

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Виробництво гранульованого амофосу.
Розробити та модернізувати барабанний гранулятор-
сушарку (БГС)

Виконав:
студент групи ХМмдн-91п
Паєта Михайло Миколайович

підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:
канд. техн. наук, доцент

Яхненко Сергій Михайлович

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 12 рис., 4 табл., 1 додаток, 24 джерела.

Графічні матеріали: технологічна схема установки отримання гранульованого амофосу, складальний кресленик барабанної гранулятор-сушарки, складальний кресленик упорного ролика, інформаційний плакат – усього 4 аркуша графічної частини (5,0×А1).

Тема кваліфікаційної роботи «Виробництво гранульованого амофосу. Розробити та модернізувати барабанний гранулятор-сушарку (БГС)».

У роботі проведено аналіз літературних джерел, а саме розглянуті процеси сушіння і грануляції як способи поліпшення фізико-хімічних і механічних властивостей дисперсних продуктів; розглянуто обладнання для сушіння та гранулювання мінеральних добрив, проведено критичний аналіз їх конструкцій та режимів роботи; детально розглянута конструкція і принцип роботи апарату БГС. Проведено технологічне дослідження процесу і установки отримання гранульованого амофосу. Окремим розділом представлено інформаційне та апаратне забезпечення автоматизованого управління БГС, де зроблений вибір елементів і контролю технологічної операції, а також вибір приладів для автоматизації, контролю та управління процесом. У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей під час роботи досліджуваної установки.

Ключові слова: АМОФОС, ГРАНУЛЯЦІЯ, ГРАНУЛЯТОР-СУШАРКА, БАРАБАН, ЦИКЛОН, ПОВІТРОДУВКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ	6
1.1 Характеристика хімічного продукту	6
1.2 Методи отримання амофосу	6
1.3 Характеристика сировини	7
1.4 Конструктивний аналіз грануляторів	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Опис технологічної схеми виробництва	22
2.2 Технологічні розрахунки	29
2.3 Конструктивні розрахунки	37
2.4 Гідравлічні розрахунки	38
2.5 Вибір допоміжного обладнання	40
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	43
3.1 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	43
3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність	45
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	53
4.1 Обґрунтування компонування обладнання установки	53
4.2 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання	55
5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	60
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТОК	

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Паєта</i>				Виробництво гранульованого амофосу. Апарат БГС Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Яхненко</i>						4	79
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМмдн – 91п		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>							

ВСТУП [1, 2]

Розвиток сучасного виробництва викликано постійним зростанням суспільних потреб в певних продуктах праці, зокрема мінеральних добривах. Амофос є одним з найпоширеніших складним добривом. Це пояснюється його високою агрохімічною ефективністю і гарною сумісністю з іншими добривами, що дозволяє на основі амофосу отримувати змішані добрива з будь-яким заданим співвідношенням поживних речовин. Окрім того, для виробництва амофосу можна використовувати фосфоритні руди (24–26% P_2O_5). Амофос отримують із фосфорної кислоти на основі апатитового концентрату і на основі фосфоритів.

На даний час у промисловому масштабі освоєно різноманітні схеми виробництва амофосу. Так, на основі розбавленої екстракційної фосфорної кислоти (19–30 % P_2O_5) процес проводять:

- із сушінням пульпи в розпилюючій сушарці з подальшою грануляцією порошкового амофосу;
- з упарюванням амонізованої пульпи у вакуум-випарних апаратах і з грануляцією і сушкою продукту в апараті БГС;
- із сушінням пульпи і грануляцією амофосу в розпилюючій з киплячим шаром сушарці-грануляторі (РКСГ).

У нашому випадку, із огляду на тематику проекту, методом виробництва є упарювання пульпи у вакуум-випарних апаратах із наступним сушінням в апараті БГС.

Кваліфікаційна робота магістра є комплексним завданням, що узагальнює знання, отримані студентами при вивченні фундаментальних, професійно-орієнтованих і спеціальних дисциплін. Метою даної роботи є вивчення технології виробництва амофосу з упарюванням амофосної пульпи і гранулюванням в барабанному гранулятор-сушарці (БГС), а також дослідження, чисельне моделювання (розрахунок) і оптимізація процесів грануляції і сушіння в апараті БГС.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ

1.1 Характеристика хімічного продукту

Амофос володіє найкращими з усіх вироблюваних фосфоровмісних добрив фізико-механічними властивостями [2]. А тому він служить оптимальним компонентом сухих тукоsumішей, а також входить до складу багатьох складних і складно-змішаних добрив.

Амофос випускається у вигляді гранул білого кольору з жовтуватим відтінком. Продукт не комкується, оброблений протипильною добавкою.

Залежно від виду сировини, із якої виробляють H_3PO_4 (апатит, фосфорити), вміст поживних речовин в амофосі складає: 10–12% азоту, 42–52% засвоюваного P_2O_5 , у т. ч. 34–48% водорозчинного. Вологість готового продукту не більше 1%, кількість у ньому гранул розміром 1–4 мм – не менше 90%.

1.2 Методи отримання амофосу [3]

Фактором, який принципово визначає технологію виробництва амофосу, є вологість пульпи, що надходить на переробку в готовий продукт. Відповідно до цього існуючі способи виробництва амофосу класифікуються на способи, засновані на переробці концентрованої (10–25% H_2O) пульпи, та способи, засновані на переробці розведеної (вище 25% H_2O) пульпи.

У способах, заснованих на переробці концентрованої пульпи, лімітуючі фактори технології визначаються реологічними характеристиками системи, тому для таких процесів краще використовувати апарати, що дозволяють переробляти в'язкі середовища (струменевий реактор, АГ тощо).

Лімітуючим фактором технології при переробці розбавлених пульп є процес видалення вологи для отримання кондиційного продукту, тому в даному випадку доцільно використовувати ефективні тепломасообмінні

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

апарати (БГС, РКСГ тощо).

Процес отримання фосфатів амонію, заснований на переробці концентрованої пульпи, має наступні переваги:

- скорочуються сумарні енерговитрати;
- підвищується продуктивність сушильного обладнання;
- скорочуються обсяги відведених на очистку газів.

Із урахуванням усіх цих даних було обрано метод отримання амофосу з упарюванням пульпи у вакуум-випарних апаратах і подальшим сушінням в апараті БГС.

Основні переваги процесу виробництва гранульованого амофосу з упарюванням пульпи в багатокорпусній вакуум-випарній установці – сушіння і гранулювання в БГС у порівнянні зі схемою з розпилувальними сушарками полягають у зниженні енергетичних витрат майже в 1,5 рази, підвищення продуктивності основного технологічного устаткування, значне зменшення кількості відхідних газів (більше ніж у 2,5 рази).

1.3 Характеристика сировини

Сировина – це один із основних елементів технологічного процесу, який визначає у значній мірі його економічність, техніку виробництва і якість одержуваного продукту.

Сировиною називають природні матеріали, використовувані у виробництві промислових товарів. Внаслідок зростання промислового виробництва і збільшення асортименту хімічної продукції виникає необхідність у нових видах сировини. Розвиток техніки видобутку, підготовки, збагачення сировини дозволяє використовувати нові види сировини, корисні копалини, що містять малі кількості корисних компонентів. Таким чином, сировинна база хімічної промисловості безперервно розширюється.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідним матеріалом багатьох виробництв є сировина, яка вже піддавалася промисловій переробці. Її називають напівпродуктом (напівфабрикатом або основним матеріалом). Деякі хімічні виробництва використовують у якості сировини відходи і побічні продукти інших виробництв. Сировина у значній мірі визначає якість і собівартість продукту.

Основна сировина

Фосфорна кислота. Ортофосфорна кислота – неорганічна кислота з хімічною формулою H_3PO_4 , яка за стандартних умов являє собою безбарвні гігроскопічні кристали.

За температури вище $213^{\circ}C$ вона перетворюється у пірофосфорну кислоту $H_4P_2O_7$. Дуже добре розчиняється у воді. Зазвичай ортофосфорною (або просто фосфорною) кислотою називають 85% водний розчин (безбарвна сиропоподібна рідина без запаху). Розчинна також в етанолі та інших розчинниках.

Фосфорна кислота змішується з водою у будь-яких співвідношеннях. Розбавлені водні розчини мають кислуватий смак. Із висококонцентрованих розчинів кристалізується у вигляді гемігідрату (напівгідрату) $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$ – безбарвні кристали моноклінної сингонії.

Фосфорна кислота за нормальних умов малоактивна і реагує лише з карбонатами, гідроксидами і деякими металами. При цьому утворюються одно-, дво- і тризаміщені фосфати. При нагріванні вище $80^{\circ}C$ реагує навіть із неактивними оксидами, кремнеземом і силікатами. При підвищених температурах фосфорна кислота – слабкий окислювач для металів. При дії на металеву поверхню розчином фосфорної кислоти із добавками Zn або Mn утворюється захисна плівка (фосфатування). Фосфорна кислота при нагріванні втрачає воду з утворенням послідовно піро- і метафосфорної кислот.

У промисловості фосфорну кислоту отримують термічним і екстракційним способами.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Термічний спосіб (дозволяє виробляти найбільш чисту фосфорну кислоту) включає основні стадії: спалювання (окислення) елементного фосфору в надлишку повітря, гідратацію та абсорбцію отриманого P_4O_{10} конденсацію фосфорної кислоти і уловлювання туману з газової фази.

Існують два способи отримання P_4O_{10} :

- окислення парів P (в промисловості використовують рідко);
- окислення рідкого P у вигляді крапель або плівки.

Ступінь окислення P у промислових умовах визначається температурою в зоні окислення, дифузиею компонентів та іншими факторами. Другу стадію отримання термічної фосфорної кислоти – гідратацію P_4O_{10} – здійснюють абсорбцією кислоти (водою) або взаємодією парів P_4O_{10} із парами води. Гідратація ($P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$) протікає через стадії утворення поліфосфорних кислот. Склад і концентрація утворених продуктів залежать від температури і парціального тиску парів води.

Усі стадії процесу можуть бути суміщені в одному апараті, окрім уловлювання туману, яке завжди відбувається в окремому апараті. У промисловості, зазвичай, використовують схеми із двох або трьох основних апаратів. Залежно від принципу охолодження газів існують три способи виробництва термічної фосфорної кислоти: випарний, циркуляційно-випарний, теплообмінно-випарний.

Випарні системи, засновані на відводі теплоти при випаровуванні води або розведеної фосфорної кислоти, найбільш прості в апаратурному оформленні. Циркуляційно-випарні системи дозволяють поєднати в одному апараті стадії спалювання P, охолодження газової фази циркулюючою кислотою і гідратацію P_4O_{10} .

Теплообмінно-випарні системи поєднують два способи відведення теплоти: через стінку башт спалювання і охолодження, а також шляхом випаровування води з газової фази; суттєва перевага системи – відсутність контурів циркуляції кислоти з насосно-холодильним обладнанням.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

На вітчизняних підприємствах експлуатують технологічні схеми з циркуляційно-випарним способом охолодження (двобаштова система). Основна галузь використання фосфорної кислоти – виробництво фосфорних і складних концентрованих добрив, а також отримання кормових фосфатів, синтетичних миючих і водопом'ягчуючих засобів.

Аміак (NH₃), нітрид водню, за нормальних умов – безбарвний газ із різким характерним запахом (запах нашатирного спирту), майже вдвічі легший за повітря, ГДК 20 мг/м³ – IV клас небезпеки (малонебезпечні речовини). Розчинність NH₃ у воді надзвичайно велика – близько 1200 об'ємів (при 0°C) або 700 об'ємів (при 20°C) в обсязі води.

Порівняння фізичних властивостей рідкого аміаку з водою показує, що аміак має більш низькі температури кипіння (t_{кип} –33,35°C) і плавлення (t_{пл} –77,70°C), а також більш низьку щільність, в'язкість (в'язкість рідкого аміаку в 7 разів менше в'язкості води), провідність і діелектричну проникність. Це, у деякій мірі пояснюється тим, що міцність цих зв'язків у рідкому аміаку істотно нижче, ніж у воді, а також тим, що у молекулі аміаку є лише одна пара неподілених електронів, на відміну від двох пар в молекулі води, що не дає можливість утворювати розгалужену мережу водневих зв'язків між декількома молекулами.

Аміак легко переходить у безбарвну рідину із щільністю 681,4 кг/м³, сильно заломлюючи світло. Подібно воді, рідкий аміак сильно асоційований, головним чином за рахунок утворення водневих зв'язків. Рідкий аміак практично не проводить електричний струм. Рідкий аміак – гарний розчинник для дуже великого числа органічних, а також для багатьох неорганічних сполук. Твердий аміак – безбарвні кубічні кристали.

Промисловий спосіб отримання аміаку заснований на прямій взаємодії водню і азоту:



					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

Це так званий процес Габера (німецький фізик, що розробив фізико-хімічні основи методу). Реакція відбувається з виділенням тепла і зниженням обсягу. Отже, виходячи з принципу Ле-Шательє, реакцію слід проводити при можливо низьких температурах і при високому тиску – тоді рівновагу буде зміщено вправо. Однак швидкість реакції при низьких температурах дуже мала, а при високих збільшується швидкість зворотної реакції. Проведення реакції при дуже високому тиску вимагає створення спеціального, що витримує високий тиск, обладнання, а значить і великих капіталовкладень. Окрім того, рівновага реакції навіть при 700°C встановлюється занадто повільно для практичного її використання.

Застосування каталізатора (пористе залізо із домішками Al_2O_3 і K_2O) дозволило прискорити досягнення рівноважного стану. Цікаво, що при пошуку каталізатора на цю роль пробували більше 20 тисяч різних речовин. Із огляду на всі вищенаведені фактори, процес отримання аміаку проводять за наступних умов: температура 500°C, тиск 350 атмосфер, каталізатор. Вихід аміаку за таких умов становить близько 30%. У промислових умовах використовується принцип циркуляції – аміак видаляють охолодженням, а азот і водень, що не прореагували, повертають у колону синтезу. Це виявляється більш економічним, аніж досягнення більш високого виходу реакції за рахунок підвищення тиску.

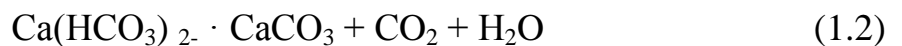
Допоміжна сировина

Вода. Хімічна промисловість використовує воду у величезних кількостях і для найрізноманітніших цілей. Це пояснюється комплексом цінних властивостей води, її доступністю і зручностями застосування. На заводах воду використовують в основному для охолодження рідин і газів. Порівняно менше її витрачають на чисто технологічні потреби. Воду використовують також для живлення парових котлів, які виробляють пару для відгону газів у відділенні дистиляції, для парових машин, якщо вони є на заводі, і опалення приміщень.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Якість води характеризується вмістом розчинених у ній солей і газів. Особлива увага приділяється так званим солям жорсткості, тобто солям кальцію і магнію, які завжди містяться в природних наземних і підземних джерелах води.

Розрізняють тимчасову і постійну жорсткість води. Перша обумовлена розчиненими у воді бікарбонатами $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, які при нагріванні води до температури кипіння розкладаються з виділенням в осад карбонатних солей, наприклад:



Солі постійної жорсткості – CaCl_2 , CaSO_4 та інші – при нагріванні з води не видаляються. Вони виділяються в осад при випаровуванні води, утворюючи на стінках апаратів щільний накип. Жорстку воду можна використовувати тільки в тих випадках, коли умови її застосування не викликають виділення твердих осадів, наприклад в холодильниках, де охолоджуюча вода не нагрівається до температури, що сприяє усуненню тимчасової жорсткості. У котельних установках, де вода не тільки нагрівається, але і випаровується, неприпустима не тільки тимчасова, а й постійна жорсткість. Тому воду для них попередньо очищують від солей кальцію і магнію хімічним способом на спеціальних установках. На заводах, що витрачають великі кількості води, використовують «оборотну воду», одержувану охолодженням уже використаної нагрітої води в спеціальних установках – градирнях, бризкальних басейнах і т. п.

Метан. Найпростіший вуглеводень, безбарвний газ (за нормальних умов) без запаху, хімічна формула – CH_4 . Малорозчинний у воді, легший за повітря. При використанні в побуті, промисловості у метан зазвичай додають одорант (зазвичай меркаптани) зі специфічним «запахом газу». Метан нетоксичний і безпечний для здоров'я людини. Однак є дані, що метан відноситься до токсичних речовин, що діють на центральну нервову систему. Накопичуючись у закритому приміщенні, метан вибухонебезпечний.

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

Збагачення одорантами робиться для того, щоб людина вчасно помітила витік газу. На промислових виробництвах цю роль виконують датчики і в багатьох випадках метан для лабораторій і промислових виробництв залишається без запаху.

1.4 Конструктивний аналіз грануляторів

Для процесів грануляції застосовується велика кількість різноманітних за будовою та принципом дії апаратів. Проте слід мати на увазі що органічна сировина має деякі особливості, вона здатна пригорати та розкладатися при високих температурах, має велику природну липкість та високу в'язкість, добре комкується без застосування в'язучих речовин [4–8].

Гранулювання обкочуванням являє собою процес агломерації порошкоподібних матеріалів після попереднього їх змочування кріпильною речовиною. Процес грануляції обкочуванням полягає в утворенні агрегатів з рівномірно змочених частинок або нашаруванні сухих часточок на зволожені центри грануляції. Цей процес обумовлений дією капілярно-адсорбційних сил зчеплення між частинками і подальшим ущільненням структури, викликаним силами взаємодії між частинками в щільному динамічному шарі. Грануляція обкочуванням проводиться в апаратах барабанного та тарілчастого типів.

Тарілчастий гранулятор (рис. 1.1) являє собою тарілку, що обертається навколо похилої осі. Сировину подають через верхній завантажувальний штуцер гранулятора (6), в апараті сировина піддається змочуванню розпиленою кріпильною рідиною з форсунок і обкочується до гранул потрібної величини на поверхні тарілки (1). По мірі зростання, гранули переміщуються від центру диска гранулятора до краю під дією зростаючої відцентрової сили та скидаються з диска в прийомний збірник. Якість грануляції, а також властивості отриманих гранул залежать від: фізико-хімічних властивостей сировини що піддається агломерації, швидкості подачі сировини, швидкості обертання і кута нахилу гранулятора.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

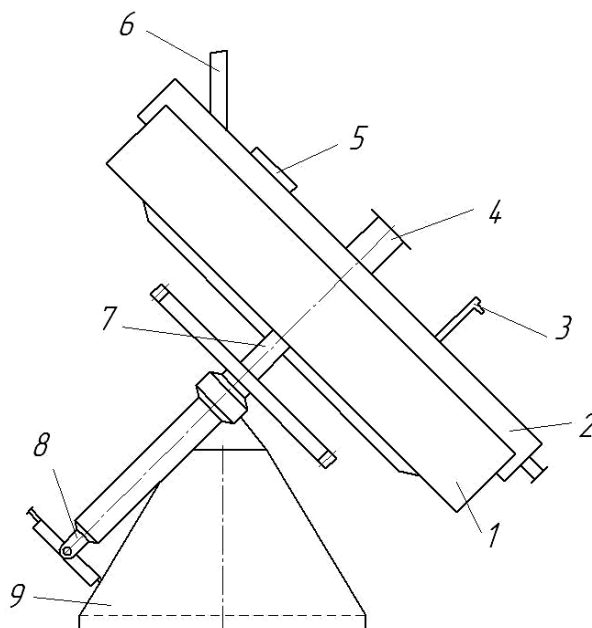


Рисунок 1.1 – Будова тарілчастого гранулятора:

1 – обертова тарілка; 2 – герметизуючий кожух; 3 – форсунка для подачі рідини; 4 – патрубок для відсмоктування парів; 5 – оглядове вікно; 6 – патрубок для подачі сировини; 7 – вал; 8 – механізм зміни кута нахилу тарілки; 9 – рама.

Тарілчасті гранулятори досить компактні, забезпечують візуалізацію процесу, дозволяють отримати монодисперсні гранули високої міцності та щільності при незначних капітальних затратах. Проте вирішальний вплив на результати гранулювання обкочуванням має вологість, занадто зволожений матеріал буде ковзати по поверхні тарілки, занадто висушений матеріал не буде гранулюватися. Ще одним недоліком є малий час перебування матеріалу в апараті.

Оскільки в барабанних грануляторах (рис. 1.2) механізм гранулоутворення подібний до тарілчастих (обкочування) вони мають такі ж самі недоліки в роботі, а саме велику чутливість до вмісту вологи. Оптимальною для грануляції в барабанних апаратах є вологість в межах 15%, дуже зволожений матеріал ковзає по поверхні барабану, при цьому погіршується перемішування та знижується продуктивність.

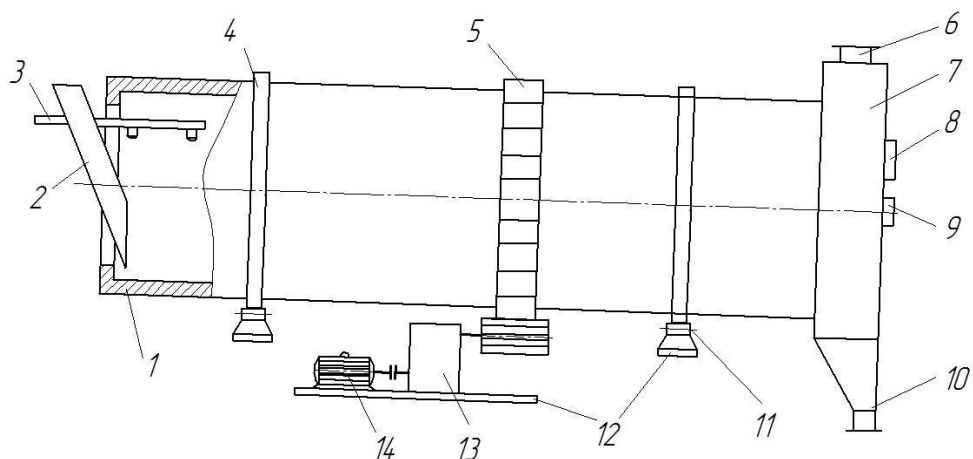


Рисунок 1.2 – Будова барабанного гранулятора:

1 – обичайка; 2 – патрубок завантаження порошку; 3 – розподільник в'язучої рідини; 4 – бандаж; 5 – вінцева шестерня; 6 – патрубок відсмоктування парів; 7 – камера вивантаження; 8 – вікно для підсвічування; 9 – оглядове вікно; 10 – патрубок вивантаження гранул; 11 – опорний ролик; 12 – бетонні основи; 13 – редуктор; 14 – електромотор.

При вологості матеріалу вище оптимального значення для ефективного проведення процесу його необхідно попередньо довести до необхідної вологості. Наряду із вищевказаними недоліками мають місце наступні: полідисперсний склад кінцевого продукту, складність регулювання та автоматизації процесу через наявність великої кількості технологічних та конструктивних факторів, неможливість візуального спостереження за процесом.

Останнім часом широкого розповсюдження набувають апарати киплячого шару, в яких одночасно відбуваються процеси сушки та грануляції. Такі апарати мають значно вищу ефективність в порівнянні з іншими. Для гранулювання в киплячому шарі застосовуються апарати різних конструкцій, які класифікуються за формою корпусу на: циліндричні, конічні (з малим до 20° та великим $30-60^\circ$ кутом розкриття), циліндроконічні, прямокутні, квадратні і т.д. Форма апарата визначає його гідродинамічні властивості. Наприклад в апаратах циліндричної форми з кутом розкриття до 20° відбувається рівномірне по всьому перерізу псевдозрідження, а в

апаратах з великим кутом розкриття відбувається «фонтанування» за рахунок того що у центрі апарату виникає «розріджене ядро» та утворюється більш щільний сповзаючий шар у пристіночній області апарату. Існують також багатоканерні гранулятори в яких відбувається розподіл по камерах гранульованої речовини, гранулювання в них можуть проводити в декількох камерах, або в одній – грануляцію а в інших – додаткові операції (сушку, змішування, охолодження і т. д.). Форма корпусу гранулятора в значній мірі визначається можливістю переходу від лабораторних до промислових масштабів установки.

Апарати циліндричної форми (рис. 1.3) успішно застосовуються в процесах гранулювання коли матеріали мають підвищену в'язкість та схильність до злипання. В апаратах з постійним поперечним перерізом мають місце три типи псевдозрідження: поршневе, бульбашкове та струминне, які відрізняються один від одного ступенем неоднорідності шару.

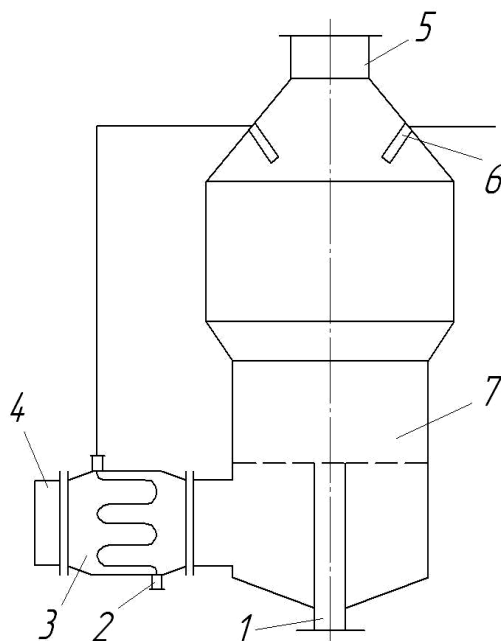


Рисунок 1.3 – Циліндричний апарат КШ з центральним вивантаженням:
 1 – патрубок для вивантаження товарних гранул; 2 – патрубок для введення рідини; 3 – калорифер; 4 – патрубок для введення теплоносія; 5 – патрубок для виходу відпрацьованого теплоносія; 6 – форсунка для рідини; 7 – корпус апарата.

Відсутність кута розкриття в циліндричних апаратах забезпечує постійність швидкостей повітря що забезпечує рівномірний розподіл гранул та їх активне перемішування без злипання.

Апаратам з конічним (рис. 1.4) та конічно-циліндричним корпусом (рис. 1.5) характерне утворення фонтануючого шару: захоплені псевдозріджуючим агентом частинки, рухаються вгору до периферії, після чого вздовж бокової поверхні конуса рухаються вниз до розподільчої решітки, після чого цикл повторюється. Конічні та конічно-циліндричні апарати призначені для грануляції малозлипаючих речовин, оскільки при фонтануючому типі руху – гранули скочуються безпосередньо по стінці апарату.

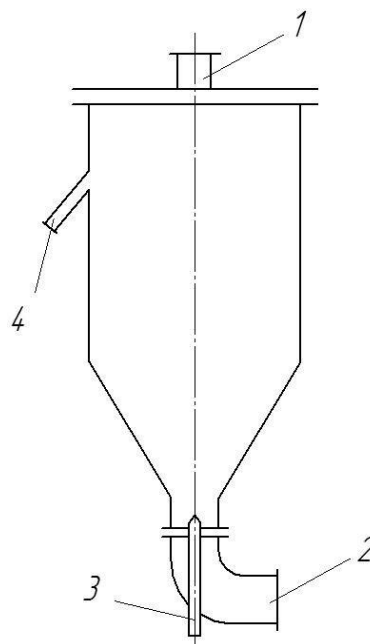


Рисунок 1.4 – Конічний апарат з фонтануючим шаром:

- 1 – патрубок для виходу теплоносія; 2 – патрубок для введення теплоносія;
3 – форсунка рідини; 4 – патрубок для виведення готових гранул.

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

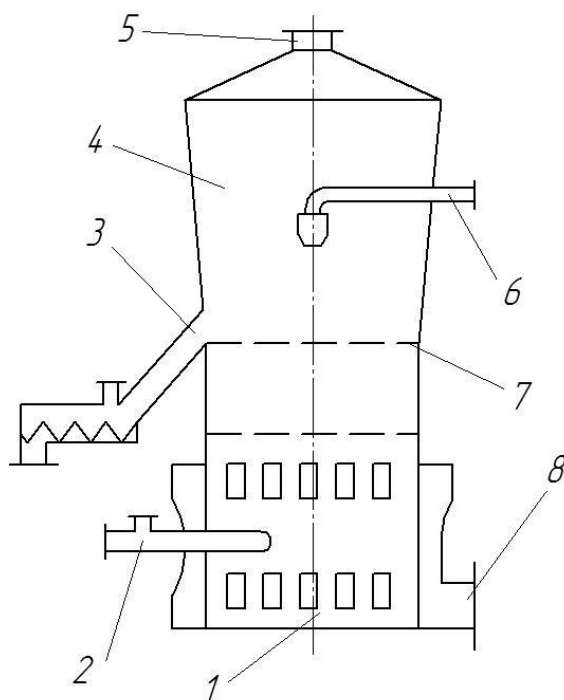


Рисунок 1.5 – Конічно-циліндричний апарат киплячого шару з вбудованою топкою і подачею рідини на шар:

1 – вбудована топка; 2 – газова горілка; 3 – патрубок для вивантаження гранул; 4 – корпус апарата; 5 – патрубок для відводу відпрацьованого теплоносія; 6 – механічна форсунка; 7 – газорозподільна решітка; 8 – патрубок для введення теплоносія.

Окрім форми корпусу гранулятори з псевдозріджуючим шаром розрізняються: способом підводу тепла, місцем розміщення та конструкцією розподілювача (форсунки) рідини та пристроєм для вивантаження готового продукту. Рідину (суспензію) подають зверху на дзеркало псевдозріджуючого шару (циліндричний з центральним розвантаженням та подачею розчину на шар, конічний з вбудованою топкою та подачею рідини на шар, прямокутний з подачею рідини на шар, прямокутний багатосекційний, конічний апарат з боковим розвантаженням з нижньої частини та двопотоковою подачею теплоносія конструкції апарату). Рідина може подаватися в шар за напрямком до газорозподільної решітки та горизонтально (конічний з комбінованим вводом рідини та теплоносія і центральним сепаруючим розвантаженням, прямокутний багатосекційний,

кільцевий апарати). Також існують гранулятори киплячого шару з нижнім підведенням рідини в шар (прямокутний багатосекційний, конічний апарат з фонтануючим шаром та підведенням рідини знизу та вивантаженням на рівні дзеркала шару).

