

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 133"Галузеве машинобудування"

(код і назва)

Освітньо-професійна програма "Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв"

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гавва О. М.

“ _____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Будника Євгенія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи "Дослідження процесу змішування з метою удосконалення конструкції змішувача Rotto F600"

керівник роботи Житнецький Ігор Володимирович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” 11 2020 року №925-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 12.02.2021 року

3. Вихідні дані до роботи роботи технічний паспорт обладнання, кресленики обладнання, навчальна нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Аналітичний огляд стану питання, Техніко-економічне обґрунтування, Об'єкт і методика досліджень, Моделювання процесу вологої грануляції, Модернізація змішувача-гранулятора, Охорона проці і навколишнього середовища, Висновки, Список використаної літератури, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Змішувач-гранулятор Rotto F600 загальний вигляд - 1 лист формату А1,

подрібнювач - 1 лист формату А1, привід мішалки - 1 лист формату А1,

розвантажувальний клапан -1 лист формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 6.11.2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.20	Виконано
2	Аналітичний огляд стану питання	21.11.20	Виконано
3	Техніко-економічне обґрунтування	05.12.20	Виконано
4	Об'єкт і методика досліджень	14.12.20	Виконано
5	Моделювання процесу вологої грануляції	19.12.20	Виконано
6	Модернізація змішувача-гранулятора	25.12.20	Виконано
7	Охорона праці і навколишнього середовища	08.01.21	Виконано
8	Висновки, Список використаної літератури	12.01.21	Виконано
9	Додатки	25.01.21	Виконано
10	Креслення змішувач Rotto F600 A1	27.01.21	Виконано
11	Креслення подрібнювач A1	29.01.21	Виконано
12	Креслення привід мішалки A1	01.02.21	Виконано
13	Креслення розвантажувальний клапан A1	09.02.21	Виконано

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Будник Є. В.

(прізвище та ініціали)

Житнецький І. В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

У кваліфікаційній роботі досліджується процес змішування компонентів суміші для таблетування, що проводиться в змішувачі-грануляторі Rotto F600. Джерела технічної інформації, в тому числі багато електронних, були проаналізовані для виявлення проблем, які виникають під час процесу мокрого гранулювання в машинах з великими зусиллями зсуву.

Було встановлено, що проблеми, що виникають під час гранулювання, в основному пов'язані з конструктивними особливостями обладнання, тому було вирішено поліпшити роботу змішувача-гранулятора, змінивши форму лопатей швидкісного змішувача - чопера та визначити раціональні режими його роботи.

Процес змішування компонентів суміші для таблетування моделюється в програмному пакеті Flow Vision. Встановлено, що модернізована конструкція подрібнювача має переваги перед базовим варіантом, забезпечуючи найкращу рівномірність розподілу компонентів та меншу площу ділянок із уповільненою швидкістю руху суміші.

Новизна роботи полягає у вдосконаленій конструкції високошвидкісного робочого органу змішувача-гранулятора, обґрунтуванні місця його установки та раціональній швидкості, а також отриманні рівняння регресії, що адекватно описує процес, що розглядається.

Розрахунок техніко-економічних показників довів, що запропонований варіант модернізації повинен бути впроваджений у виробництво, це технічно та економічно ефективно.

Кваліфікаційна робота складається з розрахунку та пояснювальної записки, яка містить сторінок, 26 малюнків, 10 таблиць, презентацій у Power Point.

Ключові слова: змішувач-гранулятор, чоппер, концентрація, швидкість, FlowVision.

Summary

In the qualification work the stage of mixing the components of the mixture for tableting, which is carried out in the mixer-granulator Rotto F600, is investigated. Sources of technical information, including many electronic ones, have been analyzed to identify problems that occur during the wet granulation process in machines with high shear forces.

It was found that the problems that arise during granulation are mainly related to the design features of the equipment, so it was decided to improve the operation of the mixer-granulator by changing the shape of the blades of a high-speed mixer - chopper - and identify rational modes of its operation. The process of mixing the components of the mixture for tableting is modeled in the software package Flow Vision. It is established that the modernized design of the chopper has advantages over the basic variant, providing the best uniformity of distribution of components and the smaller area of sites with the slowed down speed of movement of mix.

The novelty of the work lies in the improved design of the high-speed working body of the mixer-granulator, substantiation of the place of its installation and rational speed, as well as obtaining a regression equation that adequately describes the process under consideration.

The calculation of technical and economic indicators proved that the proposed modernization option should be implemented in production, it is technically and economically efficient.

Qualification work consists of a calculation and explanatory note, which contains pages, 26 figures, 10 tables, presentations in Power Point.

Key words: mixer-granulator, chopper, concentration, speed, FlowVision.

Зміст

Вступ

1.	Аналітичний огляд стану питання.....	
1.1.	Технологічний процес виробництва таблеток.....	
1.1.1.	Пряме пресування.....	
1.2.	Гранулювання.....	
1.2.1	Метод сухого гранулювання.....	
1.2.2	Метод вологого гранулювання.....	
2.	Техніко-економічне обґрунтування	
3.	Об'єкт і методика досліджень.....	
3.1.	Процес змішування і зволоження компонентів таблетувальної суміші як об'єкт дослідження.....	
3.2.	Методика дослідження.....	
3.2.1.	Методика імітаційного моделювання процесу змішування і зволоження компонентів суміші.....	
4.	Моделювання процесу вологої грануляції.....	
5.	Модернізація змішувача-гранулятора	
5.1.	Апаратурно-технологічна схема.....	
5.2.	Вибір конструкційних матеріалів.....	
5.3.	Розрахункова частина.....	
5.4.	Монтаж, ремонт та експлуатація.....	
6.	Охорона праці і навколишнього середовища.....	
	Висновки.....	
	Список використаної літератури.....	
	Додатки.....	

						<i>170528MP.10.00.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	№ докум.	Підпи				<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив		Будник Є.В.			Зміст			<i>1</i>	<i>1</i>
Перевірив		Житнецький І.В.							
Керівник		Житнецький І.В.							
Затвердив		Гавва О.М.						НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М	

Вступ

Таблетки (лат. *tabuleta*) — тверда лікарська форма, яка містить одну дозу або більше діючих речовин, одержана пресуванням певного об'єму часток та призначена для вживання всередину.

Частки таблеток складаються з однієї чи більше діючих і допоміжних речовин, які зв'язують, розпушують, зволожують, забарвлюють, ароматизують тощо або змінюють «поведінку» лікарської форми у ШКТ, нерідко таблетки отримують без допоміжних речовин. Вони зазвичай мають вигляд правильних круглих циліндрів, верхня і нижня поверхні яких плоскі чи випуклі, краї поверхонь можуть бути скошені. На поверхні таблеток можуть бути нанесені штрихи, риси для поділу, написи та інші позначення.

Таблетки класифікуються як: без оболонки, покритих оболонкою, шипучі, розчинні, дисперговані, кішково-розчинні, з модифікованими вивільненнями, та тіщо розсмоктуються.

Технологія виготовлення таблеток методом вологої грануляції містить такі стадії: підготовка виробництва, підготовка сировини (подрібнення, просіювання, підготовка зволожувача), змішування інгредієнтів, зволоження суміші, гранулювання вологої маси, сушіння (вологих гранул), обробка сухих гранул, опудрення гранул, таблетування, знепилювання таблеток, відбраковка, фасування, пакування.

Виробництво таблеток у світі щорічно зростає на 10–15%. На думку експертів ВООЗ, такі показники будуть тривати і надалі. Ця тенденція характерна і для України.

У кваліфікаційній роботі розглядається обладнання яке призначене для гранулювання сумішей для таблетування, що використовується на нинішніх українських фармацевтичних підприємствах.

					<i>170528MP.10.00.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>	Вступ		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Будник Є.В.						<i>1</i>	<i>1</i>
Перевірив	Житнецький І.В.							
Керівник	Житнецький І.В.							
Затвердив	Гавва О.М.							
						НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М		

1. Аналітичний огляд стану питання

1.1 Технологічний процес виробництва таблеток

Під час виготовлення лікарських форм із порошкового матеріалу, крім змішування і пресування, проводяться операції здрібнювання, грануляції і таблетування.

Здрібнювання препарату застосовують для досягнення однорідності змішування, усунення великих агрегатів у матеріалах, що грудкуються і склеюються, збільшення технологічних і біологічних ефектів.

Здрібнювання порошоків забезпечує певне збільшення міцності і кількості контактів між частинками і як наслідок — утворюються міцні конгломерати. Використовуючи цю властивість, у вугільній промисловості отримують методом обкатування міцні гранули із здрібненого порошку.

Тонке здрібнювання лікарських порошоків, незважаючи на можливі переваги біодоступності, не знайшло, за винятком окремих випадків, широкого застосування в технології виробництва твердих лікарських форм. Це обумовлено тим, що кристал являє собою жорстко сформовану структуру з мінімальною вільною і значною внутрішньою енергією. Тому його руйнація потребує значних зовнішніх зусиль. У системі кристалів одночасно зі здрібнюванням посилюється тертя, яке зменшує прикладене зовнішнє навантаження до величин, здатних спричинити тільки еластичну або незначну пластичну деформацію. Тому ефективність здрібнювання, особливо в кристалічних речовинах із високою температурою плавлення, швидко падає.

Для збільшення пластичної деформації у здрібнений порошок вводять деяку кількість рідкої фази.

					170528MP.10.01.ПЗ			
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпи				
Розробив	Будник С.В.				Аналітичний огляд стану питання		Арк.	Аркушів
Перевірив	Житнецький І.В.						1	17
Керівник	Житнецький І.В.							
Затвердив	Гавва О.М.							
						НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М		

Збільшення вільної енергії кристалів при здрібнюванні може служити причиною механохімічної деструкції препаратів і зменшення їхньої стабільності під час зберігання.

Здрібнювання високопластичних матеріалів із низькими температурами плавлення, таких як ковзні і змащувальні речовини, може забезпечити значне збільшення їх ефективності при виготовленні таблеток.

Деякі м'які конгломерати порошків можуть бути усунуті їх просіюванням або протиранням крізь перфоровані пластини або сита з певним розміром отворів. В інших випадках просіювання є невід'ємною частиною здрібнювання для одержання суміші з певним гранулометричним складом.

Здрібнювання застосовується також для переробки некондиційних гранул і таблеток. Для здійснення здрібнювання порошків і гранул запропоновано багато апаратів з різними робочими органами. Часто подрібнювальні агрегати входять до комплексу обладнання для обробки вихідних субстанцій і кінцевої продукції — гранул (гранулятори, змішувачі-гранулятори, класифікатори та ін.).

У зв'язку з невеликими кількостями подрібнюваних матеріалів на заводах для цих цілей, зокрема, для здрібнювання некондиційних гранул, використовують гранулятори, кульові і молоткові млини, мікромлини та ін.

Підбір технологічної схеми виробництва таблеток завжди залежить від фізико-хімічних та технологічних властивостей лікарських речовин, їх кількості у складі таблетки, стійкості до дії чинників зовнішнього середовища тощо. На сьогодні відомо два основні методи одержання таблеток: прямим пресуванням речовин і через гранулювання.

1.1.1 Пряме пресування

Метод прямого пресування має деякі переваги. Він дозволяє досягти високої продуктивності праці, значно скоротити час технологічного циклу за рахунок ліквідації деяких операцій і стадій, виключити використання декількох позицій обладнання, зменшити виробничі площі, знизити енерго- і працезатрати. Пряме пресування дає можливість одержати таблетки з волого, термолабільних і

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несумісних речовин. Нині за цим методом одержують менше 20 найменувань таблеток. Це пояснюється тим, що більшість лікарських речовин не мають властивостей, які забезпечують безпосереднє їх пресування. До цих властивостей належать: ізодіаметрична форма кристалів, добра сипкість (плинність) і спресовуваність, низька адгезійна здатність до прес-інструмента таблеткової машини.

Пряме пресування — це сукупність різних технологічних заходів, що дозволяють поліпшити основні технологічні властивості таблетованого матеріалу: сипкість і спресовуваність — і одержати з нього таблетки, минаючи стадію грануляції.

На сьогодні таблетування без грануляції здійснюється:

- із додаванням допоміжних речовин, які поліпшують технологічні властивості матеріалу;
- примусовою подачею таблетованого матеріалу із завантажувального бункера таблеткової машини в матрицю;
- із попередньою спрямованою кристалізацією спресовуваних речовин.

Велике значення для прямого пресування мають розмір, міцність частинок, спресовуваність, плинність, вологість та інші властивості речовин. Так, для одержання таблеток натрію хлориду прийнятною є видовжена форма частинок, а кругла форма цієї речовини майже не піддається пресуванню. Найбільшою плинністю відзначаються крупнодисперсійні порошки з рівноосною формою частинок і малою пористістю — такі, як лактоза, фенілсалі-цилат, гексаметилентетрамін та інші подібні препарати, що входять у цю групу. Тому такі препарати можуть бути спресовані без попереднього гранулювання. Щонайкраще зарекомендували себе лікарські порошки з розміром частинок 0,5—1,0мм, кутом природного укосу менше 42° , насипною масою понад 330кг/м^3 , пористістю менше 37 %.

Вони складаються з достатньої кількості ізодіаметричних частинок

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приблизно з однаковим фракційним складом і, як правило, не містять великої кількості дрібних фракцій. їх об'єднує здатність рівномірно висипатися з лійки під дією власної маси, тобто спроможність довільного об'ємного дозування, а також досить добра спресовуваність.

Однак переважна більшість лікарських речовин не здатна до самовільного дозування через значний (понад 70 %)вміст дрібних фракцій і нерівномірності поверхні частинок, що спричиняє сильне міжчастинкове тертя. У цих випадках додають допоміжні речовини, які поліпшують властивості плинності і належать до класу ковзних допоміжних речовин. Таким методом одержують таблетки вітамінів, алкалоїдів, глюкозидів, кислоти ацетилсаліцилову, бромкамфори, фенолфталеїн, сульфадимезин, фенобарбітал, ефедрину гідрохлорид, кислоти аскорбінову, натрію гідрокарбонат, кальцію лактат, стрептоцид, фенацетин та інші. Попередня спрямована кристалізація —один із найбільш складних способів одержання лікарських речовин, придатних для безпосереднього пресування. Цей спосіб здійснюється двома методами:

- перекристалізацією готового продукту в необхідному режимі;
- добором певних умов кристалізації синтезованого продукту.

Застосовуючи ці методи, одержують кристалічну лікарську речовину з кристалами досить ізодіаметричної (рівноосної) структури, яка вільно висипається з лійки і внаслідок цього легко піддається самовільному об'ємному дозуванню, і це є неодмінною умовою прямого пресування. Даний метод використовується для одержання таблеток кислот ацетилсаліцилової і аскорбінової.

Для підвищення спресовуваності лікарських речовин при прямому пресуванні до складу порошкової суміші вводять сухі клейкі речовини — найчастіше мікрокристалічну целюлозу (МКЦ) або поліетиленоксид (ПЕО). Завдяки своїй здатності вбирати воду і гідратувати окремі шари таблеток, МКЦ сприятливо впливає на процес вивільнення лікарських речовин. ЗМКЦ можна

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовити міцні таблетки, які, однак, не завжди добре розпадаються.

Для поліпшення розпадання таблеток із МКЦ рекомендують додавати ультраамілопектин.

При прямому пресуванні показане застосування модифікованих крохмалів. Останні вступають у хімічну взаємодію з лікарськими речовинами, значно впливаючи на їх вивільнення і біологічну активність.

Часто використовують молочний цукор, як засіб, що поліпшує сипкість порошків, а також гранульований кальцію сульфат, який має добру плинність і забезпечує одержання таблеток із достатньою механічною міцністю. Застосовують також циклодекстрин, який сприяє підвищенню механічної міцності таблеток і їх розпадання.

При прямому таблетуванні рекомендована мальтоза як речовина, яка забезпечує рівномірну швидкість засипання і має незначну гігроскопічність. Так само застосовують суміш лактози і зшитого полівінілпіролідону.

Технологія виготовлення таблеток полягає в тому, що лікарські препарати ретельно змішують із необхідною кількістю допоміжних речовин і пресують на таблеткових машинах. Вад цього способу — можливість розшарування таблетованої маси, зміна дозування під час пресування з незначною кількістю діючих речовин і використання високого тиску. Деякі з цих вад зводяться до мінімуму при таблетуванні примусовою подачею речовин, що пресуються, в матрицю. Здійснюють деякі конструктивні заміни деталей машини, тобто вібрацію башмака, поворот матриці на певний кут в процесі пресування, встановлення в завантажувальний бункер зіркоподібних мішалок різних конструкцій, засмоктування матеріалу в матричний отвір за допомогою вакууму, що створюється сам по собі, або спеціальним сполученням з вакуум-лінією.

Очевидно, найбільш перспективним буде метод примусової подачі речовин, що пресуються, на основі вібрації завантажувальних бункерів у поєднанні з прийнятою конструкцією перегрібачів.

Але, незважаючи на досягнуті успіхи в галузі прямого пресування, у

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництві таблеток цей метод застосовується для обмеженої кількості лікарських речовин.

1.2 Гранулювання

Гранулювання —цілеспрямоване укрупнення частинок, тобто —процес при якому порошковий матеріалу перетворюється в зерна певних розмірів.

Грануляція необхідна для покращення сипкості таблетованої маси, яке відбувається внаслідок значного зменшення загальної поверхні частинок коли вони злипаються в гранули, а отже, зменшення тертя, що виникає між цими частинками під час руху. Розшарування багатокomпонентної порошкоподібної суміші відбувається за рахунок різниці в розмірах частинок і значеннях питомої густини лікарських і допоміжних компонентів, що входять у її склад. Таке розшарування можливе при різних вібраціях таблеткової машини або її лійки. Розшарування таблетованої маси — це небезпечний і неприпустимий процес, який спричиняє в деяких випадках майже повне виділення компонента з найбільшою питомою густиною із суміші і порушення її дозування. Грануляція запобігає цій небезпеці, оскільки в її процесі відбувається злипання частинок різного розміру і питомої густини. Утворений при цьому гранулят, за умови одержання гранул однакових розмірів, набуває досить сталої насипної маси. Міцність гранул також відіграє важливу роль, міцні гранули менш схильні до стирання та мають кращу сипкість.

Існуючі на сьогодні способи грануляції поділяють на такі основні типи: 1) суха грануляція, або гранулювання розмеленням; 2) волога грануляція, або гранулювання продавленням; 3) структурна грануляція.

1.2.1 Метод сухого гранулювання

Він полягає в змішуванні порошків і зволоженні їх розчинами склеювальних речовин в емальованих змішувачах з подальшим висушуванням догрудкуватої маси. Потім масу за допомогою вальців або млина «Ексцельсіор»

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворюють на крупний порошок. Грануляція розмелюванням застосовується в тих випадках, коли зволожений матеріал реагує з матеріалом під час протирання. У деяких випадках, якщо лікарські речовини розкладаються в присутності води, а під час сушіння входять у хімічні реакції взаємодії чи піддаються фізичним змінам (плавлення, пом'якшення, зміна кольору) — їх піддають брикетуванню. Зцією метою з порошку пресують брикети на спеціальних брикетованих пресах із матрицями великих розмірів (25—50мм) під високим тиском. Отримані брикети здрибнюють на вальцях або млині «Ексцельсіор», фракціонують за допомогою сит і пресують на таблеткових машинах таблетки заданої маси і діаметра. Грануляцію брикетуванням можна застосовувати також, коли лікарська речовина має добру здатність до спресовування і для неї не потрібне додаткове зв'язування частинок клейкими речовинами.

1.2.2 Метод вологого гранулювання

На виробництві вологе гранулювання часто проводиться в грануляторах типу 3027(Маріупольський ЗТО). Робочий орган апарата складається із шнека і шести міцних стержнів, що дозволяє переміщувати гранульований матеріал в осьовому напрямку. Існує праве і ліве виконання. Продуктивність — 150—1000 кг/год. Перспективними є прес-гра-нулятори фірми «ХУТТ» (Німеччина), робочим органом яких є пресувальні вальці у вигляді порожнистих циліндрів з зубцям на поверхні, між якими в стінках розташовані радіальні отвори для продавлювання порошкової маси. Утворюються високоякісні гранули однакової сочевицеподібної форми. Грануляція або протирання вологої маси здійснюється для ущільнення порошку та одержання рівномірних зерен — гранул, які мають добру сипкість. [1]

Даному способу гранулювання піддаються порошки, які мають погану сипкість та недостатню здатність до зчеплення між частинками.

В обох випадках у масу додають клейкий розчин, який поліпшує зчеплення між частинками.

Стадія вологого гранулювання включає такі операції:

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. змішування порошків;
 1. зволоження порошків розчином зв'язувальних речовин і перемішування;
 2. гранулювання вологої маси;
- 4) висушування вологих гранул; 5) обробка сухих гранул.

Змішування порошків.. Для змішування і зволоження порошкоподібних речовин застосовують змішувачі різних конструкцій: 1) з обертовими лопатями; 2) шнекові; 3) змішувальні барабани.

При змішуванні порошків необхідно дотримуватися таких правил:

- до великої кількості додавати меншу;
- отруйні та сильнодіючі речовини, які застосовуються в малих кількостях, попередньо просіювати через сито і додавати до маси окремими порціями у вигляді тритурацій, тобто в розведенні з наповнювачем у концентрації 1:100;
- забарвлені речовини і речовини з великою питомою масою завантажувати у змішувач в останню чергу;
- легколеткі ефірні масла вводяться в суху гранульовану масу перед пресуванням на стадії обпудрювання, щоб уникнути їх вивітрювання.

Виробництва таблеток показує, який час, потрібний для змішування простого пропису (дво- та трикомпонентного) в сухому стані, становить 5—7хв, для більш складного — до 10—12хв.

Після змішування сухих порошків у масу окремими порціями додають зволожувач, що необхідно для запобігання її грудкування.

При вологому ім'їшуванні порошків рівномірність їх розподілу значною мірою поліпшується, не спостерігається розподіл частинок і розшарування маси, поліпшується її пластичність. Перемішування змочених порошків

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

супроводжується деяким ущільненням маси внаслідок витиснення повітря, що дозволяє одержувати щільніші тверді гранули. Час перемішування вологої маси: для простих сумішей 7—10хв, для складних — 15—20хв. Оптимальна кількість зволожувача визначається експериментально (виходячи з фізико-хімічних властивостей порошків) і зазначається в регламенті. Помилка може призвести до браку: якщо зволожувача ввести мало, то гранули після висушування будуть розсипатися, якщо багато — маса буде в'язкою, липкою і погано гранулюватиметься. Маса з оптимальною вологістю являє собою компактну вологу суміш, яка не прилипає до рук, але розсипається при здавлюванні на окремі грудочки.

1.3 Виробництво таблеток з попередньою грануляцією

При незадовільних технологічних властивостях порошкоподібних мас, а саме - поганої пресованості і сипкості, для забезпечення необхідної якості таблеток необхідно заздалегідь провести грануляцію.

Грануляція являє собою направлене укрупнення частинок, тобто це процес перетворення порошкоподібного матеріалу в зерна певної величини, що необхідно для: 1) поліпшення сипкості таблетованої суміші, 2) поліпшення пресованості, 3) запобігання розшаруванню, 4) забезпечення точності дозування, 5) зменшення запиленості робочих приміщень.

У хіміко-фармацевтичній промисловості використовують наступні методи грануляції:

- Грануляція продавлюванням, або волога грануляція.
- Грануляція суха, або брикетування.
- Грануляція структурна.
- Грануляція змішана.

Грануляція продавлюванням, або волога грануляція включає стадії:

- 1) змішення лікарських порошків з допоміжними речовинами;

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) зволоження суміші порошків розчинами склеюючих і зв'язуючих речовин до отримання маси, що уминається в грудку, але не прилипає до пальців;
- 3) отримання вологих гранул, тобто протирання вологої маси через перфоровані пластини; сушка вологих гранул;
- 4) отримання сухих гранул, для чого суху масу протирають через перфоровані пластини для руйнування грудок і отримання однорідних гранул;
- 5) опудрювання сухих гранул.

Волога грануляція нині є основним видом грануляції у виробництві таблеток, проте вона має ряд недоліків:

тривала дія вологи на лікарські і допоміжні речовини; погіршення здатності до розпадання (швидкості розчинення) таблеток;

- тривалість та трудомісткість процесу;
- необхідність використання спеціального устаткування;
- енергоємність процесу.

Грануляція суха, або брикетування, застосовується у тих випадках, коли лікарські речовини в присутності води або в процесі сушки при підвищеній температурі змінюють свої фізико-хімічні властивості, розкладаються або втрачають фармакологічну активність.

Так, брикетування застосовується для:

- гігроскопічних матеріалів, що вступають при зволоженні в хімічну реакцію і піддаються фізичним змінам: твердненню, розм'якшенню, зміні кольору;
- термолабільних матеріалів, які під дією нагрівання під час сушки вступають в хімічні реакції взаємодії або піддаються фізичним змінам: плавленню, розм'якшенню, зміні кольору;
- речовин, що мають хорошу пресованість, для яких не потрібне додаткове скріплення частинок склеюючими речовинами.

Структурна грануляція може проводитися трьома способами:

- У дражувальному котлі.
- Розпилюванням.
- У псевдозрідженому "киплячому" шарі.

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гранулят в дражувальному котлі отримують таким чином: лікарські і допоміжні речовини завантажують у дражувальний котел і перемішують із швидкістю обертання котла 30 об/хв. Потім за допомогою форсунки наносять розчин зв'язуючої речовини. При зіткненні з розчином утворюються дрібні гранули. Потім зменшують швидкість обертання котла до 3-5 об/хв., подають струмінь теплого повітря для сушки гранул. В кінці процесу до висушеного грануляту додають ковзні речовини. Грануляція розпилюванням проводиться таким чином: заздалегідь готують суспензію з допоміжних речовин і зволожувача (без лікарських речовин) і подають її в розпилюючу сушарку за допомогою форсунок у вигляді дрібних крапель. Сушка здійснюється повітрям при температурі близько 150 °С. При цьому виходять гранули розміром 10-70 мкм, які потім змішують з лікарськими речовинами. Гранули мають хорошу сипкість і здатність до спресовування, тому таблетки, отримані з такого грануляту, мають високу міцність і пресуються при низькому тиску. Якщо в питомих вагах грануляту і лікарської речовини спостерігається значна різниця, то можливе розшарування таблетованої маси. В результаті надмірного висушування суспензії також можливе відшаровування верхньої частини таблетки ("кепінг") при пресуванні.

При обробці порошкоподібних препаратів, розмір частинок яких близький до 100 нм, використовується їх властивість до агломерації під дією особливих сил зчеплення. Грануляційна установка представлена на рис. 1.1, працює за способом псевдозрідження. Вона являє собою вертикальний циліндроконічний апарат із нержавіючої сталі, в нижній частині якого розташовано днище 13 з нержавіючої дротяної сітки. Діаметр отворів сітки розрахований на якнайтонший помел препарату. У середній частині апарату, стінки якого відполіровані до дзеркальної поверхні, розташована форсунка, яка переміщується у вертикальній площині. Залежно від властивостей гранулюючої рідини вид форсунки і тип насоса вибираються експериментальним шляхом. Рідина, призначена для зрошування і гранулювання, подається до форсунки насосом високого тиску. У

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндровій частині апарату розташовані рукавні фільтри 10 з нейлону, прикріплені до корпусу апарату.

При гранулюванні повітря поступає всередину фільтрувальних рукавів і в очищеному вигляді виходить через клапан 4 першого сегмента назовні. Пил, що осів, скидається всередину камери 8; очищення триває 1-2 с.

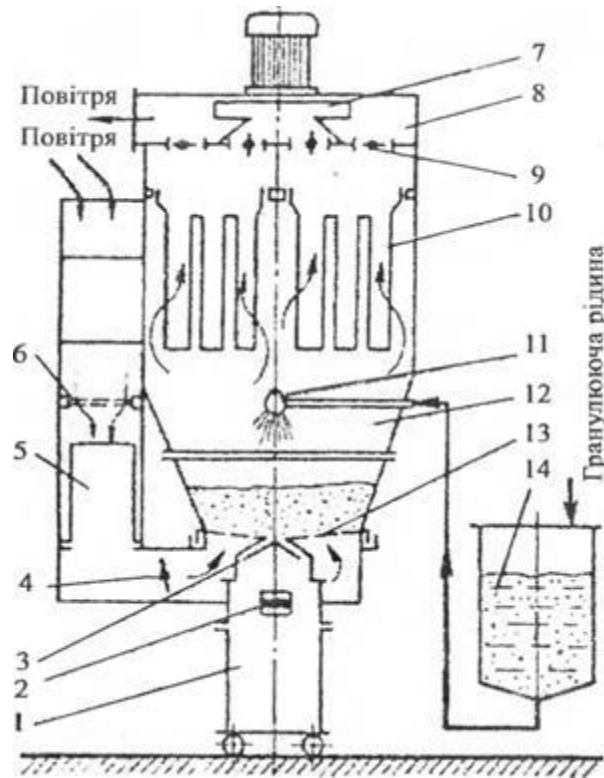


Рис. 1.1. Установка для гранулювання препаратів у псевдокиплячому шарі фірми «Аероматік» (Швейцарія): 1 - приймальна місткість; 2 - пневматичний циліндр, 3 - гумовий конус; 4, 9 - клапани; 5 - калорифер; 6 - фільтр; 7 - вентилятор; 8 - камера чотирьохсегментна; 10 - рукавний фільтр; 11 - форсунка; 12 - камера; 13 - перфороване днище; 14 - місткість для гранулюючої рідини.

Такий спосіб очищення фільтра значно підвищує якість гранулювання. У нижній внутрішній частині гранулятора розташований гумовий конус, що опускається і піднімається під дією пневматичного циліндра 2. При розвантаженні гумовий конус опускається, і готовий продукт розвантажується в приймальну ємність 1, звідки, пневмоподачею передається на фасування. Для

кожного виду препарату експериментально встановлюються оптимальні параметри процесу: температура, витрата зрошуючої рідини і повітря, послідовність і тривалість кожної технологічної операції. Недоліком такого методу гранулювання є можливість виникнення високих зарядів статичного струму. Продуктивність грануляційних установок такого типу - від 0,2 до 600 кт/год.

Як речовину, що поліпшує водопроникність, застосовують аеросил —
Питома поверхня його складає 1 г/400 м². На поверхні частинок аеросилу є силанові групи завдяки яким з водою утворюються водневі містки, що сприяють проникненню вологи всередину таблетки.

До недавнього часу у вітчизняній хіміко-фармацевтичній промисловості у виробництві таблеток загальноприйнятим розпушувачем був крохмаль (в основному картопляний). Як показали дослідження учених, сферичні зерна крохмалю створюють у таблетці велику мікропористість, що в поєднанні з його високою гідрофільністю сприяє кращому проникненню рідини усередину таблетки. З підвищенням кількості крохмалю збільшується пористість і здатність до розпадання. За ефективністю дії крохмалі розташовують у такий ряд: картопляний, кукурудзяний, пшеничний.

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.4 Відцентровий змішувач-гранулятор

В останні роки в фармацевтичній промисловості все ширше використовуються машини, в яких процес гранулювання доповнюється зі змішуванням або сушкою. Перспективними є змішувачі-гранулятори, призначені для змішування сипких матеріалів з рідиною та їх гранулювання.

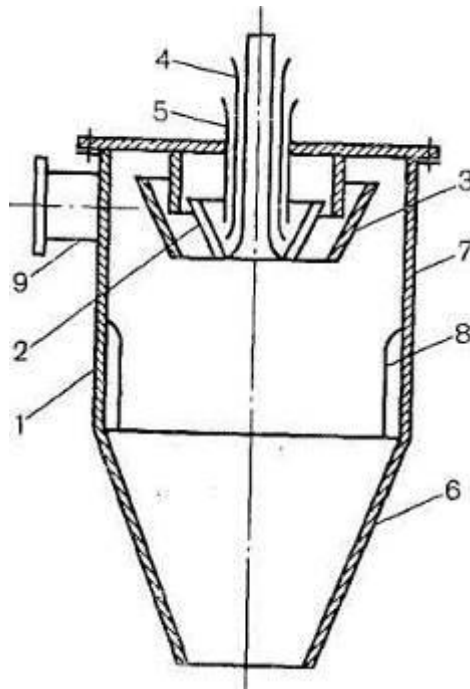


Рис 1.2 Відцентровий змішувач-гранулятор

1-корпус. 2-ротор; 3- перфорований усічений конус; 4,5-канали вводу компонентів і рідини. 6- накопичувач готового продукту; 7-сітка; 8-екран; 9- патрубок подачі повітря.

Гранулююча рідина надходить по патрубку 4 і розтікається по поверхні ротора 2. Сипкий компонент по патрубку 5 потрапляє на шар сухого матеріалу і під дією відцентрових сил змішується з ним. Можлива подача кількох сипких та рідких компонентів. В цьому випадку патрубки для подачі сипких матеріалів розташовуються по периметру осі обертання для кращого розподілу компонентів суміші. Готова суміш подається до конуса 3, крізь отвори під дією відцентрових сил проштовхується, диспергується і захоплюється потоком повітря (газу), що надходить по патрубку 9. Отримані гранули осідають в конусній частині

						Аналітичний огляд стану питання	Арк.
							14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

накопичувача 6, а повітря (газ) через сітку 7 видаляється з апарату. Розмір гранул залежить від режиму роботи ротора, напору повітря та геометрії перфорації конуса. [2]

1.5 Гранулятор-змішувач

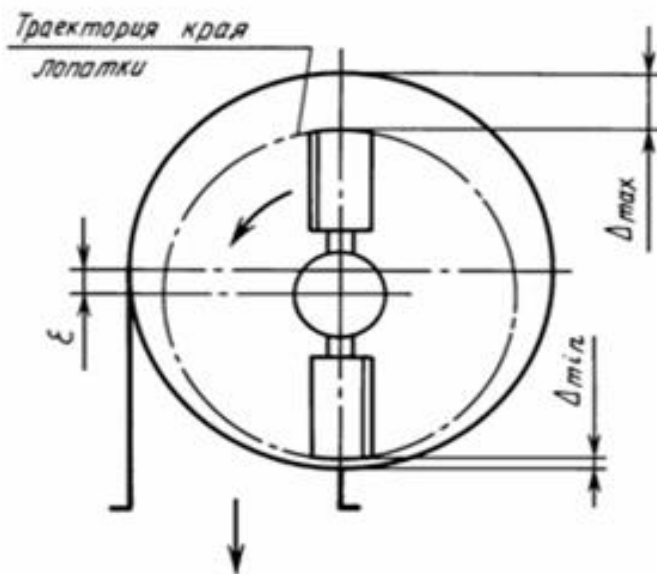


Рис1.3Гранулятор-змішувач

Використання: для гранулювання порошкоподібних матеріалів. Заявлений гранулятор містить циліндричний корпус нерухомий розташований горизонтально, патрубки для завантаження вихідної суміші та вивантаження готових гранул, встановлених з протилежних кінців корпусу; розташовані в корпусі і змонтовані з можливістю обертання вала з закріпленими на ньому з зазором і корпусом радіальними робочими органами, кожен з яких складається з штока та лопатки. Що нового в грануляторі, так це те, що для поліпшення якості гранул і ступеня однорідності за розмірами осі валу і корпусу зміщуються одна від одної, утворюючи найбільший і найменший зазори, а співвідношення від найбільшого значення до найменшого - в межах $1 < (\frac{\Delta_{\text{макс}}}{\Delta_{\text{мін}}}) < 10$.

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Роторно-лопасний гранулятор

Роторно-лопасний гранулятор складається із вертикального циліндричного корпусу з завантажувальним патрубком, всередині якого знаходиться вал з змішувачими лопатями та еластичною лопастью, що взаємодіє із сітчастим днищем та відрізняється тим, що для збільшення продуктивності грануляції гранулятор обладнаний у вигляді пластин, встановлених під кутом 20-70° до горизонту із нахилом у напрямку обертання, радіальними, перфорованими трубами для подачі повітря, розміщеними між лопатями і закріпленими на внутрішній поверхні корпусу та патрубком для виходу повітря, розташованим в верхній частині корпусу. Він також відрізняється тим, що лопаті та внутрішня поверхня облицовані корундовою керамікою.

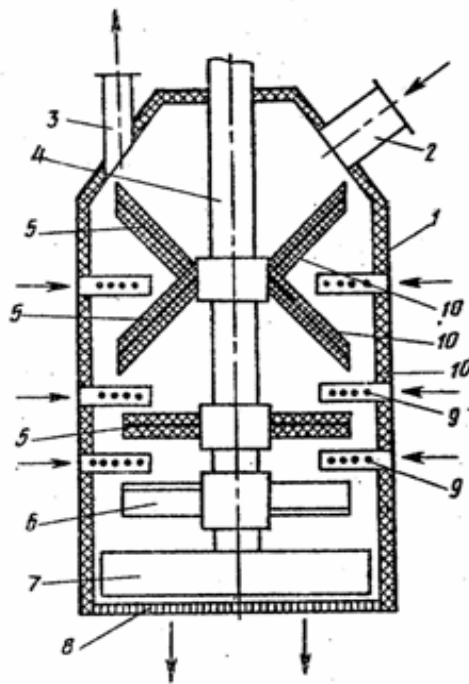


Рис 1.4 Роторно-лопасний гранулятор

1-корпус; 2-завантажувальний патрубок; 3-патрубок для виходу надлишкового повітря; 4-вал; 5,6-лопаті; 7-проміжок між лопаткою 8-сітка; 9-перфоровані трубки; 10-корпус футерований керамікою.

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.7 Барабанний змішувач

Змішування сипучих матеріалів у барабанах досягається їх обертанням. Для підвищення ефективності, змішування всередині барабанів встановлюють насадки в вигляді різних перегородок, полиць чи гвинтової спіралі на внутрішній поверхні стіни.

Барабанні змішувачі використовуються для періодичного та безперервного перемішування сухих порошкових матеріалів.

Барабан (рис 1.5) змішувача має ємність 1 на 200 л, чотирикутної форми, всередині змішувача є відбійники, що сприяють перемішуванню та спущенню змішаних матеріалів. Завантаження та розвантаження здійснюється через люк 5. Барабанний змішувач обертається навколо осі із швидкістю 2 об/хв. [2]

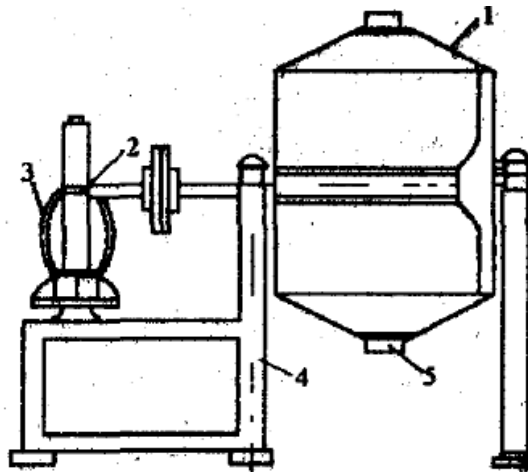


Рис 1.5 Барабанний змішувач

1 - змішувач; 2 - редуктор; 3 - електродвигун, 4 - стійка, 5- люк

					Аналітичний огляд стану питання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. Техніко-економічне обґрунтування

Створюючи умови, які перешкоджають можливості мікробного забруднення матеріалів, важливу роль відіграє обладнання, що реалізує технологічні процеси та визначає ряд вимог щодо конструкції, вибору форм, матеріалів та покриттів деталей технологічного обладнання.

Змішування є одним з найважливіших етапів процесу таблетування. Перемішування та змішування твердих матеріалів широко використовується на фармацевтичних підприємствах при виготовленні лікарських-рослинних зборів, для отримання маси пігулки і опудрювання гранул у виробництві пігулки, при сушці і ін.

Універсальна змішувально-грануляційна установка DIOSNA

Машина безперервної дії. В середині ємності 1 з відкидною кришкою 2 обертається технологічний різцевий змішувач зі швидкістю 4-8 м/с. В нижній частині кадки, з протилежної сторони патрубку 8 знаходиться гвинт з ножами, який розмелює в гранулят перемішаний матеріал. Гранулят виводиться через бічний патрубок, що керується автоматично. [2]

На кришці знаходиться повітряний фільтр, контрольний отвір (захищений ґратами) та бак для гранулюючої рідини. Кришка обладнана запобіжником проти відкривання під час роботи установки. вого типів.

					<i>170528MP.10.02.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>				
Розробив	Будник Є.В.				Техніко-економічне обґрунтування	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
Перевірив	Житнецький І.В.					<i>1</i>	<i>5</i>	
Керівник	Житнецький І.В.					НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М		
Затвердив	Гавва О.М.							

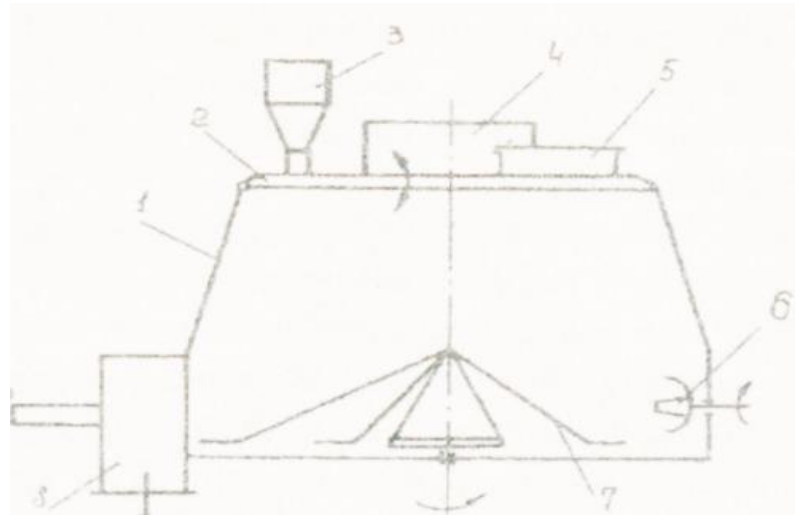


Рис.2.1 Універсальна змішувально-грануляційна установка DIOSNA(Чехія)
 1- циліндрична ємність; 2-відкидна кришка; 3-смність грануляційної рідини 4 -
 повітряний фільтр; 5-маніпуляційний отвір для обслуговування; 6-дезінтегратор;
 7-різцевий змішувач; 8-патрубок виходу грануляту.

Процес мокрої грануляції триває 6-10 хв. З цього часу 2 хв на перемішування (гомогенізацію) і 4-8 хв на грануляцію.

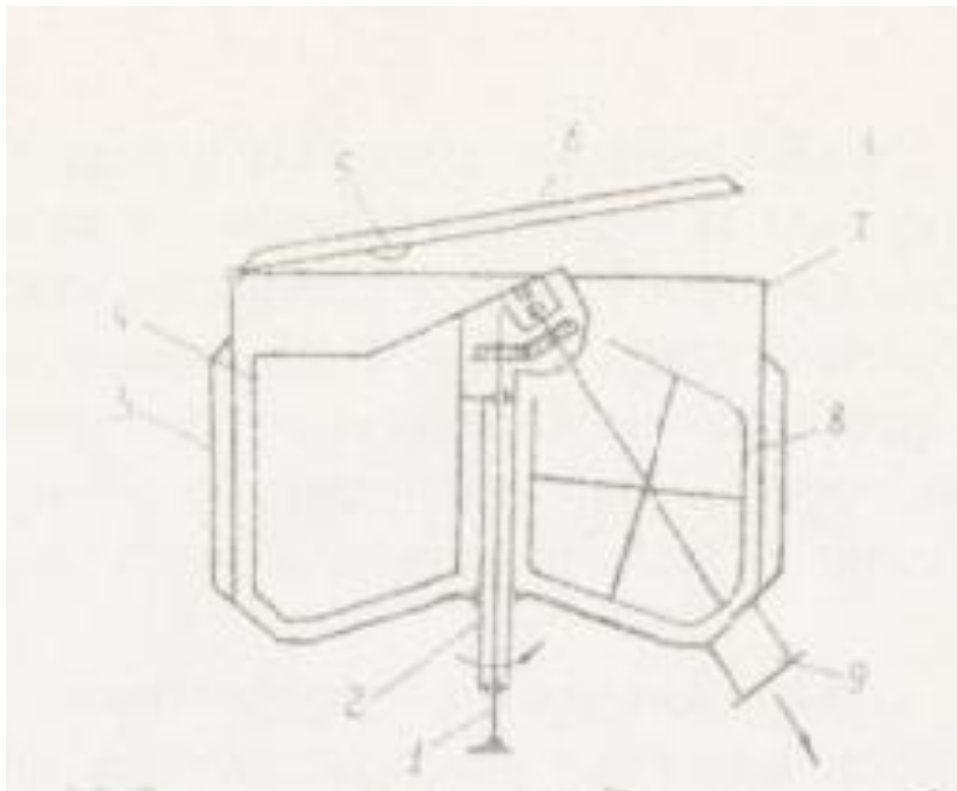


Рис.2.2 Високошвидкісний змішувач-гранулятор

1-центральный вал; 2-приводная втулка; 3-водяная сорочка; 4-обертальный скребок; 5-система блокирования крышки; 6-кртаки; 7-корпус; 8-мешалка; 9-розвантажувальний патрубок.

Гранулятор виконаний у вигляді герметичної полірованої ємності 7 з заокругленим днищем. В ємності знаходяться дві мешалки: одна - у вигляді центрального скребка 4, що приводиться в дію через приводну втулку 2 і призначена для надання продукту регульованого руху; друга - мешалка 8 для руйнування частинок неправильної форми. Обидві мешалки працюють з регульованою частотою обертання, яка у другій мешалки приблизно у 10 разів вища ніж у першій. В апараті відбувається змішування і гранулювання. Змішування забезпечується за рахунок енергійного примусового колового перемішування часток і зштовхування їх одна із одною. Процес перемішування для отримання однорідного складу суміші триває 3-5 хвилин. При вологому гранулюванні до попередньо змішаного порошку в змішувач подається гранулююча рідина, і в залежності від складу суміші перемішується ще 3-10 хв. Підбираючи швидкість обертання мешалок отримують гранулят необхідної дисперсності. Для відведення теплоти нагрівання при перемішуванні служить сорочка 3.

Після завершення процесу гранулювання відкривається розвантажувальний патрубок 9 і при повільному обертанні скребка готовий продукт висипається з ємності на протязі 30-90 с для подальшої сушки в киплячому шарі.

					Техніко-економічне обґрунтування	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Rotto F600

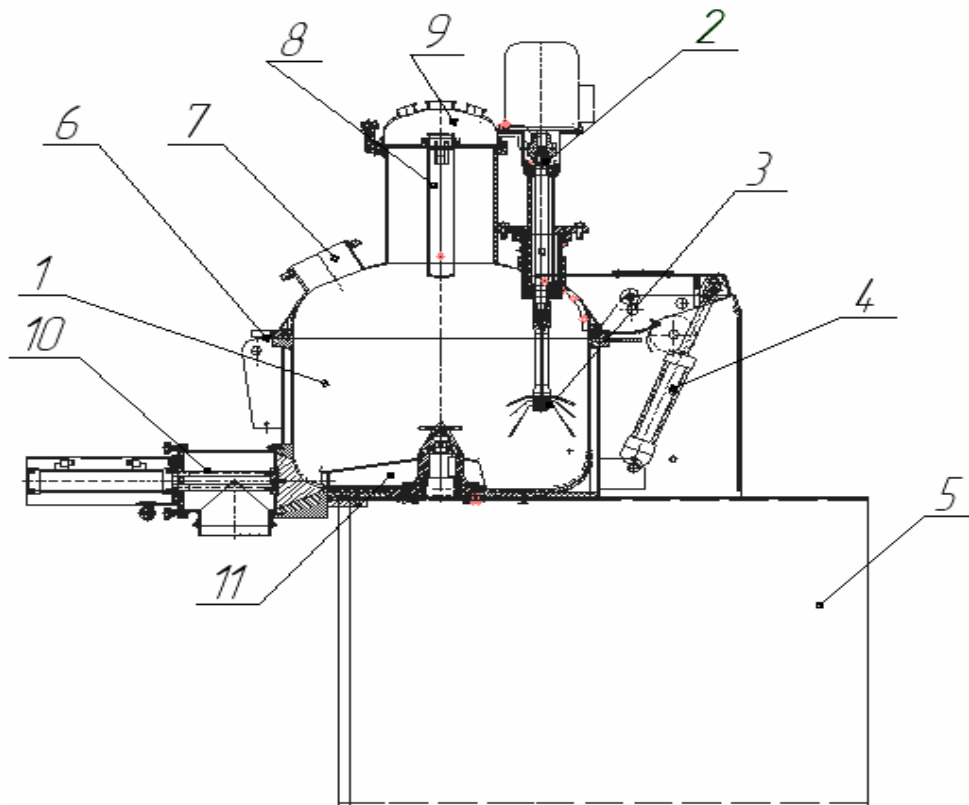


Рис.2.3 Змішувач Rotto F600

1-резервуар; 2- подрібнювач; 3- ножів подрібнювача; 4- механізм відкриття кришки; 5-електрична моторизація мішалки; 6-контрольний штифт закриття кришки; 7-оглядове вікно; 8-вакуумні фільтри; 9-кришка; 10- розвантажувальний клапан; 11- мішалка

Завантаження продукту в змішувач здійснюється за допомогою вакууму, створеного спеціальним вакуумним насосом. Спеціальна конструкція і режим роботи змішувача дозволяють отримувати зернисту масу з сипучих продуктів, після додавання зволожувача. Апарат оснащений мішалкою 11. Крім мішалки, на кришці апарату передбачено телескопічне шліфування, і подрібнювач може змінювати своє положення вгору і вниз. Вивантаження продукту здійснюється через вивантажувальний клапан 10 у продуктивний кошик. Щоб повністю розвантажити виріб, ви можете включити мішалку на низькій швидкості, і вона буде закачувати продукт у напірний клапан. Швидкісний змішувач-гранулятор: - змішування - сухі компоненти - грануляція - мокрий гранулят Пристрій

					Техніко-економічне обґрунтування	Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розроблено відповідно до правил GMP і має такі характеристики: - відтворюваність партій - швидке виробництво - хороше прибирання Навантаження здійснюється вакуумом або гравітацією. Резервуар має плоске дно, без мертвих плям, з клапаном для вивантаження, що забезпечує повне вивантаження продукту.

Кришка відкривається за допомогою гідравлічної станції, має силіконову накладку, що забезпечує герметичність. Прокладка надувається автоматично, коли кришка закрита. Клапан для розвантаження повністю доступний для огляду та очищення, працює пневматично та має форму, що повністю збігається з дном резервуару, який дозволяє уникнути застою продукту. Пристрій також оснащений захисною сіткою.

Мішалка із трьома лопотями рухається по дну таким чином, досягаючи оптимального змішування та гранулювання. Мішалку приводить в рух електродвигун, який володіє високою питомою потужністю (близько 0,15 - 0,20kW/kg) та високою швидкістю обертання (9-10м/с). Зазначені вище спеціальні характеристики пояснюють високу ефективність пристрою навіть із важкими матеріалами.

					Техніко-економічне обґрунтування	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Об'єкт і методика досліджень

3.1. Процес змішування і зволоження компонентів таблетувальної суміші як об'єкт дослідження

Об'єктом досліджень є процес вологої грануляції компонентів таблетувальної суміші амброксолу гідрохлориду.

Предмет досліджень – конструкційні та режимні параметри змішувача-гранулятора Rotto F600.

Мета досліджень - визначення рівномірності розподілу зв'язуючої речовини у сипкій суміші, необхідної тривалості перемішування, впливу конструкційних та режимних параметрів тихохідного робочого органа – імпелера – на ефективність здійснення процесу грануляції.

3.2. Методика дослідження

3.2.1. Методика імітаційного моделювання процесу змішування і зволоження компонентів суміші

Дослідження проводили методами моделювання в програмному пакеті Flow Vision. Програмний пакет FlowVision призначений для дизайнерів, інженерів та технологів.

Основними особливостями CFV-комплексу FlowVision є: Висока точність. FlowVision вирішує традиційні проблеми CFD завдяки наступним технологіям: роздільна здатність поверхонь під сіткою; збереження маси при проблемах із вільною поверхнею; з урахуванням деформацій структурної поверхні (ФСІ); моделювання рухомих тіл зі складним законом руху. Швидкий результат. Технології, що скорочують час на вирішення проблеми на всіх етапах проектування: зручний графічний інтерфейс для підготовки проекту; модель зазору для тонких швелерів без необхідності шліфування сітки;

					<i>170528MP.10.03.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>				
Розробив	Будник Є.В.				Об'єкт і методика дослідження		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив	Житнецький І.В.						<i>1</i>	<i>6</i>
Керівник	Житнецький І.В.					НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М		
Затвердив	Гавва О.М.							

автоматична побудова населеної мережі; гібридний метод паралельних обчислень на багатопроцесорних системах.

Розширені функції. FlowVision дозволяє вирішувати мультидисциплінарні проблеми шляхом інтеграції з іншим програмним забезпеченням. FlowVision побудований на єдиному інтегрованому середовищі, в якому препроцесор, процесор і постпроцесор поєднуються і працюють одночасно. Функціональне призначення препроцесора включає імпорт геометрії області обчислення з САПР, вибір моделі середовища, встановлення початкових та граничних умов, формування або імпорт сітки обчислення та встановлення критеріїв збіжності. Після цього управління передається процесору (вирішувачу), який виконує обчислення. Коли досягнуто необхідного значення критерію збіжності, процес обчислення можна зупинити. Результати розрахунку безпосередньо під час розрахунку доступні постпроцесору, який обробляє дані - візуалізація результатів та збереження їх у зовнішніх форматах даних.

Така побудова програмного комплексу дає можливість проводити моделювання і одночасно, візуалізуючи значення будь-якої змінної, аналізувати результати обчислення, змінювати граничні умови та параметри математичної моделі.

Архітектура програмного пакету FlowVision модульна, що дозволяє легко додавати нові функціональні можливості та вдосконалювати. Для моделювання процесу змішування компонентів таблетованої суміші атенололу була обрана модель «нестиснута рідина», яка в нашому випадку описує потік в'язкої рідини при малих числах Маха та великих (турбулентних) числах Рейнольдса. Допускаються незначні зміни щільності середовища. Модель включає рівняння Нав'є-Стокса, рівняння збереження енергії та рівняння конвективно-дифузійного переносу концентрації таблетованої суміші: Рівняння Нав'є-Стокса:

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V} \otimes \mathbf{V}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right) + S$$

$$\nabla \mathbf{V} = 0,$$

					Об'єкт і методика дослідження	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де \mathbf{V} – вектор відносної швидкості, м/с; t – час, с; P – відносний тиск, Па; ρ – густина, кг/м³; μ – динамічна в'язкість, Па·с; μ_t – турбулентна в'язкість, Па·с; джерело S дорівнює $S = \left(1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho}\right) \mathbf{g} + \mathbf{V} + \frac{\mathbf{R}}{\rho}$. Тут ρ_{hyd} – гідростатична густина, кг/м³; \mathbf{g} – вектор сили тяжіння, м/с²; \mathbf{V} – сили обертання (Коріоліса і відцентрова); \mathbf{R} – сили ізотропного і (або) анізотропного фільтру опору.

Рівняння енергії:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V} \cdot h) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{c_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho},$$

де h – висота стовпа рідини, яка обчислюється від «дна» розрахункової області, м; λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К; c_p – питома теплоємність, Дж/(кг·К); Pr_t – турбулентне число Прандтля.

При побудові моделі розглядається задача про перенесення маси компонентів, які змішуються – сипких компонентів і зволожуючого розчину.

Для компонентів, які змішуються, концентрація C трактується як масова концентрація другого компоненту (по замовчанню) і для неї вирішується рівняння конвективно-дифузійного перенесення:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V}C) = \frac{1}{\rho} \nabla(\rho D \nabla C).$$

Для масової концентрації властивості суміші визначаються через масові концентрації її компонент (y_i):

$y_0 = 1 - C$ масова концентрація речовини № 0

$y_1 = C$ масова концентрація речовини № 1.

Обрана модель і рівняння означають, що буде вирішуватися задача для турбулентної течії, в якій будуть вирішуватися рівняння Нав'є-Стокса, рівняння для турбулентних функцій перенесення і рівняння конвективно-дифузійного перенесення.

З фізичних параметрів в задачі змішування компонентів необхідно задати такі:

					Об'єкт і методика дослідження	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Початкові значення турбулізації потоку (повинні відповідати величинам, які задаються на вхідних граничних умовах) і концентрації $C_{in} = 0$ означає, що в усій області присутня речовина Substance 0 ;

- Параметри моделі: на закладці Масоперенесення повинна бути обрана Масова концентрація.

Речовина 0: густина $\rho=650 \text{ кг/м}^3$ і динамічна в'язкість $\mu= 0,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Речовина 1: густина $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ і молекулярна (динамічна) в'язкість $\mu= 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Інші параметри змінювати не потрібно.

Розроблення геометричної моделі і завдання граничних умов

Робочими органом при грануляції є тихохідний перемішувачий пристрій – імпелер, розміщений в нижній частині місткості, та високошвидкісна ножова мішалка – чоппер, розміщений на бічній стінці місткості циліндро-конічної форми.

Геометричні моделі місткості для змішування і перемішувачих органів – імпелера, чоппера, представлені на рис. 3.1, створені в програмі Компас 3D V16.

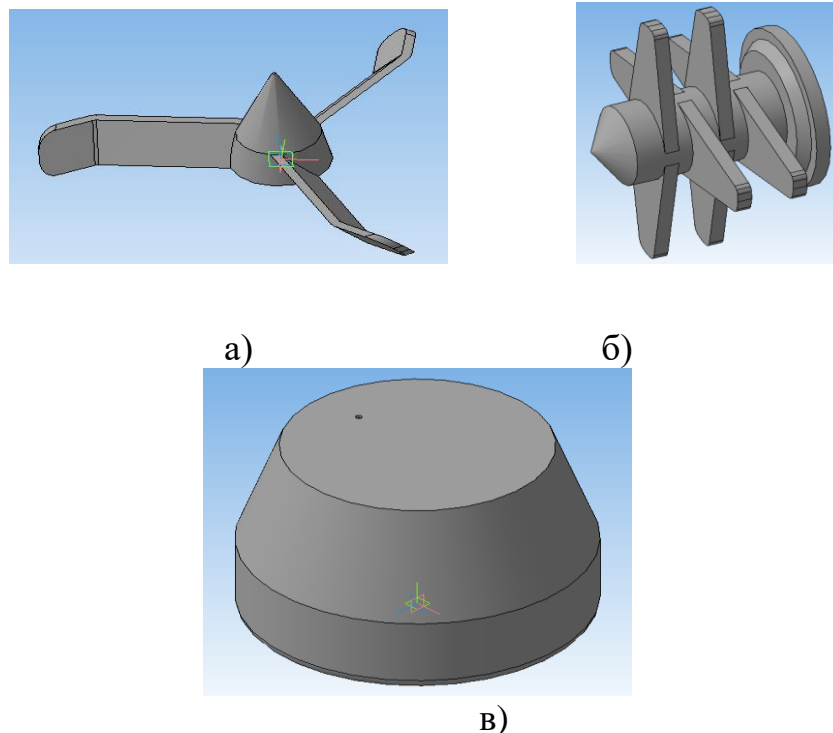


Рис. 3.1. Геометричні моделі місткості змішувача-гранулятора і робочих органів: а – імпелер; б – чоппер; в – місткість.

					Об'єкт і методика дослідження	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничні умови (рис.3.2) описують взаємодію початкових компонентів з елементами обладнання.

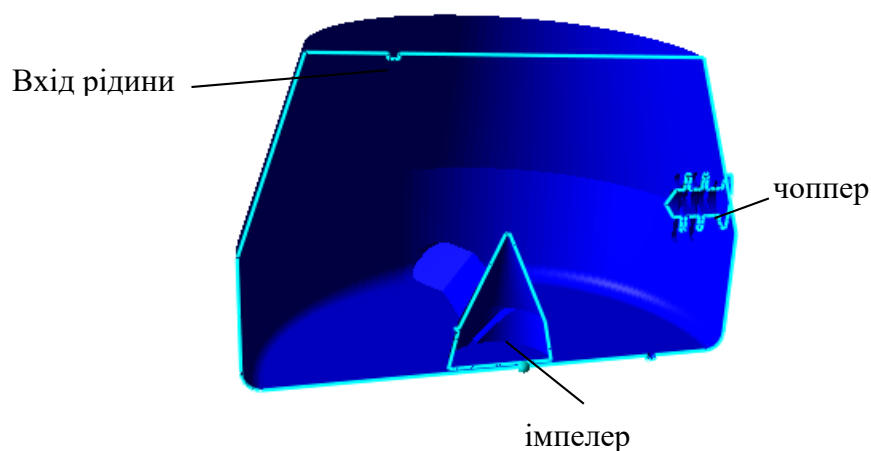


Рис.3.2. Граничні умови для розрахунку процесу перемішування

Під час моделювання встановлюються швидкості обертання робочих органів: робоче колесо - 70 - 90 об / хв, подрібнювач - 1000 - 1500 об / хв. Також вказується об'єм речовини 0 перед змішуванням. FlowVision використовує локально адаптивну сітку обчислення. Це означає, що згідно з різними критеріями окремі ділянки можуть бути автоматично подрібнені на один або кілька порядків величини.

Спочатку описується початкова сітка розрахунку. Викликається редактор сітки розрахунків. Для цього у дереві виберіть «Початкова сітка», викликайте контекстне меню та виберіть «Властивості». Початкова сітка прямокутна. У вікні редактора початкової сітки обчислення є три вкладки - "X-напрямок", "Y-напрямок" і "Z-напрямок". "Напрямок X" - це координати X площин, перпендикулярних осі X. Дві інші вкладки мають подібне значення для своїх осей. Рівномірно розташуйте необхідну кількість площин: у напрямку осей X і Z - 40 площин, у напрямку осі Y - 45.

					Об'єкт і методика дослідження	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

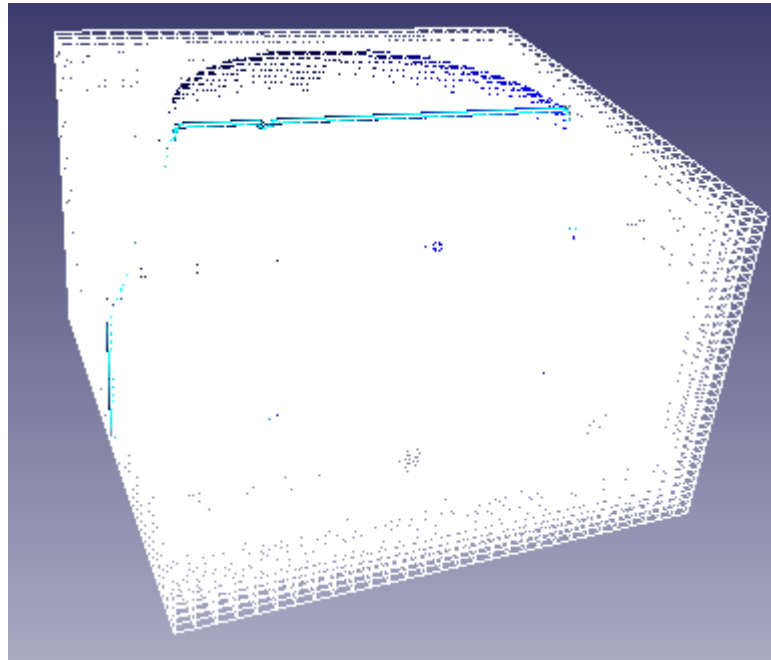


Рис. 3.3. Побудова розрахункової сітки

Тепер виберіть часовий крок обчислювального алгоритму. Для цього виберіть дерево опцій «Загальні налаштування», клацніть правою кнопкою миші контекстне меню, в якому ви виберете «Властивості». У вікні, що відкриється, знайдіть вкладку - "Кроки" та змініть кількість КФЛ (КФЛ) - на 1. Крок часу встановлений.

Завдання запускається для обчислення завдання натисканням кнопки (вперше) або кнопки продовження обчислення. Після початку розрахунку внизу вікна FlowVision з'являється вікно статусу розрахунку "Помилки", що відображає поточні параметри процесу. У FlowVision ви можете змінити більшість параметрів, не перериваючи процес обчислення.

					Об'єкт і методика дослідження	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Моделювання процесу вологої грануляції

В змішувачі-грануляторі Rotto F600 послідовно відбуваються різні етапи отримання грануляту – завантаження, змішування, зволоження, гранулювання, сушіння (за наявності такої опції), розвантаження напівпродукту.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню змішування основних компонентів активної речовини (амброксолу гідрохлориду) та допоміжних речовин та зволоженню об'ємної маси. Проведення цих етапів на необхідному рівні, отримання якісного проміжного продукту означає рівномірний розподіл їх у ємності змішувача-гранулятора та утворення гранул невеликих розмірів. Ці показники можна дослідити в програмі FlowVision, враховуючи параметри "концентрація" і "швидкість". На процес змішування компонентів та їх зволоження впливають режими роботи обладнання, а також конструкція робочих органів - крильчатки та подрібнювача. Низькошвидкісний змішувач - робоче колесо - призначений для створення великого зусилля зсуву та стиснення матеріалу, необхідного для ефективного гранулювання.

Подрібнювач (подрібнювач ножів) подрібнює гранули і розподіляє зволожувач повітря в обсязі продукту. У статті проаналізовано вплив конфігурації робочого колеса на етапи змішування та змочування компонентів таблетованої суміші. Таке розташування лопатей сприяє циркуляції продукту як в радіальному, так і в осьовому напрямках. Було вирішено з'ясувати, як зміна кута нахилу лопатей робочого колеса вплине на ефективність процесу.

Конструкція робочого колеса розбірна. Однією з основних частин цього змішувача є лопаті, приварені до маточини під певним кутом. У базовій конструкції робочого колеса цей кут дорівнює 35°.

					170528MP.10.04.ПЗ				
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>			<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
Розробив	Будник Є.В.				Моделювання процесу вологої грануляції		<i>1</i>	<i>8</i>	
Перевірив	Житнецький І.В.								
Керівник	Житнецький І.В.								
Затвердив	Гавва О.М.								
					НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М				

Так, було досліджено вплив трьох варіантів розміщення лопатей – під кутами 30°, 35°, 40° (рис. 4.1) – на рівномірність зволоження таблетмаси при інших рівних умовах.

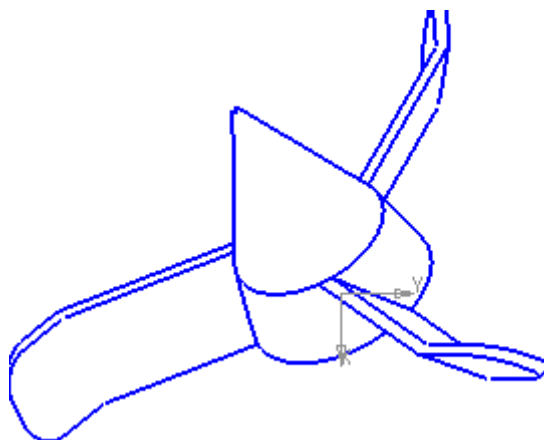


Рис 4.1. Конструкція імпелера

Основним показником, який необхідно проаналізувати при вивченні змішування компонентів, є розподіл концентрації. (рис. 4.2-1). Встановлено, що найшвидша необхідна концентрація в проміжному продукті досягається під кутом встановлення лопатей до горизонту 30°, значно уповільнює вирівнювання концентрацій сипучих компонентів та води і може призвести до утворення грудочок грануляту. Використання лопатей, розміщених під кутом 40°

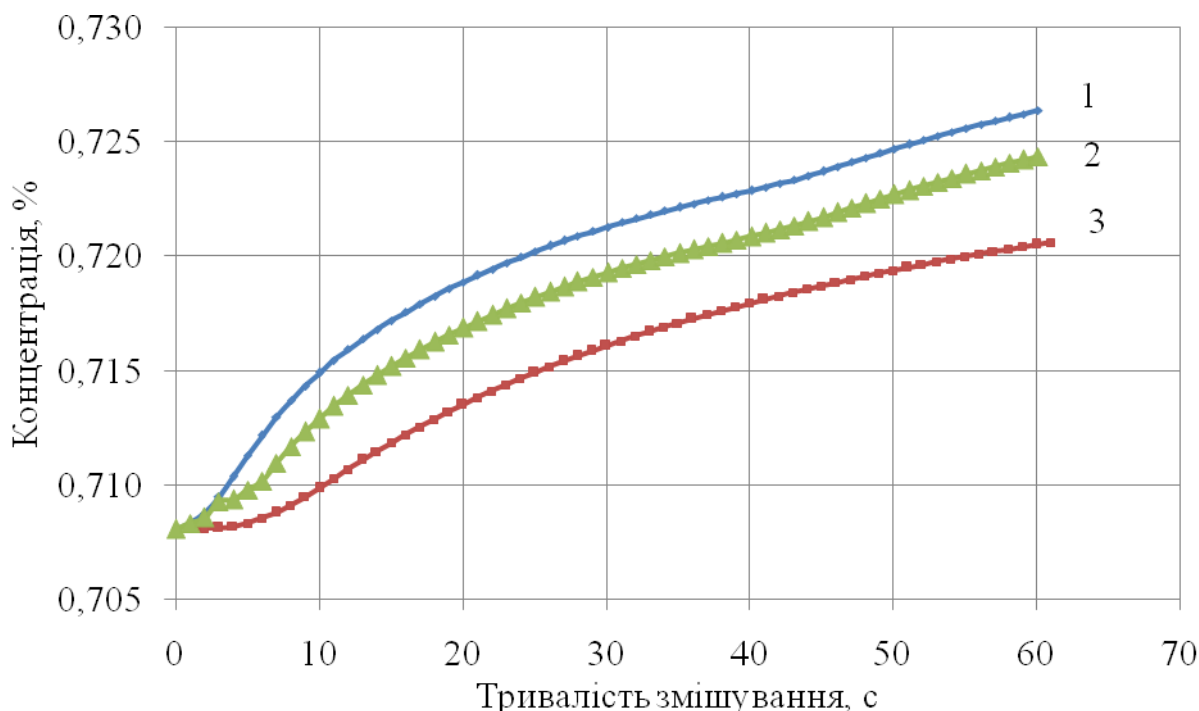


Рис 4.2. Зміна концентрації суміші компонентів в часі при використанні лопатей з кутами нахилу до горизонту: 1 – 30°, 2 – 35°, 3 – 40°.

Як видно з рис.4.2, конструкція імелера з кутом нахилу лопатей 30° до горизонту забезпечує кращі показники якості змішування. Такий кут нахилу лопатей і може бути рекомендований до використання.

Як відбувається змішування двох видів сировини – сипкої і рідини і, відповідно, вирівнювання концентрацій, демонструю рис.4.3.

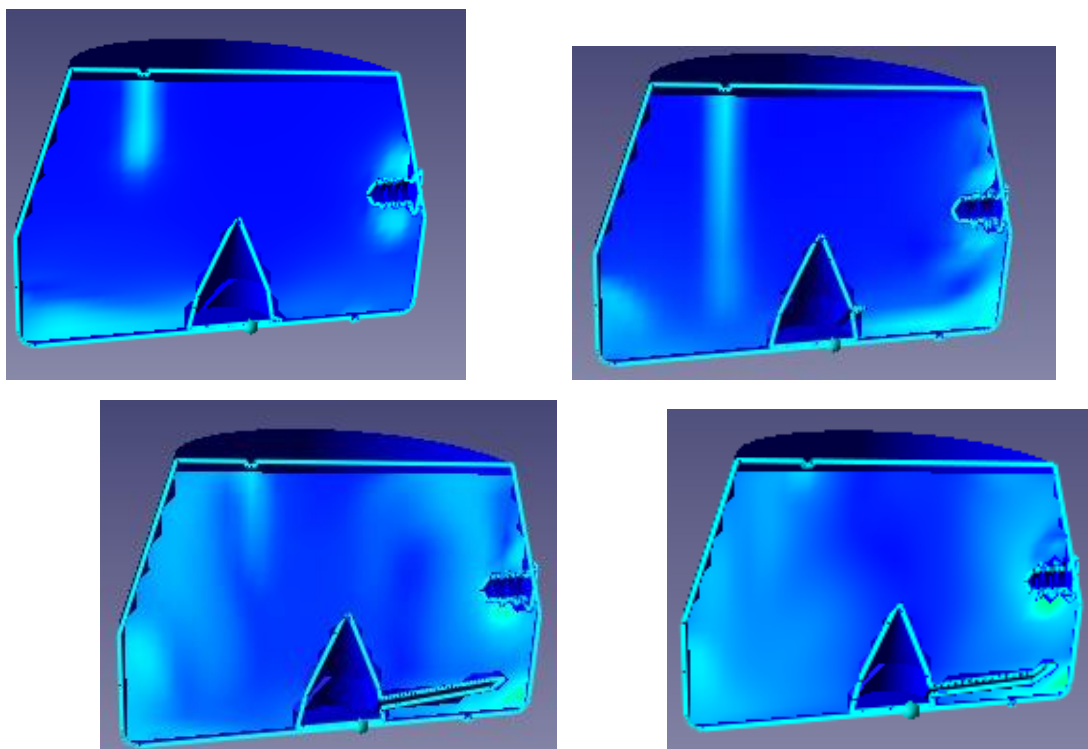


Рис.4.3. Поле концентрації в змішувачі-грануляторі

Зміна кута нахилу лопатей призводить до зміни інтегральної по об'єму місткості швидкості руху напівпродукту (рис. 4.4). Найменші значення швидкості характерні для кута розміщення лопатей 40°, найбільші – для 35°. Різниця між цими двома випадками становить 12,6%.

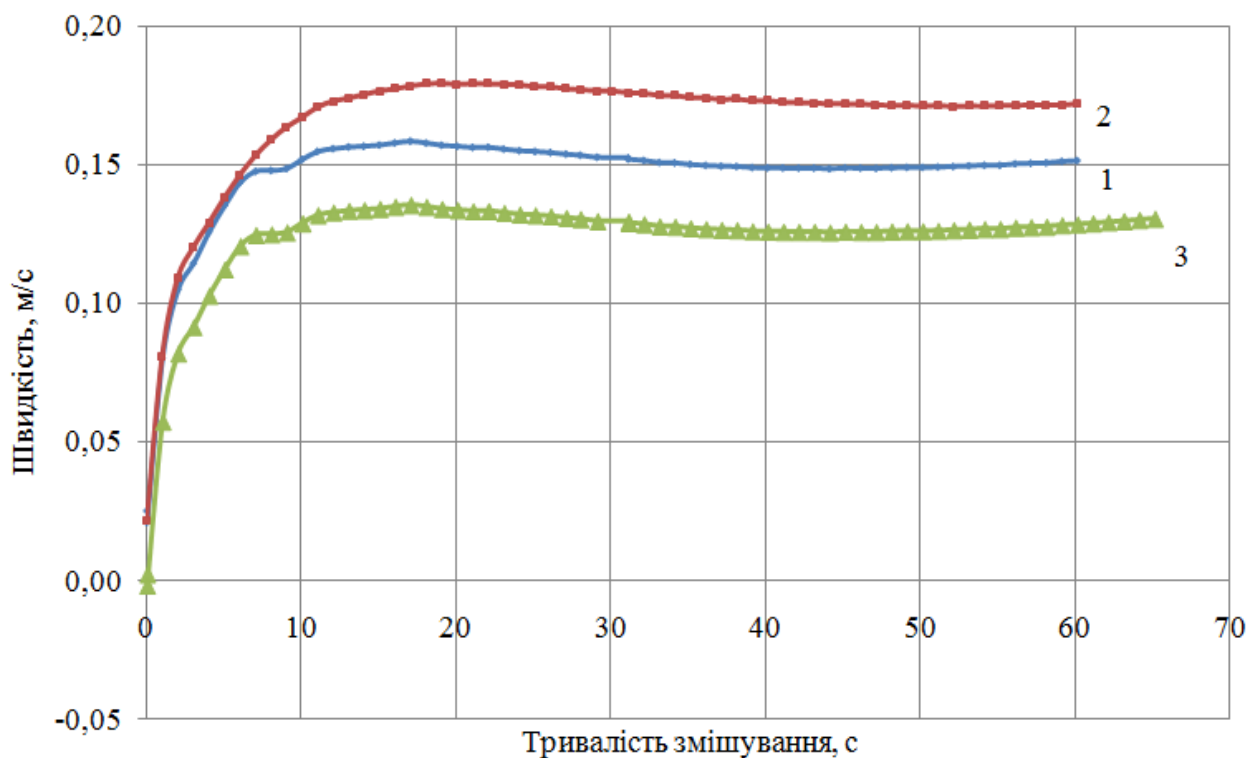


Рис 4.4. Зміна швидкості компонентів таблетсуміші в часі при кутах нахилу лопатей імпелера: 1 – 30°, 2 – 35°, 3 – 40°.

Це пояснюється зменшенням осьової складової швидкості компонентів внаслідок зміни кута нахилу лопатей імпелера. У конструкціях змішувачів важливо не тільки забезпечити рух сировини із заданою швидкістю, а і відсутність ділянок, на яких швидкість замала. Такі ділянки називають «мертвими зонами». Виробники обладнання намагаються запобігти їх виникненню, оскільки в таких місцях велика імовірність розмноження сторонньої мікрофлори.

Проаналізувавши поля розподілу швидкості в змішувачі-грануляторі (рис. 4.5) встановлено, що найбільші значення швидкості спостерігаються на ділянках поблизу обертових робочих органів. Це створює контури циркуляції продукту по периферії місткості, тоді як швидкості руху компонентів безпосередньо над імпелером мінімальні.

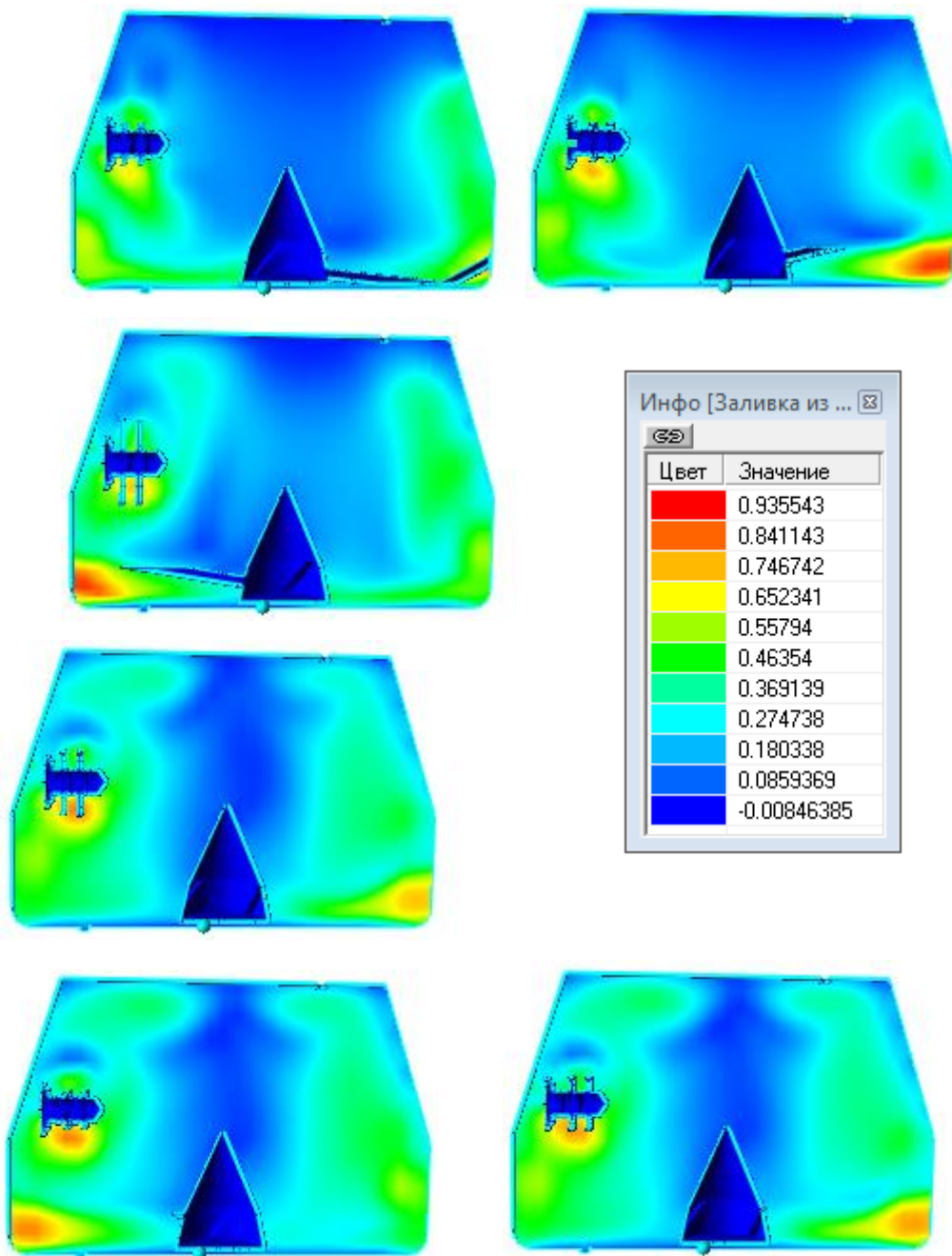


Рис 4.5. Поле розподілу швидкостей в змішувачі-грануляторі

При розміщенні подрібнювача на стінці резервуара потоки матеріалу, утворені робочим колесом і подрібнювачем, рухаються в різних напрямках, створюючи додаткове прискорення частинок зволоженого матеріалу.

Крім конфігурації робочого органу, кута нахилу його лопатей і важливих режимів його роботи. Серед них найбільший вплив має швидкість. Відповідно до технічного регламенту для різних стадій грануляційного процесу він може

коливатися від 5 до 155 об / хв. На етапі змішування та зволоження компонентів частота обертання робочого колеса коливається від 70 до 90 об / хв. Частота обертання робочого колеса впливає не тільки на якість проміжного продукту, але і на споживання енергії на змішування. Величина швидкості істотно впливає на споживану для змішування потужність, а отже, і на споживання електроенергії. Після моделювання в програмному пакеті FlowVision отримують інтегральні значення сили опору робочих органів при різних швидкостях. З їх допомогою розраховуються числові значення потужності, необхідної для змішування (рис. 4.6). З урахуванням вартості електроенергії, яка на сьогодні для промислових споживачів становить 2,11303 грн / кВт-год, розраховуються відповідні витрати V_1 .

Збільшення частоти обертання від 70 до 90 об/хв призводить до збільшення споживання електроенергії в 3,1 рази і, відповідно, до здорожчання продукції.

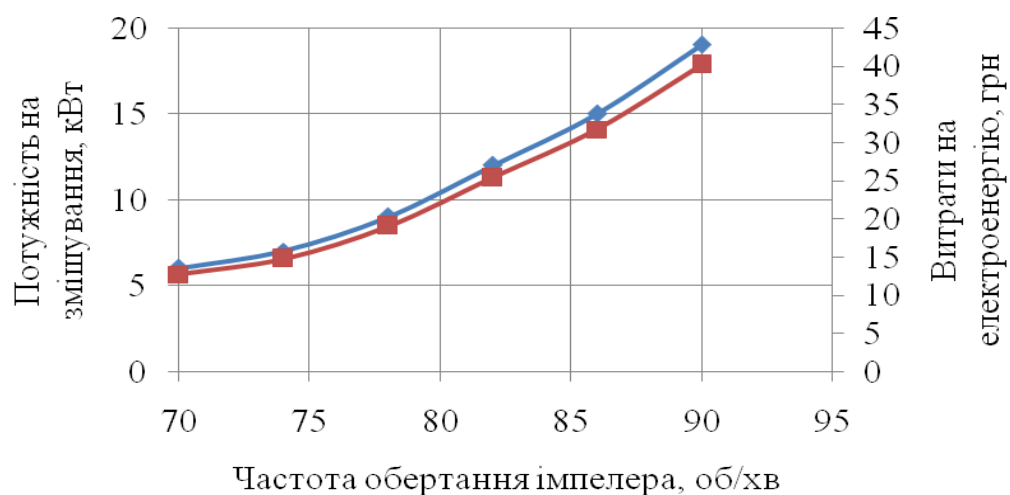


Рис.4.6. Залежність потужності N , яка потрібна для змішування (1), і витрат на електроенергію V_1 (2), від частоти обертання імпелера

Продуктивність змішувача-гранулятора як машини періодичної дії залежить від тривалості змішування, а та, в свою чергу, від частоти обертання роторів. Тому була розрахована продуктивність змішувача (рис. 4.7), яка зростає зі збільшенням частоти обертання (крива 1). Збільшення продуктивності також сприятливо впливає на ефективність виробництва, знижуючи собівартість за рахунок скорочення загальнозаводських витрат B_2 (крива 2).

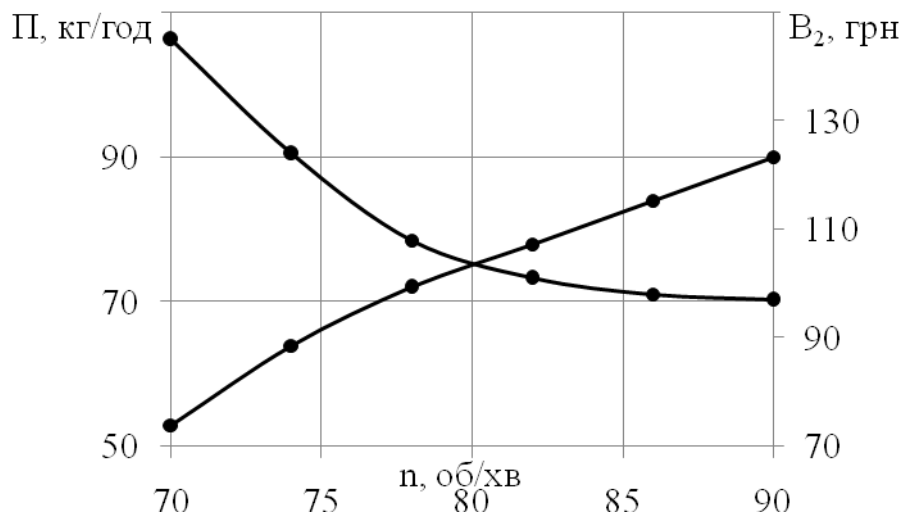


Рис.4.7. Залежність продуктивності (1) і загальнозаводських витрат (2) від частоти обертання імпелера

Таким чином, зміна частоти обертання робочих органів суттєво впливає на перебіг процесу та показники економічної ефективності виробництва. Для узагальнення цих даних побудовано рис. 4.8, який демонструє залежність сумарних витрат ($B=B_1+B_2$) від частоти обертання імпелера.

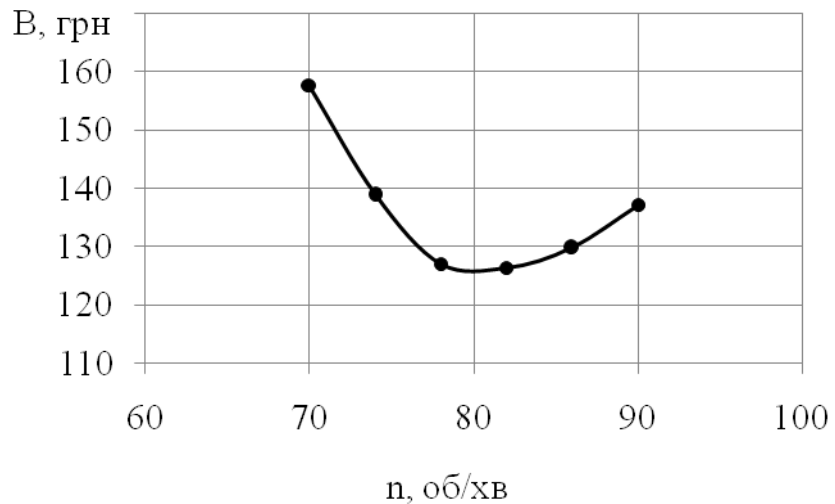


Рис. 4.8. Залежність сумарних витрат від частоти обертання імпелера

Представлена залежність має мінімум, який відповідає швидкості 79 об / хв. Це значення, визначене графічно, є оптимальною швидкістю робочого колеса і забезпечить найкращий результат з точки зору якості змішування та мінімізує економічні витрати. Інтенсивність перемішування та швидкість метаболічних процесів безпосередньо пов'язані зі швидкістю розсіювання механічної енергії в резервуарі. Збільшення ступеня турбулентності системи, яке досягається під час перемішування, призводить до зменшення товщини прикордонного шару, збільшення та безперервного оновлення поверхні взаємодіючих фаз. Це спричиняє значне прискорення процесів тепло- і масообміну. $S \cdot \rho$, помножену на масу суміші. Отримуємо $E = 204$ Дж / с. Перетворення механічної енергії в теплову при перемішуванні не призводить до значного підвищення температури суміші, яка збільшується на 0,7 °С. Швидкість розсіювання турбулентної енергії в комплексі FlowVision має розмірність $[m^2 \cdot s^{-3}]$. Щоб перевести розмірність цього значення у звичайну, Дж / с, розраховану інтегральну швидкість розсіювання турбулентної енергії

					Моделювання процесу вологої грануляції	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Модернізація змішувача-гранулятора

Модернізація змішувача-гранулятора Rotto F600 дозволить також зменшити час технологічного циклу, собівартість продукції, дасть можливість збільшити об'єм випуску продукції, створити сучасні умови виробництва відповідно до вимог GMP.

Для вирішення поставленої задачі було проаналізовано існуюче виробництво. Встановлено, що модернізована конструкція подрібнювача має переваги перед базовим варіантом, забезпечуючи найкращу рівномірність розподілу компонентів та меншу площу майданчиків із уповільненою швидкістю руху суміші.

Новизна роботи полягає в удосконаленні конструкції швидкісного робочого органу змішувача-гранулятора, обґрунтуванні його місця встановлення і раціональної частоти обертання.

При розрахунку техніко-економічних показників встановлено, що цей проект повинен впроваджувати на виробництві, як такий, що є технічно та економічно ефективним.

Комплекс запропонованих у проекті організаційних, інженерно-технічних, технологічних заходів дозволить робити готову продукцію більш високої якості зі збільшенням об'єму випуску продукції, що позитивно відіб'ється на собівартості продукції і дозволить максимально задовольнити попит на ринку.

					<i>170528MP.10.05.ПЗ</i>		
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Будник Є.В.				Модернізація змішувача-гранулятора	<i>1</i>	<i>31</i>
Перевірив	Житнецький І.В.						
Керівник	Житнецький І.В.						
Затвердив	Гавва О.М.						
						НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М	

5.1. Апаратурно-технологічна схема

У даному розділі надано опис апаратурно-технологічної схеми (рис 5.1.) виробництва "амброксолу гідрохлориду" з вказання місця розташування в лінії модернізованого автомата. Лінія по виробництву "амброксолу гідрохлориду" працює наступним чином:

Після підготовки сировини її зважують в збірниках "С"1, "С"2 на вагах по схемі "КП" 3 і "КП"4 (Кт-1, Кт-2). Зважену сировину, що надійшла зі складу, просівають на просіювачі : таблеточна маса, через сито № 23 по схемі "ГФ"5 (Кт-3), крохмаль картопляний, цукрову пудру, глюкозу, тальк, кислоту стеаринову через сито № 20 по схемі "ГФ"6 (Кт-4), використовуючи збірники по схемі "С"7 і "С"8.(Кмо5,Кмо6).

Приготування зволожувача відбувається на вагах по схемі "КП"4 (Кт-2) зважують 0,6 кг крохмалю картопляного, змішують з 1,9 л. холодної води в збірці по схемі "С"9.

Змішування інгредієнтів проводять в гомогенізаторі по схемі "ГФ"12 (Кт-8). Гомогенізатор складається з ножоподібного корпусу, в якому горизонтально розташовані одна S-подібна лопать.

Волога гранулювання і сухе гранулювання здійснюється в грануляторі Rotto F600 по схемі "ГФ"14 (Кт-9), ГФ"21 (Кт-11). З різних місць збірник по схемі "С"23 (Кх-12, Кмо 13) лаборант ВТК відбирає середню пробу приготованої маси пігулок "амброксолу гідрохлориду" на аналіз.

Таблетування таблетмаси таблеток "амброксолу гідрохлориду" проводять на таблетпресі фірми Korsch XL 200 по схемі "ГФ"24 (Кт-14) пуансонами 9 мм плоско циліндричної форми, тип 2, середньою масою 0,25 г. Таблетки знепильюють на пристрої для обезпильювання таблеток Е 200 для

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

знепилювання пігулок по схемі "ГФ" 26 (Кт-15). Знепилені таблетки збирають в збірники по схемі "С"28.

Машиніст-таблетовщик на вагах по схемі "КП"1(Кт-1) зважує таблетки "амброксолу гідрохлориду" в збірниках по схемі "С"28. З різних місць збірників по схемі "С"28 (Кх-16, Кмо-17) лаборант цехової лабораторії відбирає середню пробу знепилених таблеток на аналіз.

Фасовка пігулок "амброксолу гідрохлориду" проводять в контурні чарункові упаковки з плівки полівінілхлоридної (ПВХ) і фольги алюмінієвої друкарською лакованою на автоматі для розфасовки таблеток у блістери МВ 421 Marchesini по схемі "ГФ"29 (Кт-18)

Упакування здійснюють на картонажному автоматі ВА 100 по схемі "ГФ"34 (Кт- 19, Кх - 20, Кмо-21). Потім коробки вручну укладаються у гофрокороба які в свою чергу подаються на обандеролування, а потім на склад готвої продукції.

Інд екс і но мер по схе -мі	Наймен ування	Кількі сть одини ць	Матер іал робоч ої зони, засіб захист у	Технічна характеристика	Катего р. вибухо небезп ечності апарат у.
1	2	3	4	5	6
"С" 1,7,1 3,19, 22,23 ,27,2 8,30	Збірник и	15	Алюмі ній А5	Фляги металічні для молока і молочних продуктів. Закупний виріб . ГОСТ 5037-78.	

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

				Максимальна місткість 40 л. Загрузка-вивантаження - власноручно. Розміри, мм:діаметр 300, висота 500	
“С” 9,10	Збірник и	Достатня кількість	Алюміній А5	Покупний виріб. Місткістю 5 л. Загрузка-вивантаження - власноручно. Розміри, мм:діаметр 200, висота 300	
“С” 2,8	Збірник и	Достатня кількість	Алюміній А5	Покупний виріб. Місткістю 5 л. Загрузка-вивантаження - власноручно. Розміри, мм:діаметр 200, висота 200	
“КП” 3	Ваги	1	12X18 Н10Т Чугун СЧ 18	Гост 5.2087-73.Тип ВМ - 150.Виробник: Орехово-зуєвський завод “Приладдеталь”.М	

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	стеарин ова				
“ГФ” 12	Гомоген іза тор АКМ 50	1	н/стал ь 12X18 Н10Т	Виробник: (КНД) Шанхай. Млин АКМ 50періодичної дії. Тип СМ - 150.Ємкість з горизонтально- обертаючою S- подібною лопатю. 24 об/хв.Об`єм 150 л. Габаритні розміри:Довжина- 1480ширина-600, висота-1190.	Катег орія В
“ГФ” 14“С Ш” 16 “ГФ” 21	21. Змішува ч- Грануля тор Rotto F600	2	12X18 Н10Т	Виробник:Германі я, завод технологічного обладнання . Тип ГР -1. Електродвигун А- 42-6. Потужність не більше 1,7 кВт. Габаритні розміри:Довжина 1200 ширина-475, висота-3570,	Катег орія В

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

“РП” 15	Клапан запобіж ний	1	н/стал ь 12X18 Н10Т	Виробник: Німечина Арматурний завод.ГОСТ 10019- 74. Грузопідйомний, пружиний. Тиск повного вікривання 2,5 кгс/см 2. Вага 9,35 кг.
------------	--------------------------	---	------------------------------	---

“КП” 17-1, 17- 2	Манометр	2	н/сталь 12X18Н10 Т	ГОСТ 2405-80. Тип ОБМ -160. Виробник: Томський монометорови й завод. Межі виміру (0-0-6) кгс/ см2. Клас точності 1,5.
------------------------	----------	---	--------------------------	---

“КП” 18,11	Термомет р спиртовий	2	скло	ГОСТ 2623-73. Рідинний. Межі виміру (0-100) °С. Ціна поділки 2 °С в захисному кожусі.
---------------	----------------------------	---	------	---

“КП” 20	Експрес- вологомір	1	Алюміній А5, скло	Виробник: Борщагівський
------------	-----------------------	---	----------------------	----------------------------

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

				ФХЗ. На основі торсинових вагів типу ВТ-500 з електронагрівом. Ціна поділки 1 мг.	
“ГФ”2 4	таблетпрес фірми Korsch XL 200	1	н/сталь 12X18H10 Т	Виробник: Германія завод технологічного обладнання. Діаметр таблеток максимальний (20±0,3) мм, мінімальний (5±0,2) мм. Висота таблетки максимальна (7±0,5) мм, мінімальна (1,8±0,3) мм. Продуктивність 180000-200000 тис табл./год. Габаритні розміри: Довжи	Категорія В

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

				на -1610, ширина-1200, висота-2100, Вага 1300 кг.	
“КП” 25	Ваги рівно плечові ручні	1	Поліпропі лен 03 П 10 / 005 н/сталь 12Х18Н10 Т	ТУ 64-1-2834- 75. Тип ВР -20. Виробник: Нижнетагільсь кий медико- інструменталь ний завод. Межа виміру (1,0+20) г	
“ГФ”2 6	Пристрій для обезпилюв ання таблеток Е 200	1	н/сталь 12Х18Н10 Т 12Х18Н9Т	Виробник:Кра mer Германия. Габаритні розміри:Довжи на 100,ширина- 150,висота- 450, Діаметр отвору сита (5+0,1) мм.	
“ГФ” 29	Автомат для розфасовки таблеток у блістери	1	н/сталь 12Х18Н1 0Т	Тип 557-РК. Виробник: Італія завод технологічного обладнання.	Катего рія В

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

	MB421 Marchesini			<i>Продуктивність 10000-12000 упк/год. Габарити, мм: 3540*1200*187 0. Вага 2000 кг. Загрузка-власноручно.</i>	
“РП” 31	Термометр опору	1	скло	Марки ТХК - 1489	
“КП”З 2	Мілівольтметр	1	Пласмаса, сплав	Контактний мультивольтметр Ш-4501. Клас точності 1,5. Шкала (0-400) °С	
“РП” 33	Лічильник штучної продукції	1	Пласмаса, Метал, оргскло	Лічильник напівпровідниковий штучний з програмними за датчиком ЕСАЗ Габарити :315*320*220 мм. Вага 10 кг.	

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Вибір конструкційних матеріалів

Економічне виготовлення та надійність апарату із мішалкою багато в чому залежить від правильного підбору матеріалів. У проекті матеріали вибираються для тих елементів, що розраховуються за основними критеріях працездатності. Спочатку вибирається основний конструкційний матеріал - корпусу, потім сорочки, опор, валу.

Таблиця 5.2

Контакт з робочим середовищем	Елементи апарату	Марка матеріалу
Є	Корпус: Обичайка, днище, кришка, фланці, мішалка, вал	AISI 316
Немає	Сорочка Опори апарату	AISI 304

5.3. Розрахункова частина

5.3.1. Визначення розрахункової температури

Механічні характеристики матеріалів істотно змінюються в залежності від температури.

Розрахункова температура стінки – температура, при якій визначаються фізико-механічні характеристики, допустимі напруження і проводиться розрахунок на міцність елементів змішувача.

При позитивних температурах за розрахункову температуру стінки елемента апарату слід приймати найбільше значення температури. Таким чином $t_P = t_C = 100^\circ C$

де t_P – розрахункова температура стінок корпусу апарату $^\circ C$;

t_C – температура середовища, дотичного із стінкою апарату, $^\circ C$.

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.2. Вибір допустимої напруги конструкційного матеріалу

Допустима напруга, для робочих умов визначається по формулі:

$$[\sigma] = \eta_1 \eta_2 \sigma^*$$

де σ^* - нормативне допустиме напруження при розрахунковій температурі для вибраного матеріалу;

$\eta_1 = 1$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки елемента, що розраховується;

$\eta_2 = 1$ – поправочний коефіцієнт вибухо -, пожежонебезпечності середовища.

$$[\sigma] = \sigma^*$$

Таблиця 5.3

Елементи апарату	Допустима напруга, МПа	
	$[\sigma]$	$[\sigma]_{100}$
1. Корпус:	310	310
обичайка, днище, кришка, фланці	310	310
2. Внутрішні пристрої	310	310
3. Мішалка	310	310
4. Вал	310	310
Сорочка	310	310
Опори апарату		

5.3.3 Визначення робочого, розрахункового, пробного і умовного тиску

Робочий, проектний, випробувальний та умовний тиск відноситься до параметрів, які підлягають попередньому визначенню. Робочий тиск - максимальний внутрішній надлишковий тиск p_H , який виникає під час нормального перебігу робочого процесу без урахування гідростатичного тиску середовища та без урахування допустимого короточасного підвищення тиску під час роботи запобіжного клапана або іншого запобіжні пристрої. $p_H = 0.1$ МПа

Розрахунковий внутрішній тиск p_{PB} – тиск по якому проводиться розрахунок на міцність. Розрахунковий тиск приймають, як правило, рівним робочому або вище за нього.

$$p_{PB} = p_n + p_\Gamma = 0.1 + 0.004077 = 0,104077 \text{ МПа};$$

$$p_\Gamma = \rho_c g H_c = 1040 \cdot 9,8 \cdot 0,4 = 4077 \text{ Па} = 0,004077 \text{ МПа}$$

де p_n , p_Γ – відповідно робочий і гідростатичний тиск, Па;

ρ_c – щільність робочого середовища кг/м^3 ;

$g = 9.81$ – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H_c – рівень матеріалу в апараті, м.

Зовнішній тиск – основне навантаження для тих елементів апаратів, які знаходяться під сорочкою або працюють при залишковому тиску, тобто під вакуумом.

Розрахунковий зовнішній тиск – p_{P3} визначається по формулі:

$$p_{P3} = p_a - p_0 = 10^5 - 0 = 0.1 \text{ МПа}$$

де $p_a = 10^5$ – атмосферний тиск, Па;

p_0 – залишковий тиск в корпусі, Па;

Пробний тиск p_{PP} – максимальний надмірний тиск, що створюється при гідравлічних (пневматичних) випробуваннях судин і апаратів з метою перевірки їх на міцність і герметичність. Перевірку проводять відповідно до вимог Держміськтехнагляду на заводі виготівнику і на підприємстві при періодичному огляді.

Таблиця 5.4

Судини і апарати	Робочий тиск p_n , МПа	Пробний тиск p_{PP} , МПа
Всі окрім литих	≤ 0.5	$\frac{1.5 p_{ps} [\sigma]_{20}}{[\sigma]}$ але не менше 0.2
	> 0.5	$\frac{1.25 p_{ps} [\sigma]_{20}}{[\sigma]}$ але не менше $p_n + 0.3$

Оскільки $p_H = 0.1$ МПа то $\frac{1,5 p_{ps} [\sigma]_{20}}{[\sigma]} = \frac{1,5 \cdot 0,104077 \cdot 310}{310} = 0,156$ МПа

Умовний тиск p_Y – розрахунковий тиск при температурі 100°C , який використовується при виборі і розрахунку на міцність стандартних елементів апарату (вузлів, деталей, арматури). Умовний тиск розраховується по формулі:

$$p_Y = p_{ps} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 0,104077 \frac{310}{310} = 0,104077 \text{ МПа};$$

Набутого значення $p_Y = 0.104077$ округляємо до більшого стандартного найближчого з ряду: 0.25, 0.3, 0.6, 1.0, 1.6. Отже, умовний тиск $p_Y = 0.25$ МПа

Оскільки набуті значення часто використовуватимуться нижче, то буде зручно звести їх в таблицю:

Таблиця 5.5

Оболонка апарату	Розрахунковий внутрішній тиск p_{PB} , МПа	Розрахунковий зовнішній тиск p_{P3} , МПа	Пробний тиск p_{PP} , МПа	Умовний тиск p_Y , МПа
Корпус: Обичайка, кришка, днище	0.104077	0.1	0.2	0.25

5.3.4. Розрахунок елементів корпусу апарату

Визначення коефіцієнтів зварних швів і надбавки для компенсації корозії

Оболонки апаратів виготовляються із сталевих листів зваркою. Міцність матеріалу в зоні зварного шва знижується із-за термічної дії електричної дуги і ряду інших чинників. У розрахунки вводиться коефіцієнт міцності зварного шва $\phi \leq 1$ [1-5]

Елементи апарату, що знаходяться у контакті з робочим середовищем, із-за корозії з перебігом часу зменшуються по товщині. Надбавка для компенсації

корозії до розрахункової товщини конструктивних елементів визначається по формулі:

$$c = П \cdot T_a$$

$$c = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$$

де c – надбавка для компенсації корозії, м;

$П$ – швидкість корозії, м/рік;

T_a – термін служби апарату, років.

Попередній розрахунок товщини стінок оболонок з умови міцності

Необхідна товщина стінок оболонок, навантажених внутрішнім надмірним тиском, визначаються по рівняннях, отриманих з умови міцності.

Розрахунку підлягають елементи корпусу: циліндричної обичайки, кришка, днище.

а) Попередній розрахунок циліндричної оболонки:

$$S_{цр1} = \frac{p_{рв} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p_{рв}}$$

де $S_{цр}$ – розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки з умови міцності, м;

PPB – розрахунковий внутрішній тиск, Па;

D – внутрішній діаметр обичайки, м;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, Па;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва

$$S_{цр1} = \frac{0,104077 \cdot 10^6 \cdot 1,09}{2 \cdot 0,9 \cdot 310 \cdot 10^6 - 0,104077 \cdot 10^6} = 0,0002 \text{ м}$$

б) Попередній розрахунок кришки (днища)

$$S_{зр1} = \frac{p_{рв} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 p_{рв}}$$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S_{ep1} – розрахункова товщина стінки еліптичної кришки (днища) з умови міцності, м;

PPB – розрахунковий внутрішній тиск, Па;

D – внутрішній діаметр обичайки, м;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, Па;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва

$$S_{ep1} = \frac{0,104077 \cdot 10^6 \cdot 1,09}{2 \cdot 0,9 \cdot 310 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 0,104077 \cdot 10^6} = 0,0002 \text{ м}$$

Набуті значення розрахункової товщини стінок підлягають порівнянню з товщиною, розрахованою з умови стійкості і подальшому уточненню з урахуванням корозії і округленню до стандартної товщини листів.

Попередній розрахунок товщини стінок оболонок з умови стійкості.

а) Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки з умови стійкості:

$$s_{цр2} = D \left(\frac{P_{pz} \cdot n_y \cdot l_u}{2,08 \cdot E \cdot D} \right)^{0,4}$$

Де $S_{цр2}$ - розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки з умови стійкості, м;

$PP3$ – розрахунковий зовнішній тиск, Па;

$n_y = 2,4$ – коефіцієнт запасу стійкості;

l_u – розрахункова довжина циліндричної обичайки, м;

E – модуль повздовжньої пружності матеріалу оболонки, Па;

D – внутрішній діаметр обичайки, м.

$$s_{цр2} = 1,09 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot 10^6 \cdot 2,4 \cdot 0,65}{2,08 \cdot 1,98 \cdot 10^{11} \cdot 1,09} \right)^{0,4} = 0,0028 \text{ м}$$

б) Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки або днища з умови стійкості:

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$s_{\text{эп}} = K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p_{\text{рн}} \cdot n_y}{0,26 \cdot E}}$$

де SEP2 – розрахункова товщина еліптичної оболонки з умови стійкості, м;

pP3 – розрахунковий зовнішній тиск, що діє на днище або кришку, Па;

$n_y = 2.4$ – коефіцієнт запасу стійкості;

E – модуль повздовжньої пружності матеріалу оболонки при розрахунковій температурі, Па;

$K \approx 0,9$ – коефіцієнт приведення радіусу еліпса;

D – внутрішній діаметр обичайки, м.

$$s_{\text{эп}}^{\text{кр}} = s_{\text{эп}}^{\text{дн}} = 0,9 \cdot 1,09 \cdot \sqrt{\frac{0,1 \cdot 10^6 \cdot 2,4}{0,26 \cdot 1,98 \cdot 10^{11}}} = 0,0021 \text{ м}$$

Визначення виконавчої товщини стінок оболонок.

Виконавчу товщину стінки визначають з урахуванням надбавки для компенсації корозії s_i і надбавки s_1 для округлення товщини листа до стандартного значення.

Вирази для визначення виконавчої товщини стінок оболонок мають вигляд:

для циліндричної оболонки:

Оскільки з двох розрахованих товщин (з умови міцності і з умови стійкості), для циліндричної оболонки, самою більшою буде товщина з умови стійкості, то:

$$SЦ = SЦР + c + c_1 = 2.8 + 1 + c_1;$$

Візьмемо товщину листа рівним 8 мм, тоді $c_1 = 4.2$

$$SЦ = SЦР + c + c_1 = 2.8 + 1 + 4.2 = 8 \text{ мм};$$

для еліптичної оболонки (кришки)

Оскільки з двох розрахованої товщини (з умови міцності і з умови стійкості), для еліптичної оболонки (кришки), самою більшою буде товщина з умови стійкості, то:

$$SE = SEP + c + c_1 = 2 + 1 + c_1;$$

Візьмемо товщину листа рівним 6 мм, тоді $c_1 = 2.9$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$SE = SEP + c + c1 = 2.1 + 1 + 1.9 = 6 \text{ мм};$$

для еліптичної оболонки (днища)

Оскільки з двох розрахованої товщини (з умови міцності і з умови стійкості), для еліптичної оболонки (днища), самою більшою буде товщина з умови стійкості, то:

$$SE = SEP + c + c1 = 2 + 1 + c1;$$

Візьмемо товщину листа рівним 12 мм, тоді $c1=8.9$

$$SE = SEP + c + c1 = 2.1 + 1 + 8.9 = 12 \text{ мм};$$

Розрахункова і виконавча товщина стінок оболонки

Таблиця 5.6

Оболонка апарату	Розрахункова товщина стінки, мм		Виконавча товщина стінки, мм (з поправкою)
	з умови міцності	з умови стійкості	
Корпус:			
Циліндрична частина	0,2	2.8	8
Кришка	0,2	2.1	6
Днище	0,2	2.1	12

Визначення допустимого тиску

Важливими технічними характеристиками апарату є внутрішній і зовнішній допустимий (граничний) тиск, який визначає можливі технологічні резерви.

Розрахунок внутрішнього допустимого тиску(граничного)

а) Для циліндричної обичайки

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_{\text{ц}} - c - u)}{D + S_{\text{ц}} - c - u}$$

Оскільки $c = 10^{-3} \text{ м}$, $u = 0.8 \text{ мм} = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ і $S_{\text{ц}} = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ то:

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_{\text{ц}} - c - u)}{D + S_{\text{ц}} - c - u} = \frac{2 \cdot 0.9 \cdot 310 \cdot 10^6 \cdot (8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0.8 \cdot 10^{-3})}{1.09 + 8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0.8 \cdot 10^{-3}} = 3,156 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$3,156 \text{ МПа} > P_{\text{РВ}} > 0.104077 \text{ МПа}$$

б) Для еліптичної кришки

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_e - c - u)}{D + 0,5(S_e - c - u)}$$

оскільки $c = 10^{-3} \text{ м}$, $u = 0.6 \text{ мм} = 0.6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ і $S_e = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ то:

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_e - c - u)}{D + 0,5(S_e - c - u)} = \frac{2 \cdot 0.9 \cdot 310 \cdot 10^6 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0.6 \cdot 10^{-3})}{1.09 + 0,5(6 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0.6 \cdot 10^{-3})} = 2,248 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$2,248 \text{ МПа} > P_{\text{РВ}} > 0.104077 \text{ МПа}$$

в) Для еліптичного днища

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_e - c - u)}{D + 0,5(S_e - c - u)}$$

оскільки $c = 10^{-3} \text{ м}$, $u = 1,2 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ і $S_e = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ то:

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_e - c - u)}{D + 0,5(S_e - c - u)} = \frac{2 \cdot 0.9 \cdot 310 \cdot 10^6 \cdot (12 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 1.2 \cdot 10^{-3})}{1.09 + 0,5(12 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 1.2 \cdot 10^{-3})} = 4,994 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$4,994 \text{ МПа} > P_{\text{РВ}} > 0.104077 \text{ МПа}$$

Розрахунок зовнішнього допустимого тиску(граничного)

Обичайки, днище, кришка перевіряються на стійкість по умові:

$$P_{\text{доп.з}} \geq P_{\text{РЗ}}$$

де РДОП.З – значення зовнішнього допустимого тиску для елемента корпусу, що розраховується, Па

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

а) Для циліндричної обичайки

$$P_{\text{доп.з}} = \frac{2,08 \cdot E \cdot D}{n_y \cdot l_{\text{ц}}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ц}} - c - u}{D} \right)^{\frac{5}{2}} = \frac{2,08 \cdot 1,98 \cdot 10^{11} \cdot 1,09}{2,4 \cdot 0,65} \cdot \left(\frac{8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0,8 \cdot 10^{-3}}{1,09} \right)^{\frac{5}{2}} =$$

$$0,7022 \text{ МПа} > P_{\text{р.з.}} > 0,1 \text{ МПа}$$

б) Для еліптичної кришки

$$P_{\text{доп.з}} = \frac{0,26 \cdot E}{n_y} \cdot \left(\frac{S_e - c - u}{D \cdot K} \right)^2 = \frac{0,26 \cdot 1,98 \cdot 10^{11}}{2,4} \cdot \left(\frac{6 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 0,6 \cdot 10^{-3}}{1,09 \cdot 0,9} \right)^2 = 4,315 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$0,4315 \text{ МПа} > P_{\text{р.з.}} > 0,1 \text{ МПа}$$

в) Для еліптичного днища

$$P_{\text{доп.з}} = \frac{0,26 \cdot E}{n_y} \cdot \left(\frac{S_e - c - u}{D \cdot K} \right)^2 = \frac{0,26 \cdot 1,98 \cdot 10^{11}}{2,4} \cdot \left(\frac{12 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-3}}{1,09 \cdot 0,9} \right)^2 = 2,141 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$2,141 \text{ МПа} > P_{\text{р.з.}} > 0,1 \text{ МПа}$$

5.3.5. Зміцнення отворів

Отвори в оболонках апарату, призначені для розміщення штуцерів різного призначення і люка, знижують несучу здатність корпусу і викликають концентрацію напружень поблизу краю отвору.

При використанні для оболонок корпусу і приварюваних до нього штуцерів одного матеріалу розрахунок зміцнень отворів виконується таким чином:

а) Визначення найбільшого діаметру отвору d_0 (мм) в оболонці, що не вимагає додаткового зміцнення:

$$d_0 = 2 \left(\frac{s - c - u}{s_p} - 0,8 \right) \cdot l_p$$

$$l_p = \sqrt{D_p \cdot (s - c - u)}$$

де s , s_p – виконавча і розрахункова (з умови міцності) товщина стінки оболонки, мм;

c – надбавка на корозію, мм;

u – мінусовий допуск на товщину s листа, мм;

l_p – розрахункова ширина зони зміцнення, мм.

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки люк розташований в еліптичній оболонці, то для розрахунку прийmemo:

$$D_p = 2D \left(1 - 3 \left(\frac{r}{D} \right)^2 \right)^{0.5}$$

де r – відстань від осі оболонки до центру отвору, мм;

D – внутрішній діаметр корпусу, мм.

Оскільки $D = 1090$ мм, $r = 480$ мм, то:

$$D_p = 2D \left(1 - 3 \left(\frac{r}{D} \right)^2 \right)^{0.5} = 2 \cdot 1090 \left(1 - 3 \left(\frac{480}{1090} \right)^2 \right)^{0.5} = 1410_{\text{мм}}$$

$$l_p = \sqrt{D_p \cdot (s - c - u)} = \sqrt{1410 \cdot (6 - 1 - 0,6)} = 78,8_{\text{мм}}$$

$$d_0 = 2 \left(\frac{s - c - u}{s_p} - 0,8 \right) \cdot l_p = 2 \left(\frac{6 - 1 - 0,6}{0,2} - 0,8 \right) \cdot 78,8 = 3341_{\text{мм}}$$

Оскільки $d_{ш} = 180$ мм $<$ $d_0 = 3341$ мм, то перевірку зміцнення отворів виконувати не потрібно.

5.3.6. Розрахунок опор і монтажних цапф апарату.

Опори (лапи) – стійки апарату випробовують навантаження від загальної ваги апарату в робочих умовах, а цапфи тільки від ваги корпусу апарату при монтажі.

$$G_{\text{MAX}} = 30000H$$

При розрахунку максимальної ваги робочого середовища, припускають, що апарат об'ємом V заповнений повністю робочим середовищем.

$$G_c = \rho_c \cdot g \cdot V = 1040 \cdot 10 \cdot 0,6 = 6240H$$

де $\rho_c = 1040$ кг/м³ – щільність робочого середовища;

$V = 0,6$ м³ – об'єм апарату.

Перевірочний розрахунок опор (лап)

а) Вибраний типорозмір опори і цапфи перевіряється на вантажопідйомність по умові:

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_1 = \frac{G_{MAX}}{z_{оп}} \leq G_{доп}$$

де G_1 – розрахункове навантаження на одну опору;

G_{max} – максимальна вага апарату;

$G_{доп} = 160$ кН – навантаження, що допускається, на опору;

$z_{оп} = 4$ – число опор – лап.

Навантаження на одну опору – лапу:

$$G_1 = \frac{G_{MAX}}{z_{оп}} = \frac{30 \cdot 10^3}{4} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ Н} = 7,5 \text{ кН} \leq 160 \text{ кН}$$

Навантаження на одну цапфу:

$$G_2 = \frac{G_{MAX} - G_{ПР} - G_C}{z_{Ц}} \leq G_{доп.ц}$$

де G_2 – розрахункове навантаження на одну цапфу;

G_{max} – максимальна вага апарату;

G_C - максимальна вага середовища в апараті;

$G_{пр}$ – вага механічного перемішуючого пристрою;

$G_{доп.ц}$ - допустима вантажопідйомність цапфи, Н;

$z_{Ц} = 2$ – число цапф.

$$G_2 = \frac{G_{MAX} - G_{ПР} - G_C}{z_{Ц}} = \frac{30 \cdot 10^3 - 6240 - 2 \cdot 10^3}{2} = 10,88 \cdot 10^3 \text{ Н} = 10,88 \text{ кН} < 40 \text{ кН}$$

б) Перевірка міцності бетону на стиснення:

$$\sigma_{\phi} = \frac{G_1}{A_n} \leq [\sigma]_{\phi}$$

де σ_{ϕ} – напруження у фундаменті під опорою, Па;

$[\sigma]_{\phi} = 14$ МПа – допустиме напруження для бетону, марки 200, при стисненні, Па;

$A_n = 10 \cdot 10^{-3}$ – площа підставки опори – лапи, м²

$$\sigma_{\phi} = \frac{G_1}{A_n} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,75 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,75 \text{ МПа} < 14 \text{ МПа}$$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

в) Міцність кутових зварних швів, що сполучають ребра лап– опору з корпусом апарату, перевіряються за умовою:

$$\tau_c = \frac{G_1}{0,7 \cdot k \cdot l_{III}} \leq [\tau]_{III}$$

де τ_c – напруження зрізу в швах, Па;

$k = 0,85s_1$ – катет зварних швів, м;

III – загальна довжина зварних швів з урахуванням непроварення

$$l_{III} = 2 \cdot z_p (h - 4k)$$

$[\tau]_{III} = 0,6 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_p$ - допустиме напруження, для матеріалу швів, Па;

$\varphi = 0,8$ – коефіцієнт міцності швів таврового зварного з'єднання при зварці вручну

$$l_{III} = 2 \cdot z_p (h - 4k) = 2 \cdot 2(400 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 0,85 \cdot 10 \cdot 10^{-3}) = 1,46 \text{ м}$$

$$[\tau]_{III} = 0,6 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_p = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 142 \cdot 10^6 = 68,16 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\tau_c = \frac{G_1}{0,7 \cdot k \cdot l_{III}} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 0,85 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 1,46} = 0,86 \cdot 10^6 \text{ Па} < 68,16 \cdot 10^6 \text{ Па} = [\tau]_{III}$$

Умова міцності виконується!

5.3.7. Розрахунок елементів механічного перемішуючого пристрою

Вали мішалки

а) Розрахунок на міцність:

Для забезпечення корозійної стійкості вал і елементи мішалок виготовляються з того ж матеріалу, що і корпус апарату. Допустиме напруження $[\sigma]$, для матеріалу валу і мішалки приймається рівною нормативному допустимому напруженню σ^* .

Потужність, яка витрачається на перемішування матеріалу

$$N = k_H \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5$$

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$Re = \frac{1040 \cdot 2,2 \cdot 1,08^2}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 22 \cdot 10^5$$

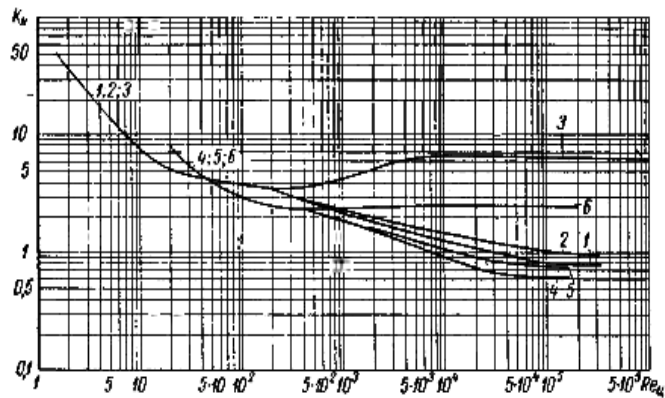


Рис 5.1 Графіки для визначення критерію потужності K_N для перемішуючих пристроїв:

- 1 – відкритих перемішуючих пристроїв при $D/d=3$;
- 2 – відкритих перемішуючих пристроїв при $D/d=4$;
- 3 – перемішуючих пристроїв в апаратах з перегородками; 4–закритих перемішуючих пристроїв при $D/d=3$;
- 5– закритих перемішуючих пристроїв при $D/d=4$;
- 6–закритих перемішуючих пристроїв, але в апаратах з перегородками.

Для даного типу мішалки (5) критерій потужності $k_H \approx 1,7$, тоді

$$N = 1,7 \cdot 1040 \cdot 2,2^3 \cdot 1,08^5 \approx 27 \text{кВт}$$

Загальний ККД привода

$$\eta_{заг} = \eta_{клин.пер} \cdot \eta_{ред} = 0,97 \cdot 0,98 = 0,95$$

Потужність електродвигуна

$$N_{ДВ} = \frac{N}{\eta_{заг}} = \frac{27}{0,95} = 28,4 \text{кВт}$$

Вибираємо двигун потужністю 30 кВт

$$N_1 = N_p = 28,4 \text{кВт}$$

$$n_1 = n_{де} = 1450 \text{об/хв}$$

$$T_1 = 9550 \frac{N_1}{n_1} = 9550 \frac{28,4}{1450} = 187 \text{Нм}$$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{к.л.} = 28,4 \cdot 0,97 = 27,5 \text{ кВт}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{к.л.}} = \frac{1450}{1,1} = 1318 \text{ об/хв}$$

$$T_2 = 9550 \frac{N_2}{n_2} = 9550 \frac{27,5}{1318} = 199,3 \text{ Нм}$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{ред} = 27,5 \cdot 0,98 = 26,95 \text{ кВт}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_p} = \frac{1318}{10} \approx 132 \text{ об/хв}$$

$$T_3 = 9550 \frac{N_3}{n_3} = 9550 \frac{26,95}{132} = 1950 \text{ Нм}$$

Таблиця 5.7

№ вала	N, кВт	n, об/хв	T, Нм
1	28,4	1450	187
2	27,5	1318	199,3
3	26,95	132	1950

Полярний момент опору перетину валу W_p (м^3) в небезпечному перетині розраховується по формулі:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} = \frac{3,14 \cdot (48 \cdot 10^{-3})^3}{16} = 2,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

де d_1 – діаметр ділянки валу під маточину, м.

Міцність валу забезпечується при виконанні умови міцності на кручення:

$$\tau_{кр} = \frac{T_{кр}}{W_p} \leq [\tau]_{кр}$$

де $[\tau]_{кр} = 0,5[\sigma]$ – допустиме напруження кручення, Па.

$$[\tau]_{кр} = 0,5 \cdot 310 \cdot 10^6 = 155 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\tau_{кр} = \frac{T_{кр}}{W_p} = \frac{1950}{2,45 \cdot 10^{-5}} = 79,6 \cdot 10^6 < 155 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується!

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

5.3.8. Розрахунок лопатей мішалки

Робочі елементи мішалки (лопати) знаходяться під гідродинамічною дією зустрічного потоку перемішуваного середовища. З урахуванням корозійної стійкості матеріал мішалок приймається так само, як матеріал стінок корпусу апарату; допустима напруга при розрахунковій температурі $[\sigma] = \sigma^*$ [8]

Трилопатева мішалка під час обертання створює потік рідини, що має як кругові, так і осьові компоненти. Кругові сили F_t та осьові сили F_a , що діють на лопатку, пов'язані наступним співвідношенням:

$$F_a = \operatorname{ctg} \alpha \cdot F_t, \text{ де } \alpha = 30^\circ - \text{кут нахилу лопасти}$$

Колова гідродинамічна сила, що діє на лопать:

$$F_t = \frac{T_{KP}}{0,4 \cdot d_m \cdot z_l} = \frac{1950}{0,4 \cdot 1090 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = 1491 \text{ Н}$$

де $T_{кр}$ – розрахунковий крутний момент, Н·м;

z_l – кількість лопатей, шт;

d_m – діаметр мішалки, м.

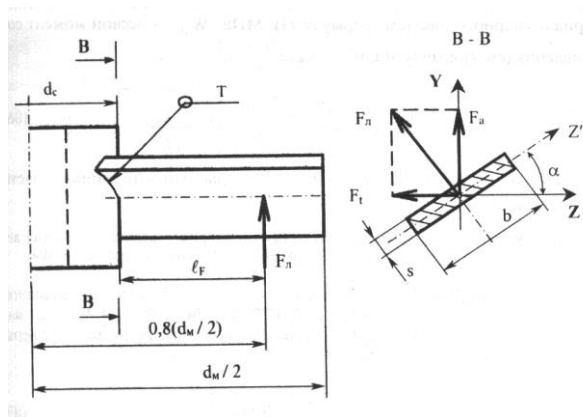


Рис 5.2 Сили, які діють на лопать мішалки

Сумарна сила нормальна до площини лопаті і розраховується по формулі:

$$F_n = \frac{F_t}{\sin \alpha} = \frac{1491}{\sin 30} = 2982 \text{ Н}$$

Стиковий шов в місці приварювання лопаті до маточини піддається дії згинаючого моменту:

$$M_{зг} = F_n \cdot l_F = F_n \left(0,8 \cdot \frac{d_m}{2} - \frac{d_c}{2} \right)$$

$$M_{зг} = F_n (0,4 \cdot d_m - 0,5 \cdot d_c) = 2982 (0,4 \cdot 1090 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 140 \cdot 10^{-3}) = 1091 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

де d_c – діаметр маточини, м;

0,8 – коефіцієнт, що враховує радіус додатку сумарної сили до лопаті мішалки.

Умова міцності зварного шва:

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W_{z1}} \leq [\sigma]'$$

де $[\sigma]'$ – допустиме напруження для матеріалу мішалки зварного шва, Па;

σ – напруга в матеріалі шва, МПа;

W_{z1} - осьовий момент опору, м³

$$W_{z1} = \frac{b \cdot s_p^2}{6} = \frac{100 \cdot 10^{-3} \cdot ((6-2) \cdot 10^{-3})^2}{6} = 27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

де b – ширина лопаті, м;

$s_p = s - 2 \cdot c$ - розрахункова товщина лопаті, м.

Для стикового шва таврового з'єднання:

$$[\sigma]' = \varphi \cdot [\sigma] = 0,8 \cdot 310 \cdot 10^6 = 248 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу мішалки при розрахунковій температурі, Па;

$\varphi = 0,8$ – коефіцієнт міцності зварного шва для таврового з'єднання двостороннім швом при зварці вручну.

Перевірка міцності зварного шва:

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W_{z1}} = \frac{1091}{27 \cdot 10^{-6}} = 40 \cdot 10^6 < [\sigma]' = 248 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується.

5.3.9. З'єднання шпонки маточини мішалки з валом

Крутний момент з валу на маточину мішалки передається при допомозі призматичної шпонки, розміщеної в пазах валу і маточини. Бічні грані на половині своєї висоти шпонки сприймають напруження зминання $\sigma_{зм}$, а подовжній перетин – напруження зрізу $\sigma_{зр}$. Шпонку рекомендується виготовляти з того ж матеріалу, що і вал. Допустиме напруження $[\sigma]$, приймаємо рівним нормативному допустимому напруженню σ^* .

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

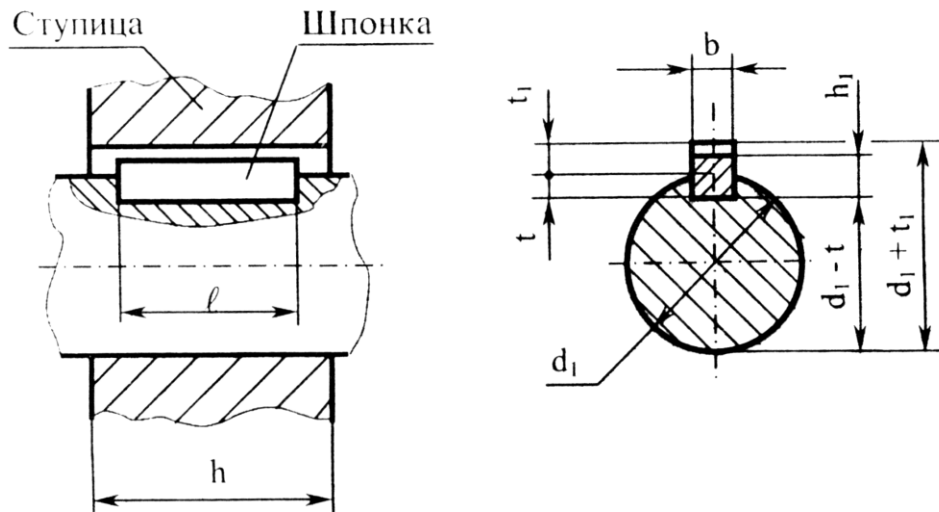


Рис 5.3 Схема для розрахунку з'єднання шпонки

Довжини призматичних шпонок l (мм) призначають конструктивно з урахуванням висоти маточини h .

Оскільки $h = 85 \text{ мм} = 0.085 \text{ м}$, то $l = 0.085 - 0.015 = 0.07 \text{ м} = 70 \text{ мм}$.

Для з'єднання шпонки виконується перевірочний розрахунок на зминання. Шпонка сприймає напруження зминання з двох протилежних боків: з боку валу і з боку маточини.

Сила зминання:

$$F = \frac{T_{кр}}{0,5 \cdot d_1} = \frac{1950}{0,5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 78 \cdot 10^3 \text{ Н} = 78 \text{ кН}$$

де d_1 – діаметр ділянки валу під маточину мішалки.

Поверхня зминання визначається по формулі:

$$A_{зМ} = (l - b)(h_1 - t) = (70 \cdot 10^{-3} - 16 \cdot 10^{-3})(10 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}) = 0,216 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Умова міцності шпонки на зминання:

$$\sigma_{зМ} = \frac{F}{A_{зМ}} \leq [\sigma]_{зМ}$$

де $\sigma_{зМ}$ – напруження зминання на бічні поверхні шпонки, Па;

$[\sigma]_{зМ} = 1,5 \cdot [\sigma]$ – допустиме напруження на зминання матеріалу шпонки, Па.

$$[\sigma]_{зМ} = 1,5 \cdot [\sigma] = 1,5 \cdot 310 \cdot 10^6 = 465 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_{3M} = \frac{F}{A_{3M}} = \frac{78 \cdot 10^3}{0,216 \cdot 10^{-3}} = 361 \cdot 10^6 < [\sigma]_{3M} = 465 \cdot 10^6$$

Умова міцності виконується!

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4. Монтаж, ремонт та експлуатація

5.4.1. Розпаковування і монтаж машини і допоміжних блоків

Попередні операції

Машина завжди відвантажується в ідеальному робочому стані, після ретельного огляду на заводі. З причин транспортування, машина відвантажується в декількох частинах .

- 1- По отриманню, відкрийте упаковку, переконайтеся в тому, що машина не була пошкоджена під час транспортування; якщо пошкодження відбулося, негайно повідомте постачальника
- 2- Строплення повинне бути виконане засобами, які надаються із машиною, якщо такі є, чи у будь-якому випадку за допомогою відповідних засобів, і відповідного для даного випадку підйомного пристрою з достатньою вантажопідйомністю, точно слідуючи інструкціям.
- 3- Змонтуйте машину, збираючи розібрані частини, строго дотримуючись інструкції.
- 4- Розташуйте машину відповідно до загального креслення, перевіряючи правильність положення відповідно до заздалегідь зібраним, чи вже існуючим машинам. В будь-якому випадку, переконаєтесь в правильності відстані між різними блоками машини.
- 5- Видаліть фіксатори, використані під час строплення

5.4.2 Розташування і кріплення машини і допоміжних блоків

Машина гранулятор-змішувач Rotto повинна бути розташована у робочому положенні, зважаючи на декілька основних правил. Підлога або плита, на якій кріпитися Rotto, повинна володіти достатньою вантажопідйомністю і бути досить міцною, щоб витримати вагу машини. