{T.E} - 1) = 1,05 * 170 * (4 - 1) = 536 \quad (6.2.9)$$

Визначаємо опір розтікання струму в з'єднувальній смугі:

$$R_{3.C} = 0,366 * \frac{\rho_{розр.с}}{L_{3.C}} \lg \frac{L_{3.C}^2}{h_3 * b_C} = 0,366 * \frac{8000}{536} \lg \frac{2 * 536^2}{50 * 7} = 17,5 \text{ Ом} \quad (6.2.10)$$

Розрахунковий опір для розтікання електричного струму в з'єднувальній смугі з коефіцієнтом екранування:

$$R_{розр.с} = \frac{R_{3.C}}{n_c * \eta_{E.3.П}} = \frac{17,5}{1 * 0,77} = 22,72 \text{ Ом} \quad (6.2.11)$$

де n_c –кількість з'єднувальних смуг

Загальний розрахунковий теоретичний опір розтіканню струму від вертикальних заземлювачів та з'єднувальної смуги:

$$R_{заг.розр} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розр.Т}} + \frac{1}{R_{розр.С}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,49} + \frac{1}{22,72}} = 3,74 \text{ Ом} \quad (6.2.12)$$

$R_{заг.розр}$ менше $R_3 = 4$ Ом, отже заземлення розраховано правильно[15].

					<i>XI.G.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У даній магістерській роботі проведені дослідження модельній грануляційної установки, що надали змогу напрацювати партії гранул карбаміду і аміачної селітри для сільськогосподарських випробувань.

Встановлена залежність між якістю і форми гранул і збільшенням температури плаву і його концентрацією.

Продовження досліджень на модельній грануляційної установці потребує заміну секторного дозатора на більш продуктивний, доробити вузол розпилювача, приводу установки і вузла відбору плава.

Також доцільно використати методику в промислових умовах для отримання гранул карбаміду і аміачної селітри в високотемпературному режимі, але для цього треба розробити ТЕО і пройти експертизу.

Достатня кількість біурета в перших дослідах обумовлено тривалим перебуванням плаву в рідкому стані, що не являє собою недоліком процесу, так як за один прохід через гранулятор вміст біурета в гранулі не збільшується не більше чим на 0,1 відсоток.

Виконана орієнтовна оцінка процесу, також пропоновані розрахунки складу мінеральних добрив, конструктивні, перевірено апарат на міцність і вузли з'єднань, також описана охорона праці працівників, монтаж та автоматизація.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Список літератури

1. Dr R. M. THE FACTS: NITROGEN FERTILIZER [Електронний ресурс] / Robert Mikkelsen Dr – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.cropnutrition.com/resource-library/the-facts-nitrogen-fertilizer>.
2. СТАЛЬ 12Х18Н10Т [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://westa.kiev.ua/standarty/marki-stali/stal-12x18h10t>.
3. Ст 20 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-20/>.
4. Класен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования, - М., 1982;
5. Вакал С.В., Кононенко Н.П, Стрельцов В.В.// Тезисы докладов УП Республиканской конференции: Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств. – Львов, 1988. –с.27;
6. 1. Дисковый гранулятор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://russian.alibaba.com/product-detail/high-quality-disc-pelletizer-limestone-granulator-for-sale->
7. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Под.общ.ред. Григорьева В.А, Зорина В.М., - 2 изд. Перераб
8. Учебное пособие по дисциплине: «Детали машин и основы конструирования раздела «Муфты механические для соединения валов»
9. Пажи Д. Г. Форсунки в химической промышленности / Д. Г. Пажи, А. М. Прахов, Б. Б. Равикович... – Москва: Химия, 1981. – 224 с. – (М).
10. Интернет версия учебного пособия по дисциплине "Машины и аппараты химических производств". [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <http://macp.web.tstu.ru/main08.html>
11. КАРБАМИД: технологии производства [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=773.
12. Карбамид [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://kosagro.kz/karbamid>.

						XI.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
							52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

13. Достоинства и недостатки карбамида [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uapg.ua/ru/blog/karbamid-opis/>.

14. Нічволодін, К.В. Установка виробництва гранульованого фосфоритного борошна. Розробити тарілчастий гранулятор [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 6.133 - галузеве машинобудування / К.В. Нічволодін; наук. керівник М.С. Скиданенко. - Суми: СумДУ, 2020. - 50 с.

15. ДСТУ Б В.2.5–38:2008. Улаштування блисквозахисту будівель і споруд. Видання офіційне / Мінрегіонбуд України – Київ, 2008

16. Кувшинова А. С. Моделирование процессов агломерирования и капсулирования дисперсных материалов в полимерные оболочки в тарельчатом грануляторе: спец. 05.17.08 "Процессы и аппараты химических технологий" / Кувшинова А. С. – Иваново, 2005. – 20 с.

					ХІ.Г.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		