Розпилення рідини зверху над киплячим шаром гранул пневмоспособом, при правильному конструктивному оформленні є досить ефективним, при цьому способі в апараті відбувається хвилеподібне викривлення поверхні шару, при якому різко збільшується площа контакту двох зустрічних потоків та інтенсифікуються процеси тепло- та масообміну. В разі неточного налаштування режиму, при розпиленні рідини над шаром пневмоспособом стикаються з проблемами значного виносу дрібної фракції з апарату або пригнічення псевдозрідження через зустрічну взаємодію двох протилежно направлених потоків.

Якщо вологовміст відпрацьованого сушильного агенту дозволяє отримати продукт потрібної якості, то оптимальною є схема з подачею рідини в киплячий шар, це дозволяє зменшити винесення та створити умови для розвитку факела та збільшення поверхні зрошення. При подачі рідини в шар для гарного її диспергування необхідно передбачити наявність вільного простору для розвитку рідинного струменя в апараті. Чим більша витрата рідини тим більший об'єм факелу, та його довжина. Для горизонтальної подачі суспензії в шар раціональним з огляду на необхідність повного розподілення факелу по перерізу апарату буде розташування форсунки на боковій стінці апарату. Оптимальна висота шару над соплом горизонтальної форсунки H_p визначається за довжиною факела X_f з співвідношення:

$$1,6 \geq X_f/H_p \geq 0,8 \quad (1.3)$$

Відстань форсунки від газорозподільчої решітки апарату повинна бути рівною або більше максимального радіусу струменя.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

При подачі суспензії в шар знизу, довжина факела а отже й продуктивність форсунки обмежується висотою шару, тому для збільшення продуктивності при збереженні висоти шару виникає необхідність в установці декількох форсунок, що призводить до ускладнення конструкції, подорожчання установки та збільшення експлуатаційних витрат.

Для розпилення рідини використовують механічні, пневматичні та комбіновані форсунки які дозволяють отримувати краплі з діапазоном розмірів 0,1–0,8 мм. Головні вимоги що пред'являються до розпилюючого пристрою: мінімальні енергозатрати, надійність, рівномірність дисперсного складу та щільності зрошення.

Пневматичні форсунки (рис. 1.6) потребують більших ніж механічні енергозатрат, але забезпечують більш тонке та рівномірне розпилення і зменшення локального вмісту води в апараті. В невеликих апаратах розпилення в шар за допомогою механічної форсунки принципово неможливе так як швидкість виходу рідини сягає 3–6 м/с та відсутній вільний простір для розпаду струменя на краплини.

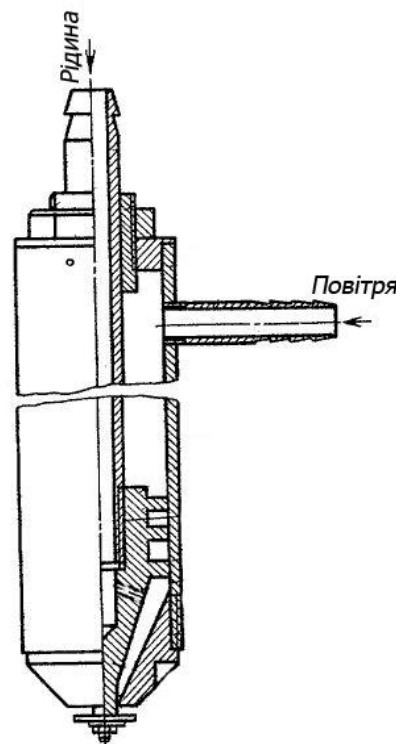


Рисунок 1.6 – Пневматична форсунка

Комбіновані форсунки передбачають розпил рідини під її тиском створюваним при швидкості низьконапірного обдуваючого агента 10–50 м/с який може транспортувати тверді часточки та тепло в шар.

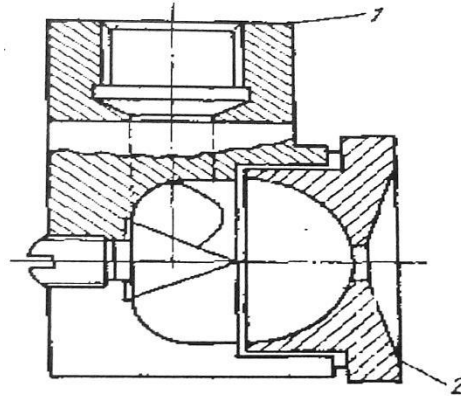


Рисунок 1.7 – Механічна форсунка:

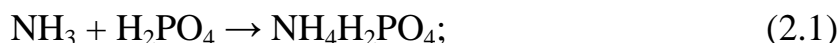
1 – тангенціальне введення рідини; 2 – розпилююче сопло.

У залежності від місця подачі рідини пред'являють різні вимоги до щільності зрошення, при подачі рідини на шар приділяється увага рівномірності зрошення по всій площі, при подачі в шар – рівномірності зрошення поверхні факелу, причому зрошення в середині факела має бути мінімальним. Питоме зрошення при розпиленні в шар більше за поверхневе, завдяки кращому перемішуванню за рахунок турбулізації факелу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

В основі виробництва амофосу лежить процес нейтралізації фосфорної кислоти рідким аміаком (під тиском 0,15 МПа), який вводиться в реактор одночасно з фосфорною кислотою. При цьому протікають наступні реакції:



Режим процесу нейтралізації вибирають так, щоб забезпечити отримання досить рухомої і здатної до перекачування по трубопроводах ammoфосної пульпи. В'язкість пульпи залежить від концентрації використовуваної фосфорної кислоти і конструкції апаратури.

На основі розбавленої екстракційної кислоти:

- із сушінням пульпи в розпилюючій сушарці;
- з упарюванням пульпи у вакуум-випарних апаратах і сушінням в апараті БГС;
- із сушінням пульпи і грануляцією її в розпилюючій сушарці-грануляторі киплячого шару РКСГ.

На основі концентрованої фосфорної кислоти:

- із грануляцією і сушкою продукту в амонізаторі-грануляторі АГ;
- із самовипарюванням пульпи під тиском і сушінням в БГСХ.

При нейтралізації екстракційної фосфорної кислоти виділяються в осад домішки. Для отримання більш чистого продукту з екстракційної фосфорної кислоти процес нейтралізації можна вести у дві стадії.

Співвідношення моно- і діамонійфосфату в готовому добриві зазвичай становить 4:1. У разі застосування екстракційної фосфорної кислоти при виробництві амофосу протікає ряд побічних процесів, обумовлених наявністю в кислоті з'єднань магнію (з фосфоритів Каратау), кальцію, заліза і алюмінію, і призводять до утворення дісолей.

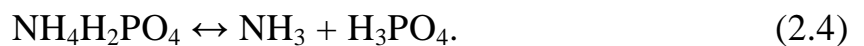
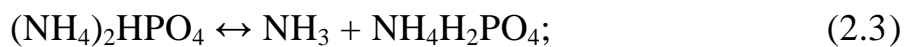
					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Характеристика побічних продуктів і способи їх утилізації

Гази виробництва амофосу, що відходять, містять аміак, а також амофосний пил. Пил виділяється із грануляційно-сушильних апаратів, дробарно-сортувального обладнання, транспортних засобів і під час затарування амофосу. Аміак переходить у газову фазу в основному при сушінні пульпи і вологих гранул, а також при упарюванні амофосної пульпи. Перед викидом газів у атмосферу їх очищають спочатку від пилу – в циклонах, а потім від аміаку і фтору – в абсорберах.

Видалення пилу. Ефективне осадження твердих частинок із запиленого газу здійснюється у відцентрових апаратах. З метою високого ступеня очищення газу неприпустимо накопичення пилу в конусі циклону. Навіть невеликі підсоси повітря через нещільності апаратури на будь-якій ділянці пилоуловлювальної системи різко погіршують роботу циклону і можуть звести нанівець ефективність роботи апарату. Ступінь очищення газу від пилу в циклонах залежить від властивостей частинок газу, швидкості руху потоку, від розмірів і конструктивних особливостей циклонних апаратів.

Видалення аміаку. Виділення аміаку в процесі сушіння відбувається в результаті термічного розкладання солей, що входять до складу амофосу, за таких реакцій:



У процесі виробництва амофосу значно розкладається тільки діамонійфосфат, який відрізняється низькою термічною стійкістю. При цьому в газову фазу виділяється в основному аміак. Для уловлювання аміаку і фтору з газів, що відходять, застосовується двоступенева очистка газів.

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

Абсорбер першого ступеня, зрошуваний у замкнутому циклі кислими розчинами фосфатів амонію, служить в основному для уловлювання аміаку і частково (50%) фтору. Абсорбер другого ступеня, зрошуваний водою або вапняним молоком, – для уловлювання фтору.

Принципова схема абсорбції газів, що відходять приведена на рис. 2.1.

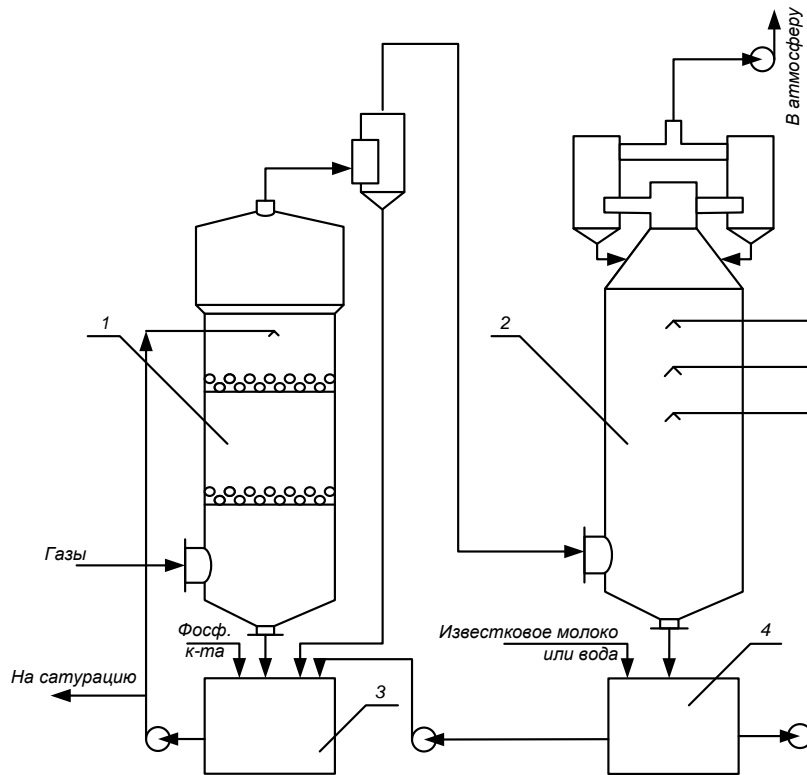


Рисунок 2.1 – Схема двоступеневої абсорбції газів, що відходять виробництва амофосу:

1 – абсорбер з плаваючою насадкою; 2 – порожниста вежа; 3 – ємність для фосфорної кислоти; 4 – ємність для води або вапняного молока

Гази надходять в абсорбер першого ступеня, зрошуваного кислими фосфатами амонію в замкнутому циклі. Відпрацьована пульпа надходить на нейтралізацію.

Абсорбер другого ступеня, зрошуваний водою або вапняним молоком, служить для уловлювання фтору. На другому ступені абсорбції можна використовувати порожню башту з форсунками евольвентного типу.

Відпрацьована рідина після другого ступеня (при зрошенні водою) направляється в циркуляційний бак першого ступеня. У разі зрошення абсорбера над розчином вапняного молока рідина відкачується на станцію нейтралізації стічних вод.

Технологічна схема отримання амофосу

Першочерговим завданням виробництва амофосу є вибір шляхів зниження вологості фосфатної пульпи, яка подається в БГС. Це завдання вирішується шляхом упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи на вакуум-випарних установках BV_{1-2} .

Якщо домішки, що містяться у вихідній фосфорній кислоті, одержуваної, наприклад, із фосфатної сировини Каратау, не дають можливості досить глибоко упарювати кислоту, то після нейтралізації кислоти значна частина домішок виділяється у тверду фазу в формі кристалічних сполук, тому упарювання нейтралізованої аміаком кислоти (фосфатної пульпи) здійснити простіше, аніж упарювати вихідну кислоту.

Варіант апаратурно-технологічної схеми процесу показаний на рис. 2.2. Принцип роботи даної установки полягає у наступному. Першочерговим завданням виробництва амофосу є вибір шляхів зниження вологості фосфатної пульпи, яка подається у БГС. Це завдання вирішується шляхом упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи в багатокорпусних вакуум-випарних апаратах B_{1-8} .

Вакуум-упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи є основною стадією даного процесу. Вологість упареної пульпи знижується більш ніж удвічі, у порівнянні з вологістю вихідної пульпи.

Після випарних апаратів упарена фосфатна пульпа із вологістю 4% мас. надходить до збірника C , який оснащений пристроєм. Далі упарена пульпа за допомогою відцентрового насосу H_7 подається на форсунку барабанної гранулятор-сушарки БГС, де стисненим повітрям розпорошується на дрібні частинки і наноситься на дрібні частинки амофосу, що знаходяться в апараті БГС – відбувається грануляція, тобто обкатка і укрупнення гранул.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

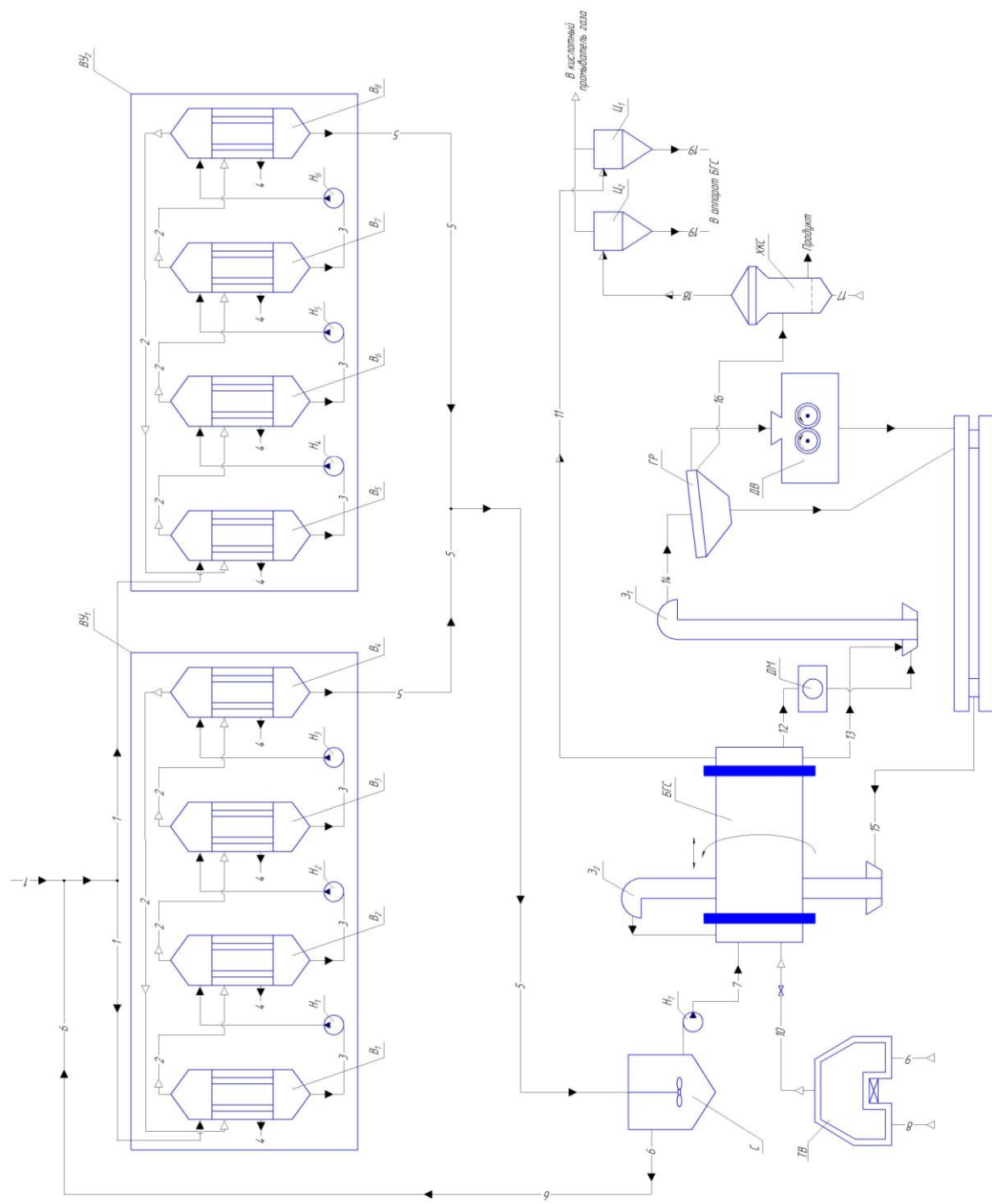


Рисунок 2.2 – Принципова технологічна схема установки виробництва амофосу з упарюванням амофосної пульпи і гранулюванням у барабанній гранулятор-сушарці (БГС)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ

У якості теплового агенту служать топкові гази, які прямоютоком також надходять до барабанної гранулятор-сушарки із виносною топкою.

Апарат барабанна гранулятор-сушарка являє собою барабан із кутом нахилу 3–5° і швидкістю обертання 4 об/хв. У зоні завантаження внутрішня поверхня барабану оснащена короткою гвинтовою насадкою, а на решті довжині барабану – розташована підйомно-лопатева насадка Г-подібної форми і зворотним шнеком. При обертанні барабану підйомно-лопатева насадка створює в обертовому апараті потужну завісу матеріалу. Усічений конус, повернутий меншою стороною в бік вивантаження, забезпечує необхідне заповнення барабану продуктом і одночасно служить пристроєм для відділення дрібної фракції гранул, яку зворотним шнеком повертають на гранулювання. Також у головну частину надходить дрібна фракція амофосу з грохоту *ГР* і циклонів *Ц₁₋₂*. Маючи безперервне перемішування амофосу і суцільну завісу, дрібнодисперсна пульпа з форсунки безперервно зрошує частинки амофосної завіси, збільшуючи їх розміри.

При обертанні барабану відбувається процес обкочування, результатом чого є укрупнення частинок. Одночасно із утворенням укрупнених частинок, в барабанну гранулятор-сушарку прямоютоком при температурі 250°C із виносної топки *ТВ* подається гарячий теплоносій (продукт згоряння природного газу в суміші з повітрям), який висушує вологі гранули амофосу. Температура на вході в барабанну гранулятор-сушарку регулюється кількістю палива, що подається в заданому співвідношенні з первинним повітрям і кількістю вторинного повітря, яке нагнітається вентиляторами.

Висушений і гранульований амофос, за рахунок кута нахилу і обертання барабану, переміщується до розвантажувальної камери. Із розвантажувальної камери суха речовина (вологість гранул амофосу в межах 0,3%) йде на подрібнення молотковими дробарками *ДМ*. Останні являють собою подрібнювальні машини ударної дії, маючі швидко обертовий диск, до якого шарнірно прикріплені сталеві молотки. Матеріал подається на подрібнення в дробарку зверху, підхоплюється молотками і подрібнюється

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

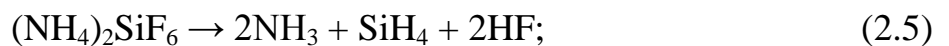
ними. Відскакуючи від молотків, матеріал ударяється об броньові плити і при цьому подрібнюється. Готовий продукт виводиться з дробарки через розвантажувальну решітку і по тічці надходить на елеватор E_2 , а потім подається на розсівання грохотами $ГР$.

На грохотах відбувається поділ великої фракції на ситі $3,5 \times 3,5$ мм готового продукту і дрібної фракції через сито 2×2 мм. Велика фракція з верхнього сита надходить на валкову дробарку $ДВ$. Основним способом подрібнення у валкових дробарка є розчавлювання матеріалу між двома робочими поверхнями. При цьому одна поверхня або обидві повинні бути рухливими, оскільки розчавлювання матеріалу відбувається тільки при їх зближенні. Тобто руйнування матеріалу відбувається між обертовими назустріч один одному валками (або між обертовим валком і колосниковою решіткою) під дією стискаючих навантажень.

Дрібна фракція від грохотів по тічці надходить на вібротранспортер $ВТР$, а далі в головну частину барабанної гранулятор-сушарки.

Готовий продукт ($1-4$ мм) надходить на конвеєр, далі в охолоджувач киплячого шару $ХКС$, а потім на склад готового продукту.

У процесі сушіння гранульованого амофосу, окрім випаровування вологи із гранул відбувається виділення аміаку і фтористих газів за рахунок розкладання $(NH_4)_2SiF_6$ і H_2SiF_6 , що містяться в амофосній шихті і в пульпі.



Зі збільшенням температури продукту в барабанній гранулятор-сушарці збільшується виділення аміаку і фтору, тому процес сушіння в апараті БГС ведуть при температурі відхідних газів не більше $120^\circ C$, а продукту на виході з барабанної гранулятор-сушарки до $95^\circ C$. Пил амофосу, гази і випаровувана волога з барабанної гранулятор-сушарки (пило-газо-повітряна суміш) простягається хвостовим вентилятором (на схемі не показаний), через систему очищення в циклоні $Ц_2$ і скруббер барботажний.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

У циклоні відбувається мокре очищення від амофосного пилу і частково від аміаку. Циклон має циліндричний корпус із конічним днищем. Пило-газо-повітряна суміш вводиться в циклон тангенціально через патрубок зі значною швидкістю, при цьому прямолінійний рух газо-повітряного потоку перетворюється в обертальний. Потік запиленого газу рухається вниз по спіралі. Частинки пилу, як більш важкі, притискаються до внутрішньої поверхні циклону і сповзають униз через патрубок. Газ, не доходячі до конічної частини циклону, змінює свій напрямок, закручується по меншому радіусу і виходить по трубі (у верхній частині циклону).

Зрошення циклону здійснюється з баку, куди подається конденсат від вихлопних труб, який насосом безперервно подається на зрошення циклону в замкнутому циклі. Після циклону газ вентильатором подаються на очищення в скруббер (на схемі не показаний). Апарат являє собою камеру, усередині якої знаходяться перфоровані тарілки. Пульпа на зрошення скруббера подається зверху, а забруднений газ подається в апарат знизу. Проходячи через отвори тарілок, газ барботує крізь рідину і перетворює її в шар рухомої піни. У шарі піни пил поглинається рідиною, основна частина якої (приблизно 80%) видаляється з тарілок разом із піною через регульовані пороги. Частина рідини, що залишилася (близько 20%) зливається через отвори в тарілці і вловлює у підтарілчастому просторі більші частки. Зрошення скруббера здійснюється пульпою з рН=3,0–4,5, $\gamma=1,2-1,24$ (г/см³) у замкнутому циклі.

Після скруббера газ проходить краплевідбійники і викидаються в атмосферу. Утворений конденсат у газоходах і у вихідній трубі (свічці) збирається в баці, звідки насосом подається на зрошення циклонів.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		29

2.2 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок процесів, що протікають в апараті БГС, проводимо у відповідності з методикою [9].

У якості палива використовуємо сухий природний газ.

Склад природного газу наступний:

- 92,0 % об. метану;
- 0,5 % об. етану;
- 5,0 % об. водню;
- 1,0 % об. монооксиду вуглецю;
- 1,5 % об. азоту.

Теоретична кількість сухого повітря L_0 , що витрачається на спалювання 1 кг палива, за рівнянням:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot CO + 0,248 \cdot H_2 + \sum \frac{(m + n / 4) \cdot C_m H_n}{(12m + n)} \right], \quad (2.7)$$

де склади горючих газів виражені в об'ємних частках.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{(1 + 4 / 4)}{(12 \cdot 1 + 4)} \cdot 0,92 + \frac{(2 + 6 / 4)}{(12 \cdot 2 + 6)} \cdot 0,005 \right] =$$
$$= 17,686 \text{ кг} / \text{кг}$$

Для визначення теплоти згоряння палива скористаємося характеристиками горіння простих газів (див. табл. 2.1).

Кількість тепла Q_v , що виділяється при спалюванні 1 м³ газу, становить:

$$Q_v = \sum \phi_i \cdot H_i = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,05 \cdot 10810 + 0,01 \cdot 12680 = 33868 \text{ кДж} / \text{м}^3,$$

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

Таблиця 2.1 – Характеристика горіння простих газів

Найменування газу	Реакція горіння	Тепловий ефект реакції, кДж/м ³
Водень	$H_2 + 0,5O_2 \rightarrow H_2O$	10810
Оксид вуглецю	$CO + 0,5O_2 \rightarrow CO_2$	12680
Метан	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	35741
Етан	$C_2H_6 + 3,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$	63797

де φ_i – об’ємна частка компонентів газу;

H_i – тепловий ефект реакції (кДж/м³).

Густина газоподібного палива ρ_T за рівнянням:

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}, \quad (2.8)$$

де M_i – молярна маса і-того компонента палива, кмоль / кг;

t_T – температура палива; приймаємо 20 °С;

v_0 – молярний об’єм; становить 22,4 м³/кмоль.

Підставивши значення, отримаємо:

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

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива за рівнянням:

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T}; \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{33868}{0,65} = 52105 \text{ (кДж/кг)}.$$

Маса сухого газу, який подається в БГС, у розрахунку на 1 кг палива, що спалюється визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α ,

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

необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші $t_{\text{сум}} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Значення α знаходимо із рівнянь матеріального і теплового балансів.

Рівняння матеріального балансу:

$$1 + L_0 = L_{c.z.} + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n, \quad (2.10)$$

де $L_{c.z.}$ – маса сухих газів, що утворюються при згорянні 1 кг палива;

$C_m H_n$ – масова частка компонентів, при згорянні яких утворюється вода, кг/кг.

Рівняння теплового балансу за формулою:

$$Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + \alpha \cdot L_0 \cdot I_0 = [L_{c.z.} + L_0 \cdot (\alpha - 1)] \cdot i_{c.z.} + \left[\alpha \cdot L_0 \cdot x_0 + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n \right] \cdot i_n, \quad (2.11)$$

де $\eta = 0,95$ – загальний коефіцієнт корисної дії, який враховує ефективність роботи топки і втрати тепла топкою в навколишнє середовище;

c_T – теплоємність газоподібного палива при $20 \text{ }^\circ\text{C}$, дорівнює $1,35 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

I_0 – ентальпія свіжого повітря, що дорівнює $42 \text{ кДж}/\text{кг}$;

x_0 – вологовміст свіжого повітря, ($0,01 \text{ кг}/\text{кг}$ сухого повітря), при температурі $t_0 = 20^\circ\text{C}$ і відносній вологості 75% (за діаграмою Рамзина);

$i_{c.z.}$ – ентальпія сухих газів, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$$i_{c.z.} = c_{c.z.} \cdot t_{c.z.}; \quad (2.12)$$

$$i_{c.z.} = 1,15 \cdot 750 = 862,5 \text{ кДж} / \text{кг};$$

$c_{c.z.}$ і $t_{c.z.}$ – відповідно теплоємність і температура сухих газів; теплоємність сухих газів приймаємо рівною теплоємності сухого повітря при $250 \text{ }^\circ\text{C}$.

$c_{c.z.} = 1,29 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $t_{c.z.} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$;

i_{II} – ентальпія водяної пари, $\text{кДж}/\text{кг}$.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$i_{II} = r_0 + c_{II} \cdot t_{II}; \quad (2.13)$$

r_0 – теплота випаровування води при температурі 0 °С, дорівнює 2500 кДж/кг;

c_{II} – середня теплоємність водяної пари, що дорівнює 2,2 кДж/(кг·К);

t_{II} – температура водяної пари $t_{II} = 250$ °С.

$$i_{II} = 2500 + 2,2 \cdot 250 = 3050 \text{ (кДж/кг)},$$

Вирішуємо рівняння відносно коефіцієнта надлишку повітря α :

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T - i_{c.z.} \cdot \left(1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n\right) - i_n \cdot \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n}{L_0 (i_{c.z.} + i_n \cdot x_0 - I_0)}. \quad (2.14)$$

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

$$\omega_i = \frac{\phi_i \cdot M_i \cdot T_0}{22,4 \cdot \rho_T \cdot (T_0 + t_T)}. \quad (2.15)$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$\omega_{CH_4} = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,94;$$

$$\omega_{C_2H_6} = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,01;$$

$$\omega_{H_2} = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,006.$$

Кількість вологи, що виділяється при згорянні 1 кг палива:

$$\sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,94 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,01 + \frac{9 \cdot 2}{12 \cdot 0 + 2} \cdot 0,006 = 2,3 \text{ (кг/кг)}.$$

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо за рівнянням:

$$\alpha = \frac{52105 \cdot 0,95 + 1,35 \cdot 20 - 322 \cdot (1 - 2,3) - 3050 \cdot 2,3}{17,686 \cdot (322 + 3050 \cdot 0,01 - 42)} = 2,9.$$

Загальна питома маса сухих газів, одержуваних при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші 250 °С, дорівнює за рівнянням:

$$G_{c.z} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n ; \quad (2.16)$$

$$G_{c.r} = 1 + 2,9 \cdot 17,686 - 2,3 = 50 \text{ (кг/кг)}.$$

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

$$G_{II} = \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0 ; \quad (2.17)$$

$$G_{II} = 2,3 + 2,9 \cdot 0,01 \cdot 17,686 = 2,81 \text{ (кг/кг)}.$$

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

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{c.z}} ; \quad (2.18)$$

$$x_1 = \frac{2,81}{50} = 0,056 \text{ (кг/кг)}.$$

Ентальпію газів на вході в сушарку знаходимо як:

$$I_1 = (1010 + 1970 \cdot 0,056) \cdot 250 + 2490 \cdot 10^3 \cdot 0,056 = 419 \text{ (кДж/кг)}.$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 1$, фізичні властивості газової суміші, яку використовують у якості сушильного агента, практично

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

не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря I – x.

Визначимо витрату вологи, що видаляється з матеріалу:

$$W = G_1 \cdot (\omega_H - \omega_K); \quad (2.19)$$

$$W = 25000 \cdot (0,040 - 0,003) = 925 \text{ (кг/ч)}.$$

Температура розбавлених топкових газів, що надходять у сушарку, становить $t_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, а температуру вихідних газів приймаємо $t_2 = 100^\circ\text{C}$.

Складемо внутрішній тепловий баланс сушарки:

$$\Delta = c \cdot t_H + q_{\text{дон}} + (q_m + q_M) - q_n, \quad (2.20)$$

де Δ – різниця між питомим приходом і витратою тепла в сушильній камері;

$c = 4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ – теплоємність вологи у вологому матеріалі при температурі $t_H = 15 \text{ }^\circ\text{C}$;

$q_{\text{дон}}$ – питома додаткове підведення тепла в сушильну камеру, кДж/кг вологи; при роботі сушарки по нормальному сушильному варіанту $q_{\text{дон}} = 0$;

q_m – питома підведення тепла в сушарку транспортними засобами, кДж/кг вологи; у даному випадку $q_m = 0$;

q_M – питома підведення тепла з висушуваним матеріалом, кДж/кг вологи:

$$q_M = \frac{G_K c_M (t_K - t_H)}{W}, \quad (2.21)$$

де $c_M = 2700 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ – питома теплоємність амофосу;

$t_H = 15^\circ\text{C}$ – початкова температура матеріалу;

$t_K = 80^\circ\text{C}$ – кінцева температура матеріалу.

Підставивши чисельні значення у рівняння (2.21), отримаємо:

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$q_M = \frac{25000 \cdot 2700 \cdot (80 - 20)}{925} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

$q_n = 22,5$ кДж/кг – питомі втрати тепла в навколишнє середовище.

Підставивши чисельні значення у рівняння (2.20), отримаємо:

$$\Delta = 4,19 \cdot 15 + 4300 - 22,5 = 4340 \text{ кДж/кг вологи}.$$

Запишемо рівняння робочої лінії сушіння:

$$I = I_1 + \Delta(x - x_1). \quad (2.22)$$

Для побудови робочої лінії сушіння на діаграмі $I - x$ необхідно задати координати (I і x) мінімум двох точок.

Координати однієї точки відомі: $I_1 = 419$ кДж/кг, $x_1 = 0,056$ кг/кг. Для знаходження координат другої точки задамося довільним значенням x і визначимо відповідне значення I . Приймаємо $x = 0,1$ кг вологи/кг сухого повітря. Тоді отримуємо:

$$I = 419 \cdot 10^3 + 4,34 \cdot 10^6 \cdot (0,1 - 0,056) = 610 \text{ кДж/кг}.$$

Далі проводимо лінію сушіння на діаграмі $I - x$ через дві точки з координатами ($x_1 = 0,056$; $I_1 = 419$) і ($x = 0,1$; $I = 610$) до перетину із заданим параметром відпрацьованого повітря $t_2 = 100^\circ\text{C}$. У точці перетину лінії сушіння і ізотерми 100°C знаходимо кінцевий вологовміст відпрацьованого повітря $x_2 = 0,075$ кг/кг.

Витрата сухого газу на сушіння розраховуємо за рівнянням:

$$G_C = \frac{W}{x_2 - x_1}; \quad (2.23)$$

$$G_C = \frac{925}{0,075 - 0,01} = 14230 \text{ (кг/год.)}.$$

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Конструктивні розрахунки

Приймаємо швидкість повітря на виході з сушарки за [11]: $\omega_r = 3,0$ м/с при максимальному розмірі частинок $\delta_{\max} = 4$ мм і насипній щільності матеріалу $\rho_n = 860$ кг/м³.

Внутрішній діаметр сушильного барабана розраховується за рівнянням:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1 - \psi) \cdot \omega_r}}; \quad (2.24)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 20065}{\pi \cdot (1 - 0,15) \cdot 3 \cdot 3600}} = 3,87 \text{ (м)}.$$

Прийнявши товщину футерування $\delta_\phi = 200$ мм [11], розраховуємо зовнішній діаметр барабанної сушарки:

$$D_3 = D + 2 \cdot \delta_\phi; \quad (2.25)$$

$$D_3 = 3,87 + 2 \cdot 0,2 = 4,27 \text{ (м)}.$$

За [11] вибираємо сушильний барабанний апарат із зовнішнім діаметром 4,5 м.

Необхідний внутрішній об'єм барабана розраховуємо за рівнянням:

$$V_B = \frac{W}{A}, \quad (2.26)$$

де $A = 4,0$ кг/(м³·год.) – напруженість барабана за вологою.

$$V_B = \frac{925}{4,0} = 230 \text{ (м}^3\text{)}.$$

При цьому значенні довжина барабана буде становити:

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$L = \frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot D_B^2}; \quad (2.27)$$

$$L = \frac{4 \cdot 230}{\pi \cdot 4,5^2} = 14,47 \text{ (м)}.$$

За [11] остаточно вибираємо барабанну сушарку СБ 4,5–16.

Товщина стінки барабану знаходиться у межах [11]:

$$0,005 \cdot D_B \leq \delta \leq 0,01 \cdot D_B;$$

$$0,005 \cdot 4500 \leq \delta \leq 0,01 \cdot 4500;$$

$$22,5 \leq \delta \leq 45.$$

Із вищезазначеного діапазону товщин, приймаємо $\delta = 32$ мм.

2.4 Гідравлічні розрахунки

У цьому підрозділі визначаємо гідравлічний опір сушильного барабана за методикою, що представлена у [11]. Густина і динамічна в'язкість газів при усередненій температурі відповідно дорівнюють: $\rho_{\text{гсер}} = 0,6 \text{ кг/м}^3$; $\mu_{\text{гсер}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\psi = 0,15$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{\pi + Z}, \quad (2.28)$$

де Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

$$Z = 16 / (4,5 - 2 \cdot 0,15) = 3,8;$$

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_E = \frac{3,14 \cdot (4,5 - 2 \cdot 0,15) \cdot 0,85}{3,14 + 3,8} = 1,62 \text{ (м)}.$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{\text{СЕР}} = 2,0$ мм.

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{\text{СЕР}} \cdot \rho_{\Gamma\text{СЕР}}}{\mu_{\Gamma\text{СЕР}}}; \quad (2.29)$$

$$\text{Re} = \frac{3 \cdot 2,0 \cdot 0,6}{2,4 \cdot 10^{-5}} = 1,5 \cdot 10^5.$$

За рисунком [11] визначаємо як для гладкої труби: $\lambda_B = 2,0$.

Таким чином, опір барабана (без урахування матеріалу):

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma\text{СЕР}}; \quad (2.30)$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{16}{1,62} \cdot 3^2 \cdot 0,6 = 107 \text{ (Па)}.$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K; \quad (2.31)$$

$$y = \frac{6,9 + (6,9 - 0,26)}{2} \cdot \frac{14230}{3600} \cdot 0,075 = 2,0 \text{ (кг/кг)}.$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,4$ [11]:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y); \quad (2.33)$$

$$\Delta P = 107 \cdot (1 + 1,4 \cdot 2,0) = 406 \text{ (Па)}$$

За літературними даними [11] опір барабанної сушарки знаходиться у діапазоні 300–500 Па при швидкості сушильного агента 3–5 м/с і заповненні барабану до 20 %.

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

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок циклону [12]. У якості першого ступеня очищення приймаємо циклонний пиловловлювач. Із усього різноманіття конструкцій вибираємо найбільш ефективний тип циклонів ЦН-15.

Визначаємо діаметр циклону за умовною швидкістю газу w_y за формулою:

$$D_u = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_y}}, \quad (2.34)$$

де $V = 1,43 \text{ м}^3/\text{с}$ – об’ємна витрата газів.

Величину w_y визначимо, виходячи зі значення співвідношення перепаду тиску ΔP (в $\text{Н}/\text{м}^2$) до густини газу ρ_t (в $\text{кг}/\text{м}^3$), яким попередньо задаємося. Для циклонів ЦН-15 це співвідношення знаходиться в межах 550–750 [12]. Прийmemo $\Delta P / \rho_t = 750$. Коефіцієнт опору циклону $\xi = 160$ [11].

Тоді:

$$w_y = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\xi \cdot \rho_t}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 750}{160 \cdot 0,95}} = 3,14 \text{ м/с}. \quad (2.35)$$

де ρ_t – густина газів на виході з сушарки при $t_2 = 100^\circ\text{C}$ за формулою:

$$\rho_t = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 100} = 0,95 \text{ кг/м}^3.$$

Діаметр циклону за формулою (2.34):

$$D_u = \sqrt{\frac{1,43}{0,785 \cdot 3,14}} = 0,76 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартизований циклон із діаметром 800 мм.

Коефіцієнт гідравлічного опору циклону визначаємо за формулою:

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

$$\xi_{\text{ц}}^{\text{сп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{800}^c, \quad (2.36)$$

де $K_1 = 1$ – поправковий коефіцієнт на діаметр циклону;
 $K_2 = 0,85$ – коефіцієнт на запиленість газу;
 $\xi_{800}^c = 200$ – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 800 мм.

$$\xi_{\text{ц}}^{\text{сп}} = 1 \cdot 0,85 \cdot 200 = 170.$$

Опір вибраного циклону становить:

$$\Delta P = \frac{\xi_{\text{ц}}^{\text{сп}} \cdot \rho_t \cdot w_y^2}{2}; \quad (2.37)$$

$$\Delta P = \frac{170 \cdot 0,95 \cdot 3,14^2}{2} = 796 \text{ Па.}$$

Приймаємо за каталогом циклон одиночного виконання ЦН-15-800×2УП з камерою очищеного газу у вигляді «равлика» і пірамідальним бункером. Продуктивність такого циклону 4800–8500 м³/год.

Розрахунок і вибір повітродувки [13]. Подача повітря в топку забезпечується за допомогою повітродувки.

Повітродувку підбирають у залежності від необхідної подачі і створюваного тиску, необхідного для подолання опорів повітряного тракту з метою нормальної роботи апарату. Загальний тиск, що розвивається повітродувкою (P, Па) визначається за формулою:

$$P = 1,05 \cdot \Delta P_1, \quad (2.38)$$

де $\Delta P_1 = 200 \text{ Па}$ – опір топки;
 1,05 – коефіцієнт, що враховує втрати тиску в газопроводах (5 %).

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ Па.}$$

Потужність, споживана повітродувкою:

$$N = \frac{V \cdot P}{1000 \cdot \eta}, \quad (2.39)$$

де V – об'ємна витрата повітря, необхідного для висушування матеріалу;

η – загальний ККД повітродувки, приймаємо $\eta = 0,8$.

Визначаємо об'ємну подачу повітря вентилятором:

$$V = \frac{G_c \cdot (t_{B0} + 273)}{3600 \cdot \rho_B \cdot 273} = \frac{14230 \cdot (15 + 273)}{3600 \cdot 1,25 \cdot 273} = 3,34 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.40)$$

$$N = \frac{3,34 \cdot 210}{1000 \cdot 0,6} = 0,88 \text{ кВт.}$$

Повітродувки ВР – це надійні (ресурс до 100000 годин) машини, призначені для подачі повітря в басейни аерації, печі, сушарки та інших застосувань. Повітродувки ВР забезпечують створення надлишкового тиску до 100 кПа (1 атм., 1 кгс/см²) або вакууму до 50 кПа (окремі моделі до 90 кПа) у широкому діапазоні продуктивностей. Виготовляються на базі компресорних вузлів компаній Robushi (Італія).

Із запасом 30% вибираємо повітродувку марки ВР-280 з наступними характеристиками: продуктивність – 280 м³/хв., максимальний перепад тиску – 70 кПа, електродвигун типу АО1-1,6-2 потужністю 1,6 кВт.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис об'єкта розроблення

та вибір основних конструкційних матеріалів [15, 16]

Проектована барабанна гранулятор-сушарка (рис. 3.1) конструктивно складається із суцільнозварного барабану, який встановлено під кутом 4–6° до горизонту.

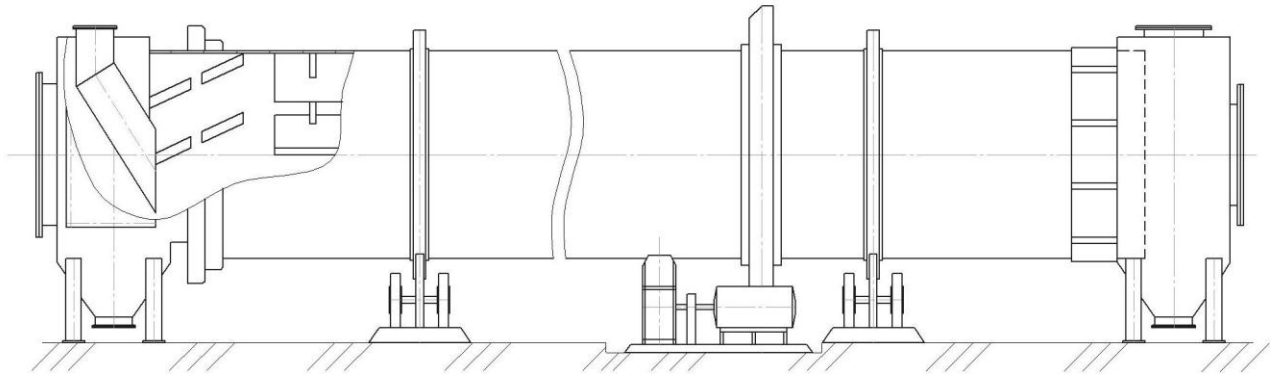


Рисунок 3.1 – Схема барабанної гранулятор-сушарк (БГС)

Безпосередньо обертання барабану відбувається через зубчасту передачу і редуктор за допомогою електричного двигуна. Кількість обертів барабану за хвилину не більше 5–8. Положення його в осьовому напрямку фіксується опорно-упорними роликами, які і попереджають його рух по осі.

Основний матеріал для виготовлення барабану БГС, завантажувальних і розвантажувальних камер – вуглецеві сталі. У технічно обґрунтованих випадках допускається виготовлення барабанів, а також завантажувальних і розвантажувальних камер частково або повністю з жаростійких сталей спеціальних марок.

Таким чином, для виготовлення основних частин апарата застосовуємо матеріал – сталь 20. На користь цієї сталі говорить її порівняно низька вартість, вона добре обробляється і має достатньо високі фізико-механічні властивості.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 20 наведено відповідно в табл. 3.1 і 3.2.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

Бандажі виготовляються зі сталі 40 чи 45Л, як правило, прямокутної форми в поперечному перерізі. Опорні ролики відливають із чавуну СЧ 18-36 або СЧ 21-40. Різна міцність роликів і бандажу призводить до більш прискороного зносу перших, які простіше і дешевше виготовити, аніж бандажі. Вінець або венцеву шестерню виготовляють зі сталі 35Л.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості сталі 20 при температурі 20°C

Стан поставки	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	Ψ (%)	НВ (не більше)
Сталь калібрована:				
– гарячекатана, кована, другої категорії після нормалізації	410	25	55	
– п'ятої категорії після нагартування	490	7	40	
– п'ятої категорії після відпалення	390	21	50	
Сталь калібрована і калібрована зі спеціальною обробкою:				
– після відпалення	390–490	7	50	163
– після сфероїдизуючого відпалення	340–440		50	163
– загартування без термообробки	490		40	207
Смуги нормалізовані або гарячекатані	410	25	55	
Лист тепло обробний першої та другої категорій	340–490	28		127

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сталі 20

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	до 0,25	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~98

Пароніт – листовий матеріал прокладки, виготовлений пресуванням асбокаучукової маси, що складається з азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів. Застосовується для ущільнення з'єднань.

3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність

Розрахунки барабанної гранулятор-сушарки на міцність виконуємо у відповідності до методики [17].

Маса матеріалу, який знаходиться в сушарці:

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_\Phi^2}{4}, \quad (3.1)$$

де ρ – щільність амофосу; $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

$$m_M = \frac{0,15 \cdot 1800 \cdot 16 \cdot \pi \cdot 4,036^2}{4} = 55240 \text{ (кг)}.$$

Маса барабана з футеровкою:

$$m_B = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_M + \frac{\pi \cdot (D^2 - D_\Phi^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_\Phi, \quad (3.2)$$

де $D = D_H - 2 \cdot \delta = 4500 - 2 \cdot 32 = 4436 \text{ мм}$;

$D_\Phi = D - 2 \cdot \delta_\Phi = 4436 - 2 \cdot 200 = 4036 \text{ мм}$;

$\rho_\Phi = 2200 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу футеровки;

$\rho_M = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_B = \frac{\pi \cdot (4,5^2 - 4,436^2)}{4} \cdot 16 \cdot 7850 + \frac{\pi \cdot (4,436^2 - 4,036^2)}{4} \cdot 16 \cdot 2200 = 115475 \text{ (кг)}.$$

Сумарна маса барабана і матеріалу:

$$m = m_B + m_M; \quad (3.3)$$

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = 55240 + 115475 = 170715 \text{ (кг)}.$$

Лінійна напруга (рис. 3.1):

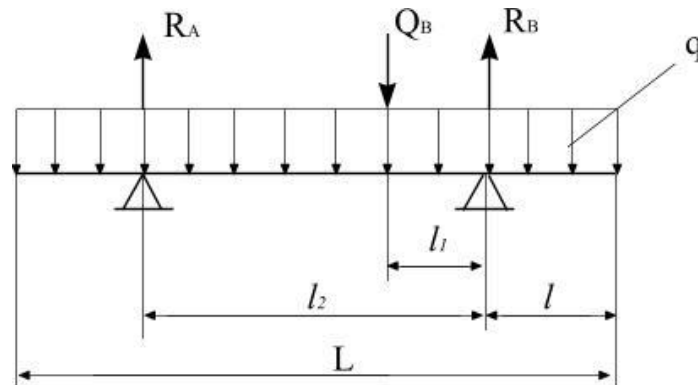


Рисунок 3.1 – Схема до визначення товщини стінки бандажа

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{170715 \cdot 9,81}{16} = 104670 \text{ (Н/м)}. \quad (3.4)$$

Реакція на опорах:

$$R_A = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot l_1}{l_2}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } l_2 = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 16 = 9,36 \text{ м};$$

$$l = 0,205 \cdot L = 0,205 \cdot 16 = 3,28 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 16 = 1,44 \text{ м};$$

$Q_B = 20900 \text{ Н}$ – навантаження від венцової шестерні [17].

$$R_A = \frac{104670 \cdot 16}{2} + \frac{20900 \cdot 1,44}{9,36} = 840575 \text{ Н},$$

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot (l_2 - l_1)}{l_2} = \frac{104670 \cdot 16}{2} + \frac{20900 \cdot (9,36 - 1,44)}{9,36} = 855045 \text{ Н}. \quad (3.6)$$

Максимальний згинальний момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = q \cdot L \cdot \frac{(2 \cdot l_2 - L)}{8} + Q_B \cdot \frac{(l_2 - l_1) \cdot l_1}{l_2}, \quad (3.7)$$

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

$$M_{\max} = 104670 \cdot 16 \cdot \frac{(2 \cdot 9,36 - 16)}{8} + 20900 \cdot \frac{(9,36 - 1,44) \cdot 1,44}{9,36} = 595000 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Момент опору перетину корпусу барабана:

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{\text{CP}}^2}{4} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 4,268^2}{4} = 0,046 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

$$\text{де } D_{\text{СЕР}} = \frac{(D_H + D_{\phi})}{2} = \frac{(4500 + 4036)}{2} = 4268 \text{ мм}.$$

Напруження в корпусі барабану:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{595000}{0,046} = 12,9 \text{ МПа}. \quad (3.9)$$

Допустиме напруження для апаратів з футеровкою $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$ [17].

$\sigma \leq [\sigma]$ ($12,9 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}$) – умова міцності виконується.

Розрахунок барабана на жорсткість.

Лінійне навантаження від маси оброблюваного матеріалу:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_M}{L} = \frac{9,81 \cdot 55240}{16} = 33870 \text{ (Н/м)}. \quad (3.10)$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_B}{L} = \frac{9,81 \cdot 115475}{16} = 70800 \text{ (Н/м)}. \quad (3.11)$$

Момент інерції одиночного кільця барабана:

$$I_x = \frac{\delta^3}{12} = \frac{(32 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (3.12)$$

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

Сумарний прогин від чинного напруги:

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{СЕР}}^3}{8 \cdot E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2), \quad (3.13)$$

де $E = 1,87 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності.

$$y_{\max} = \frac{4,268^3}{8 \cdot 1,87 \cdot 10^{11} \cdot 2,7 \cdot 10^{-6}} \cdot (0,04 \cdot 33870 + 0,002 \cdot 70800) = 0,0092 \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{\text{СР}}} = \frac{0,0092}{4,268} = 2,16 \cdot 10^{-3} = 1/464. \quad (3.14)$$

$\varepsilon \leq [\varepsilon]$ ($1/464 < 1/300$) – умова жорсткості виконується.

Геометричні розміри бандажа (рис. 3.2).

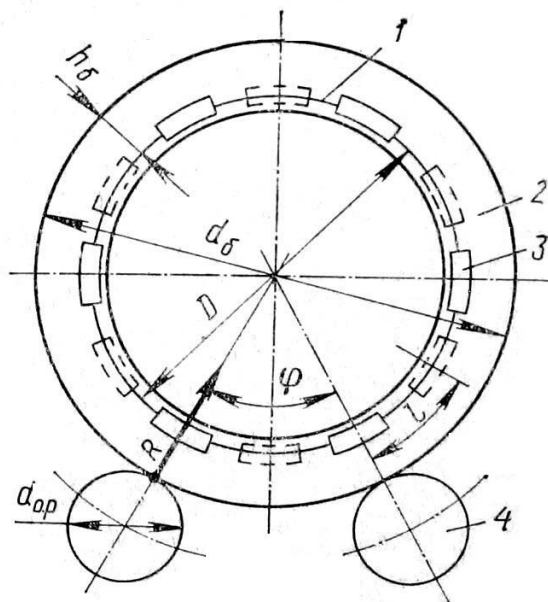


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку бандажа і опорних роликів

Ширину бандажа визначаємо за рівнянням:

$$b_{\phi} = \frac{R}{q_H}, \quad (3.15)$$

де $q_H = (1,0 \div 2,4) \text{ МН/м}$ – допустиме навантаження, яке приходить на одиницю довжини майданчика торкання ролика і бандажа [17];

R – реакція опори ролика, МН.

$$R = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos(\phi/2)}, \quad (3.16)$$

де $\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабана [17];

$\phi = 41^\circ$ – кут між опорними роликами [17];

$z = 1$ – кількість бандажів.

$$R = \frac{170715 \cdot 9,81 \cdot \cos 3^\circ}{2 \cdot 1 \cdot \cos(41^\circ/2)} = 274000 \text{ Н} = 0,274 \text{ МН}.$$

$$b_{\phi} = \frac{0,274}{2,0} = 0,135 \text{ м}.$$

Ширина опорного ролика $b_{o.p.}$ повинна бути більша за ширину бандажа на 30 мм.

$$b_{o.p.} = b_{\phi} + 0,03 = 0,135 + 0,03 = 0,165 \text{ м}. \quad (3.17)$$

Діаметр опорних роликів $d_{o.p.}$ беруть в 3–4 рази меншим за зовнішній діаметр барабана:

$$d_{o.p.} = \frac{D_H}{4} = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м}. \quad (3.18)$$

Умова контактної міцності на зминання в місці торкання ролика і бандажа:

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_{\delta}} \cdot E \cdot \frac{r_{\delta} + r_{o.p.}}{r_{\delta} \cdot r_{o.p.}}} \leq [\sigma]_{3M}, \quad (3.19)$$

де r_{δ} – зовнішній радіус бандажа:

$$r_{\delta} = \frac{D_H + 2 \cdot h_{\delta}}{2} = \frac{4,5 + 2 \cdot 0,1}{2} = 2,35 \text{ м}; \quad (3.20)$$

$r_{o.p.}$ – зовнішній радіус опорного ролика.

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,274}{0,135} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot \frac{2,35 + 1,5}{2,35 \cdot 1,5}} = 54,4 \text{ (МН/м}^2\text{)};$$

$$\sigma_{3M} < [\sigma]_{3M} \text{ (} 54,4 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа)} \text{ – умова виконується.}$$

Далі виконаємо перевірку контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного ролика і бандажа.

Осьова сила, яку сприймають упорні ролики:

$$T = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{10^6}; \quad (3.21)$$

$$T = \frac{170715 \cdot 9,81 \cdot \sin 3^{\circ}}{10^6} = 0,088 \text{ (МН)}.$$

Умова контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного кінцевого ролика і бандажа:

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{b_{y.p.} \cdot r_{\delta} \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}} \leq [\sigma]_3, \quad (3.22)$$

де $b_{y.p.}$ – ширина упорного ролика, м; $b_{y.p.} = b_{o.p.} = 0,165$ м;

$\gamma = 17^{\circ}$ – кут конусності упорного ролика.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,088 \cdot 1,87 \cdot 10^5}{0,165 \cdot 2,35 \cdot \sin\left(\frac{17^\circ}{2}\right)}} = 22,4 \text{ МПа} < 30 \text{ МПа} .$$

Умова виконується.

Перевірка міцності бандажа на вигин.

$$\sigma_{32} = \frac{M_{\bar{o}}}{W_{\bar{o}}} \leq [\sigma]_{32} , \quad (3.23)$$

де $M_{\bar{o}} = R \cdot \ell / 4$ – максимальний згинальний момент в місці контакту опорного ролика і бандажа, МН·м;

ℓ – відстань між сусідніми башмаками:

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_3}{m} , \quad (3.24)$$

де $m = 24$ – загальна кількість башмаків [17].

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m} = \frac{3,14 \cdot 4,5}{24} = 0,59 \text{ м} .$$

$$M_{\bar{o}} = \frac{0,274 \cdot 10^6 \cdot 0,59}{4} = 40,4 \text{ кН} .$$

$W_{\bar{o}}$ – момент опору перерізу бандажа:

$$W_{\bar{o}} = \frac{b_{\bar{o}} \cdot h_{\bar{o}}^2}{6} , \quad (3.25)$$

де $h_{\bar{o}} = 0,1$ м – висота бандажа.

$$W_{\bar{o}} = \frac{0,135 \cdot 0,1^2}{6} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 .$$

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Тоді:

$$\sigma_{32} = \frac{40,4 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 179,6 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{32} \leq [\sigma]_{32}$ (179,6 МПа < 200 МПа) – умова виконується.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компонування обладнання установки [18]

Проектування хімічних виробництв – це творчий, складний, багатогранний і трудомісткий процес пошуку оптимальних інженерно-технічних рішень в умовах неповної інформації, що представляє собою взаємопов'язану сукупність кількох організаційних та інженерно-технічних стадій. Компонування обладнання в проектуванні підприємств є однією з найбільш відповідальних і важких статей. Підвищення якості проектних робіт з одночасним скороченням термінів проектування можливо тільки на підставі широкого використання сучасної обчислювальної техніки в процесі пошуку оптимальних проектних рішень, що, у свою чергу, неможливо без розробки моделей.

При розміщенні обладнання необхідно враховувати певні технологічні вимоги:

- зручність обслуговування обладнання;
- можливість демонтажу обладнання або частин при ремонті;
- забезпечення максимально коротких трубопроводів між апаратами.

При виконанні вищезазначених вимог необхідно дотримуватися будівельних норм, вимог природного освітлення, правил і норм з техніки безпеки і охорони праці, санітарних та протипожежних норм.

Так, обладнання може розташовуватися в трьох основних варіантах:

- закритий варіант (у приміщенні);
- відкритий варіант;
- змішаний варіант (одна частина устаткування розташована в приміщенні, друга частина обладнання – розташована на відкритому майданчику).

Деякими основними завданнями технологічного або функціонального проектування хімічних виробництв є:

- розробка оптимальної технологічної схеми;

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

– визначення оптимальних технологічних і конструктивних параметрів апаратів;

– вибір оптимальних технологічних режимів, які забезпечують на спроектованому об'єкті випуск заданої кількості хімічних продуктів відповідно до стандартів і технологічних умов.

Будівлю слід компонувати, виходячи з функціональних, економічних і архітектурно-художніх вимог, застосовуючи однотипні секції та розташовуючи їх прольотами в одному напрямку. При цьому слід забезпечувати найбільші можливості застосування будівельних конструкцій і виробів заводського виготовлення.

Компонування будівлі із секцій із взаємно перпендикулярним напрямком прольотів, а також з різнотипних секцій, у тому числі з перепадами висот поверхів між суміжними секціями, повинні здійснюватися лише при функціональній необхідності і техніко-економічній доцільності.

Існують певні прийоми і фактори, які необхідно враховувати при компонуванні обладнання. До таких факторів, у першу чергу, відносяться умови працездатності схеми. Такими умовами можуть бути:

– вимоги перепаду висот між окремими одиницями обладнання, необхідність транспортування матеріальних потоків;

– необхідні ухили трубопроводів та самопливів для транспортування рідких і сипучих матеріалів.

Умови працездатності технологічної схеми формуються, перш за все, на підставі технологічного регламенту даного виробництва і норм технологічного проектування для даного виробництва, а також на підставі експертних даних інститутів і підприємств, що займаються розробкою технологій цих виробництв.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

4.2 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання [19, 20]

Вантажопідйомні машини є істотною складовою частиною більшості виробництв, оскільки вони відіграють дуже важливу роль в механізації технологічних процесів.

Сучасне кранобудування характеризується:

- вдосконаленням конструкцій;
- застосуванням нових матеріалів, методів і засобів виготовлення та контролю;
- впровадженням більш досконалих методів розрахунку;
- підвищенням надійності.

Пневматичні катки, дорожні крани, бульдозери та ін. із кожним роком усе більше застосовуються на будівництві. Їх головна перевага полягає у великій швидкості переміщення (до 60 км/год.). Особливо зручні пневмоколісні крани для роботи в міських умовах і на невеликих об'єктах, що віддалені один від одного.

Під час монтажу крупногабаритних об'єктів, а також для підйому великої кількості обладнання та металоконструкцій на значну висоту застосовують баштові крани марок КБ-100, С-981Б, МСК-5-20А та інші.

Більшість кранів може працювати як на виносних опорах, так і без них. Деякі можуть пересуватися з піднятим вантажем, що значно розширює сферу їх застосування.

На підставі проведених конструктивних розрахунків (розділ 2.2), ми монтуємо барабанну сушарку діаметром 2,2 м, довжиною барабана 14 м і загальною масою приблизно 40 тонн. Тобто нам необхідно похило встановити обертовий барабан, на який надіти два бандажа і зубчастий вінець. Бандажами барабан спирається на чотири ролика, які змонтовано на рамах. Два опорних ролика обмежують осьове зміщення корпусу барабана. На обох кінцях барабана є камери: в одній передбачено введення газів і завантаження

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

вологого матеріалу, а в іншій – розвантаження підсушеного продукту і відведення газів. Між камерами і барабаном роблять спеціальні ущільнення для запобігання підсосу повітря ззовні.

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Для горизонтального обладнання, як в нашому випадку, що буде розміщено на нульовій позначці, фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Сушарка встановлюється на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту не повинна бути менше 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Необхідна точність установки барабанної сушарки в обох напрямках 0,5 / 1000.

Після вивірки апарата фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи стан апарата рівнем. Затягування гайок повинно проводитися рівномірно і плавно. Потім під раму барабана підливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту.

При обробці фундаменту необхідно передбачити закладання труб для підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану. Місце установки автоматичного вимикача вибирається таким чином, щоб він не заважав проведенню ремонтних робіт. Заземляють апарат до загальної системи заземлення.

Барабанна гранулятор-сушарка доставляється на монтажний майданчик у розібраному вигляді за допомогою тягача. Для приймання призначається відповідальна особа з числа ІТП, якій здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт, і записує в журнал «Прийому і огляду обладнання». Готовність апарата під монтаж оформляють актом, підписаним представниками замовника монтажною організацією.

Після перевірки стану конструкції підписується акт «приймання – здачі обладнання». Після підписання акту, відповідальність за обладнання несе монтажна організація.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

Одним із найбільш поширених способів монтажу для масивного горизонтального обладнання є підйом пневмоколісними стріловидними самохідними кранами. Цей спосіб активно використовують, оскільки він не вимагає тривалих підготовчих робіт, а також є безпечним і зручним.

Монтаж починають із підйому апарата з вихідного горизонтального положення без відриву його від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апарата виконують тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Після установки і вивірки апарата перевіряють надійність зачеплення зубчастої передачі. А після підключення БГС до електромережі перевіряють коректність обертання барабана і можливість завантаження матеріалу в середину барабана.

Барабанна гранулятор-сушарка є дуже металомістким апаратом, а тому при його ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помостів. Частина вузлів сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через недостатню їх вантажопідйомність і закоротку довжину стріли. Це призводить до необхідності застосування при виконанні ремонтних робіт різноманітних такелажних пристроїв, щогл, порталів тощо. У той же час, застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці у 3–4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту.

Зовнішній огляд корпусу дозволяє визначити місця прогарів, корозії, великих деформацій обичайок (вм'ятини, випучини), тріщини, порушення зварних і клепаних швів і т. ін. Викривлення корпусу апарата визначається за допомогою профілографа і геодезичним безконтактним методом. Останній

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

спосіб найбільш прийнятний для визначення максимальних викривлень корпусу БГС. На працюючій гранулятор-сушарці проводиться вимір биття гарячого і холодного кінців і визначається експлуатаційний стан ущільнень.

Нормальна робота приводу характеризується відсутністю вібрацій, шуму і поштовхів у зачепленні і універсальному шпинделі, безперебійним надходженням масла в усі точки змащування.

Результати комплексного обстеження апарата зводяться в єдину схему за якою складається відомість дефектів агрегату. Аналогічним чином визначаються дефекти і допоміжного обладнання.

Для скорочення тривалості простою барабанної сушарки на ремонті, підвищення якості та зниження вартості ремонту – основні роботи виконують за проектом організації ремонтних робіт (ПОР).

ПОР включає в себе:

- ескіз гранулятор-сушарки;
- перелік ремонтних операцій і їх зміст;
- технічні умови на виконання ремонтних операцій;
- визначення перевіркової бази і методи перевірки;
- перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань;
- допуски відхилень розмірів від зазначених у кресленнях.

При виконанні ремонту обертових вузлів обов'язковим є застосування вузлового методу, який передбачає заміну всіх зношених вузлів новими (заздалегідь підготовленими) або ж відремонтованими.

При підготовці апарата до ремонту проводяться наступні роботи:

- готуються шляхи під'їзду і засоби доставки вузлів.
- встановлюються вантажопідйомні і підтримуючі пристрої.
- виконується укрупнена збірка вузлів.

Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18–28 діб.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58

Перед здачею в ремонт з БГС необхідно видалити клінкер і футеровку, ретельно очистити всі підлягаючі ремонту і розбиранню вузли. Найбільш часто ремонтваними вузлами барабанної гранулятор-сушарки є корпус, роликові опори, бандажі, венцові пари, приводи, вентилятори і димососи, теплообмінні пристрої, холодильники, масляні системи, системи водяного охолодження, аспіраційні пристрої.

Майже кожна зупинка барабанної гранулятор-сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу. Така заміна проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20–30 м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3–4 м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі апарата в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом – доволі трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань нерідко призводить до значних неточностей.

Привід є найбільш відповідальним вузлом. Від надійності його роботи залежить нормальна експлуатація усього агрегату. Відповідно до кінематичної схеми приводу сушарки, яка містить: електродвигун, редуктор, універсальний шпindel і венцову пару – найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонтваним вузлом вважається венцова пара.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ [21, 22]

Автоматизація технологічних процесів є одним із вирішальних факторів підвищення продуктивності і поліпшення умов праці. Усі існуючі і споруджувані промислові об'єкти у тій чи іншій мірі оснащуються засобами автоматизації.

Проектами найбільш складних виробництв, особливо в чорній металургії, нафтопереробці, хімії і нафтохімії, на об'єктах виробництва мінеральних добрив, енергетики та в інших галузях промисловості, передбачається комплексна автоматизація ряду технологічних процесів.

Інтенсифікація та ускладнення технологічних процесів, зростання одиничної потужності агрегатів і підвищення вимог до якості готової продукції призвело до впровадження складних багаторівневих систем автоматизації із застосуванням обчислювальної техніки – автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП).

АСУ ТП стають невід'ємною частиною нових великих виробничих агрегатів, технологічних ліній і виробництв, та є якісно новим етапом автоматизації виробництва, що дозволяє комплексно автоматизувати технологічний процес.

До появи АСУ ТП і керуючих обчислювальних машин ефективно експлуатувалися різні локальні системи автоматизації. Основне призначення АСУ ТП – об'єднати їх в єдину, взаємопов'язану систему, що забезпечує управління на якісно новому рівні – із використанням в управлінні техніко-економічних параметрів і критеріїв.

Як відомо, для реалізації систем необхідно скласти проект, який є підставою для фінансування робіт, комплектування технічних засобів, виконання монтажу та впровадження. Проектування здійснюється на підставі техніко-економічних обґрунтувань, що підтверджують економічну доцільність і господарську необхідність створення проектованої системи.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

При розробці проектів повинні забезпечуватися передовий технічний рівень і висока економічна ефективність.

Вхідними параметрами досліджуваного технологічного процесу є: витрата вологого матеріалу, витрата палива, витрата первинного і вторинного повітря, температура сушильного агента на вході у БГС, тиск в камері змішувача, швидкість обертання сушильного барабану.

Вихідними параметрами даного технологічного процесу є: вологість і температура сушильного агента на виході з БГС.

Головним параметром барабанної гранулятор-сушарки є температура сушильного агента на вході і виході з апарата.

Вторинним параметром є витрата вологого матеріалу на вході у БГС, розрідження в сушарці, вологість сухого матеріалу, число обертів двигуна в барабані.

Температура сушильного агента залежить від кількості спалюваної суміші з паливом (природний газ) і окислювача (первинне повітря). Так само температура залежить від витрати вторинного повітря (вторинне повітря підтримує коефіцієнт надлишку повітря у топці).

Температура сушильного агента на виході залежить від швидкості пересування сушильного агента по БГС, що, у свою чергу, залежить від швидкості обертання сушильного барабану.

Контрольовані й регульовані параметри

Контрольованими параметрами також є: температура і вологість сушильного агента на виході з БГС, розрідження в камері змішувача, число обертів двигуна в барабані.

Контрольованими і регульованими параметрами є: співвідношення витрати палива і первинного повітря, температура сушильного агента на вході в БГС, розрідження в сушарці, витрата вологого матеріалу на вході в змішувальну камеру.

Температура сушильного агента на вході в сушарку регулюється за рахунок зміни подачі палива. У свою чергу, зміна подачі палива викликає

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

зміну подачі первинного повітря. Розрідження в сушарці регулюємо за рахунок величини обсягу газів, що відходять (відкриваючи або закриваючи вентель). Витрата вологого матеріалу на вході в БГС регулюється дозатором.

Вибір і обґрунтування засобів автоматизації

Головним параметром є температура сушильного агента на вході в барабанну гранулятор-сушарку. Її регулювання здійснюється набором засобів автоматизації. У даній схемі, як найбільш оптимальний, вибираємо контактний метод вимірювання температури.

Термометри опору не підходять для даного процесу, тому що вони призначені для вимірювання відносно низьких температур. У якості датчика вибираємо термоелектричний перетворювач, який володіє уніфікованим сигналом, більш прийнятним вторинним приладом без нормуючого перетворювача. Чутливим елементом термометри є два термоелектроди, зварених між собою на робочому кінці в термопару (спай) і ізольованих по всій довжині за допомогою одно- або двохканальних трубок. Чутливий елемент поміщається в захисну арматуру, в комплект якої входить водо- захищена голівка з колодкою затискачів. Подвійні термометри мають два електричних ізольованих чутливих елемента.

Спай поверхневого термоелектричного термометра електрично з'єднаний із захисною арматурою. Вільні кінці термометра через колодку затискачів приєднуються до вторинного приладу або перетворювача. Існує кілька видів термопар, такі як: хромель-копелеві, платино-родієві, хромель- алюмелеві тощо. Для діапазону 300–500°C підходить хромель-копелева термопара ТХК 0179.

У якості вторинного приладу вибираємо показуючий прилад ДИСК- 250, призначений для вимірювання та реєстрації активного опору, сили і напруги постійного струму, а також неелектричних величин, перетворених в зазначені сигнали. ДИСК-250 має вхідні іскробезпечні електричні ланцюги. Такий прилад встановлюються лише поза вибухонебезпечних приміщень і має маркування Exia ІІС.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Усі прилади серії ДИСК-250 можуть працювати із серійно випускаючими датчиками, які не мають власного джерела живлення, індуктивності, ємності, які можуть встановлюватися у вибухонебезпечних зонах приміщень.

Прилади розраховані на роботу з вхідними сигналами від термоперетворювачів опору з номінальною статичною характеристикою перетворення 0–5 і 4–20 мА; 0–5 і 0–10 В; 0–50 і 0–100 мВ.

ДИСК-250 і його різновиди мають наступні вихідні пристрої:

1. Пристрій перетворення вхідних сигналів у вихідний безперервний електричний сигнал 0–5 або 4–20 мА;
2. Пропорційно-інтегральне регулююче;
3. Регулююче з безконтактним і контактним (релейним) виходом для формування трипозиційного закону регулювання з незалежною установкою нижньої і верхньої меж зони регулювання;
4. Два двохпозиційних пристрої сигналізації з релейним виходом.

Установки призначені для роботи в закритих приміщеннях без агресивних середовищ при температурі навколишнього повітря від 5 до 50°C і верхньому значенні відносної вологості 80 % при 35°C і більш низьких температурах без конденсації вологи.

Із урахуванням вищесказаного ДИСК-250 найбільш оптимальний варіант. На користь цього говорить і те, що він володіє уніфікованим вихідним сигналом із можливістю підключення до ЕОМ. ДИСК-250 має габаритні розміри такі ж, як і у КСП, КСД або КСМ, що полегшить заміну.

Роль регулятора буде здійснювати той же ДИСК-250. Він має вбудований задатчик ЗД-10, який являє собою дротяний потенціометр, діапазон його дії дорівнює 0–100 %.

Також ДИСК-250 має у своєму складі позиційний електричний регулятор, який складається з двох реле типу ПЕ-37-22УЗ (які забезпечують трипозиційне регулювання).

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

У якості регулятора візьмемо Ремиконт Р-130. Ремиконт Р-130 – регулюючий мікропроцесорний контролер. Вибір цього контролера обумовлений тим, що Ремиконт Р-130 являє собою компактний мікропроцесорний контролер, який має 28 каналів вводу/виводу і оснащений інтерфейсним каналом цифрового послідовного зв'язку. На лицьовій панелі контролера розташовані органи оперативного управління, за допомогою яких реалізують велику кількість оперативних команд. Ремиконт Р-130 реалізує функції одноконтурного, каскадного, програмного, супервизорного і багатозв'язного регулювання, а також логіко-програмне управління з подальшим використанням команд і алгебри логіки, що забезпечує високий рівень регулювання. Окрім того, Р-130 здійснює:

1. Ручну установку або автоматичну корекцію параметрів настройки в алгоритмах;
2. Безударну зміну режимів управління, а також конфігурація контурів будь-якої складності;
3. Вибірче оперативне управління та контроль за контурами регулювання, дистанційне керування використовуваними механізмами, контроль технологічних координат;
4. Запис інформації в перепрограмоване ПЗУ із ультрафіолетовим стиранням;
5. Самодіагностику, сигналізацію і ідентифікацію несправностей, у тому числі виявлення відмов апаратури, виходів за допустимі межі, короткі замикання по навантаженню, порушення обміну інформації по локальній мережі.

Окрім того, Ремиконт Р-130 має порівняно невисоку вартість, що дозволяє його широко застосовувати у промисловості.

АСР стабілізації температурного режиму реалізується на мікроконтролері наступними блоками: блок демпферування – для згладжування вхідного сигналу; блок аналого-цифрового перетворення; блок підсумовування, де сигнал порівнюється із заданою дією; блок аналогового

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

регулятора; блок порівняння із зоною нечутливості без зміни напрямку спрацьовування.

У якості ключа вибору роду робіт ми вибираємо БРУ-32. Блок типу БРУ-32 виконує такі функції: дистанційне перемикання з автоматичного режиму управління на ручний і навпаки, кнопкове управління виконавчими пристроями «більше-менше», світлова індикація вихідного сигналу регулюючого пристрою «більше-менше» з імпульсним вхідним сигналом, визначення положення регулюючого органу.

У якості виконавчого механізму вибираємо МЕВ 40/63. Управління механізмами (пуск, зупинка, зміни напрямку руху) здійснюється контактними і безконтактними пристроями. При контактному управлінні використовують реверсивні електромагнітні пускачі або реле. Безконтактне управління механізмами МЕВ реалізуються безконтактними реверсивними пускачами типу ПБР-2М, які містять асинхронний однофазний конденсаторний електродвигун типу ДАУ або синхронний реверсивний конденсаторний електродвигун типу ДСР.

У якості дистанційного покажчика положення вибираємо ДУП-М, який працює у комплекті з МЕВ.

У якості регулюючого органу вибираємо вентиль регулюючий з електроприводом. Запірні і регулюючі кутові вентиля застосовуються на трубопроводах для рідких і газоподібних середовищ із робочою температурою від -30 до +200°C. Час відкривання або закривання вентиля електроприводом 25 с. Відповідно до діаметра трубопроводу обраний вентиль із діаметром умовного проходу 50 мм.

Регулювання температури сушильного агента на вході в барабан здійснюється за допомогою зміни витрати палива, яка пов'язана певним співвідношенням із витратою первинного повітря. Для регулювання цього співвідношення використовується наступний набір засобів автоматизації. У якості первинного перетворювача для вимірювання витрати палива обрана діафрагма камерна ДК6-50-11-а/г-2, умовний прохід якої 50 мм (обраний у

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

відповідності до діаметра трубопроводу). Вимірювання витрати діафрагмою здійснюється за методом змінного перепаду тиску. Цей метод заснований на тому, що потік газу, який протікає в трубопроводі, нерозривний і в місці установки звужуючого пристрою, швидкість його зменшується. При цьому відбувається частковий перехід потенційної енергії тиску в кінетичну енергію швидкості, внаслідок чого статичний тиск у вузькому перетині буде меншим за тиск перед місцем звуження. Цей метод вимірювання витрати є досить точним, зручним і універсальним, та застосовується для вимірювання витрати рідини, газів і пари. Діафрагма має наступні переваги перед іншими пристроями звуження потоку (сопло і сопла Вентурі): потрібно менша пряма ділянка трубопроводу перед діафрагмою для її установки.

У якості нормуючого перетворювача (для перетворення пневматичного сигналу в електричний) використовується датчик тиску Сапфір-2М-ДД-2430, призначений для безперервного перетворення різниці тисків в уніфікований вихідний сигнал.

У якості сигналу для завдання витрати первинного повітря на регулятор Р-27 використовується співвідношення між витратою палива і витратою первинного повітря. Для його визначення сигнал із ДИСК-250 надходить на блок множення БУМ. Сигнал з виходу блоку множення відповідає вказаній користувачем пропорції від витрати палива і надходить на регулятор Р-27. На цей же регулятор надходить сигнал від ланцюжка вимірювання витрати первинного повітря. Сигнал із регулятора надходить на блок ручного управління БРУ-32. Із БРУ-32 сигнал надходить на пускач безконтактний реверсивний ПБР-2-3, який призначений для управління виконавчими механізмами, забезпечуючи зміну напрямку обертання електроприводом. Він використовується для управління виконавчим механізмом типу МЕВ-40/63, який працює в системах управління.

Температура в барабані і на виході з БГС контролюється наступним набором засобів автоматизації. Первинним приладом є термоелектричний

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

перетворювач типу ТХК 0179, межі вимірювання якого -50-600°C. У якості вторинного приладу вибираємо ДИСК-250.

Для контролю витрат вологого повітря в якості первинного перетворювача обрана діафрагма камерна ДК6-50-11-а/г-2, умовний прохід якої 50 мм. У якості вторинного приладу, що працює з діафрагмою, обраний дифманометр «Сапфір 2М-ДД-2430» сигнал із якого надходить на ДИСК-250.

Для контролю числа обертів двигуна в барабані був обраний електричний тахометр типу К1803, призначений для дистанційного вимірювання частоти обертання двигунів. Діапазон зміни частоти обертання 0–100 об/хв.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ [23, 24]

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

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

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

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

Хімічні фактори: речовини і сполуки азоту в вихідній речовині.

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

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

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

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

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

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

Основні заходи захисту від впливу електричного струму:

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

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

2. Забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику: захист від переходу високої напруги в мережу низької напруги; захисне розділення мереж.

3. Застосування електрозахисних засобів персоналом при експлуатації установок.

4. Організація безпечної експлуатації електроустановок.

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

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

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

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

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

відносна вологість повітря; швидкість руху повітря; інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням, зазначеним. У кабінах, на пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших виробничих приміщеннях при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням, повинні дотримуватися оптимальні величини температури повітря 22-24°C, його відносної вологості 60-40% і швидкості руху (не більше 0,1 м/с). Перелік інших виробничих приміщень, в яких повинні дотримуватися оптимальні норми мікроклімату, визначається галузевими документами, узгодженими з органами санітарного нагляду в установленому порядку. Визначення категорії робіт персоналу за важкістю, оптимальні і допустимі метеорологічні умови для робочої зони приміщення в додатку. Фактичні параметри мікроклімату відповідають нормативним вимогам «ДНАОП 0.03-3.15-86 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень N 4088-86».

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

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

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

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

Викиди забрудненого повітря в атмосферу мають відповідати вимогам ДСП 201-97. Вимоги до температури зовнішньої поверхні технологічного обладнання або огорожувальних засобів за ГОСТ 12.1.005-88 п. 1. 11. Температура поверхні апаратів при виробництві гранульованих добрив на місцях, де можливий контакт їх з персоналом, не повинна перевищувати 45°C.

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

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		72

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

Джерелами шуму і вібрації у виробничому приміщенні є насоси, мішалки, сушарка-гранулятор киплячого шару, компресор, газодувки, пневмокласифікатор.

На робочому місці оператора, згідно ГОСТ 12.1.003 - 83 ССБТ, ДСН 3.36 - 042 - 99 і ГОСТ 12.1.012 - 90 ССБТ, рівні шуму і вібрації відповідають допустимим нормам.

Для зниження рівня шуму і вібрації можливо впровадити наступні заходи:

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

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

Категорія виробничого приміщення за пожежною безпекою, згідно ОНТП - 24 - 86 категорія Д пожежонебезпечна. Сировина, що

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

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

Таблиця 6.1 – Застосовувані у виробництві засоби пожежогасіння

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

Ремонтні роботи в газонебезпечних місцях дозволяється проводити при наявності наряду-допуску на газонебезпечні роботи. Наряд-допуск складається начальником цеху у відповідності з “Інструкцією по організації та проведенню робіт в газонебезпечних місцях на підприємствах хімічної промисловості”. Вогневі роботи проводити згідно з вимогами “Інструкції по організації безпечного проведення вогневих робіт в цехах та на території підприємства”. При виконанні вогневих та газонебезпечних робіт необхідно встановити безперервний контроль за станом повітряного середовища в приміщеннях та закритих апаратах. Ремонтні роботи проводити згідно з інструкцією “ Про порядок безпечного проведення ремонтних робіт на підприємстві”. Дотримуватись вимог щодо зберігання та використання горючих та легкогорючих матеріалів. Забороняється зберігання промасленого ганчіря, ГСМ поблизу джерел горіння. Проїзди та проходи до

приладів пожежогасіння та пожежних гідрантів повинні бути вільними. При виникненні пожежі приймаються міри щодо її ліквідації силами цехової дружини, викликається пожежна команда, при виникненні пожежі внаслідок несправності обладнання або електропроводки дана ділянка повинна бути негайно знеструмлена, тільки після цього приступити до гасіння пожежі. На фіксованих місцях цеху обладнуються та укомплектовуються аптечки першої медичної допомоги з наявністю перев'язочних, нейтралізуючих та протиопікових засобів. Обслуговуючий персонал повинен мати спецодяг та індивідуальні засоби захисту згідно типових норм.

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

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

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

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

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

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

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

ВИСНОВКИ

Проведений літературний огляд показав, що на сьогоднішній день світова тенденція вимагає отримання мінеральних добрив, зокрема амофосу, в гранульованому вигляді. Процес грануляції дозволяє поліпшити фізико-хімічні та механічні властивості продукту. Окрім того, гранульовані добрива, у порівнянні з порошкоподібними і рідкими, більш зручні в транспортуванні, зберіганні, а також при безпосередньому використанні.

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто способи отримання гранульованого амофосу, обґрунтовано вибір технології виробництва амофосу з упарюванням амофосної пульпи і гранулюванням у барабанній гранулятор-сушарці (БГС). Представлена фізична модель процесу гранулювання методом обкочування в БГС.

Таким чином, оптимізація фізичної і математичної моделей, а власне і самого процесу формування і укрупнення гранул в апараті БГС, дозволяє отримати економічний ефект за рахунок ведення процесу в більш компактному апараті (зменшилися його габарити: довжина і діаметр барабана у порівнянні з прототипом). Це підтверджено чисельним моделюванням (розрахунком) технологічних і конструктивних параметрів процесу. Також у роботі представлені: будівельно-монтажна частина; розрахунки апарату на міцність і герметичність; охорона праці та навколишнього середовища. Останній розділ включає аналіз потенційних небезпек і шкідливостей під час роботи установки виробництва гранульованого амофосу.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амофос [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%81>
2. Азотно-фосфорное удобрение Аммофос NP (S) 10-46-(7) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://agroantal.com.ua/ru/product/ammofos-np-10:46-28848>
3. Кононов А.В. Основы технологии комплексных удобрений / А.В. Кононов, В.Н. Стерлин, Л.И. Евдокимова. – М. : Химия, 1988. – 320 с.
4. Классен П.В. Основы техники гранулирования (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. – М. : Химия, 1982. – 272 с.
5. Классен П.В. Гранулирование / П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. – М. : Химия, 1991. – 240 с.
6. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений / В.Н. Кочетков. – М. : Химия, 1975. – 224 с.
7. Казакова Е.А. Гранулирование и охлаждение азотсодержащих удобрений / Е.А. Казакова. – М. : Химия, 1980. – 288 с.
8. Процессы гранулирования в промышленности / Н.Г. Вилесов, В.Я. Скрипко, В.Л. Ломазов, И.М. Танченко. – К. : Техніка, 1976. – 192 с.
9. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений / М.Б. Генералов, П.В. Классен, А.Р. Степанова, И.П. Шомин. – М. : Машиностроение, 1984. – 192 с.
10. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.
11. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
12. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов,

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		77

- П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
13. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
14. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
15. Лашинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
16. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лашинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
17. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Машини та апарати хімічних виробництв» зі спеціальності 7.090220 «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студ. денної та заочної форм навчання / С. І. Якушко. – Суми : СумДУ, 2007. – 57 с.
18. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпощенко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.
19. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
20. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
21. КСК автоматизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kck.ua/dir.html>
22. Голубятников В. А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1985. – 352 с.

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						78
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

23. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.

24. Основні ізолювальні електрозахисті засоби для роботи в електроустановках. Правила користування та терміни випробувань [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.kazedu.kz/referat/169461/2>

					ПОХНВ.Г.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

ДОДАТОК

**Специфікації до
графічної частини**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
*/			ПОХНП.Г.00.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	*/А2х3	
A0			ПОХНП.Г.00.00.00 СЗ	Схема технологическая	1		
A1			ПОХНП.Г.00.00.00 П1	Информационный плакат	1		
A4			ПОХНП.Г.00.00.00 ПЗ	Пояснительная записка	79	с.	
<u>Сборочные единицы</u>							
		1	ПОХНП.Г.01.00.00	Барабан	1		
		2	ПОХНП.Г.02.00.00	Загрузочная камера	1		
		3	ПОХНП.Г.03.00.00	Разгрузочная камера	1		
		4	ПОХНП.Г.04.00.00	Электродвигатель	1		
		5	ПОХНП.Г.05.00.00	Привод	2		
		6	ПОХНП.Г.06.00.00	Опорная станция	1		
		7	ПОХНП.Г.07.00.00	Опорно-упорная станция	1		
		8	ПОХНП.Г.08.00.00	Зубчатый венец	1		
		9	ПОХНП.Г.09.00.00	Бандажное кольцо	2		
<u>Детали</u>							
		10	ПОХНП.Г.00.00.01	Паронит ПОН-А ГОСТ 481-80			
<u>Стандартные изделия</u>							
		11		Болт М20 х 50 ГОСТ 7798-70	60		
		12		Шайба 20 Н ГОСТ 6402-70	60		
ПОХНП.Г.00.00.00							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разраб. Паета							
Пров. Яхненко							
Н.контр.							
Утв. Складинский							
Сушилка-гранулятор барабанная				Лит.		Лист	Листов
				М К Р			1
				СумГУ, ХМмдн-91п			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<u>Документация</u>									
A2			ПОХНП.Г.07.01.00 СБ	Сборочный чертеж	1				
<u>Детали</u>									
		1	ПОХНП.Г.07.01.01	Рама	1				
		2	ПОХНП.Г.07.01.02	Ролик	1				
		3	ПОХНП.Г.07.01.03	Днище	1				
		4	ПОХНП.Г.07.01.04	Кольцо	1				
		5	ПОХНП.Г.07.01.05	Прокладка	1				
		6	ПОХНП.Г.07.01.06	Фланец	1				
		7	ПОХНП.Г.07.01.07	Уплотнение	2				
		8	ПОХНП.Г.07.01.08	Приставочные кольца	3				
<u>Стандартные изделия</u>									
		3		Подшипник 414 ГОСТ 27365-87	1				
		10		Подшипник 443 ГОСТ 831-75	1				
		11		Болт М30 x 55 ГОСТ 7805-70	4				
		12		Болт М20 x 55 ГОСТ 7805-70	4				
		13		Болт М20 x 55 ГОСТ 7805-70	4				
ПОХНП.Г.07.01.00									
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			
			Дата						
Инв. № подл.	Разраб.	Паета	Упорный ролик				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Яхненко					М	К	Р
	Н.контр.		СумГУ, ХМмдн-91п						
	Утв.	Складинский							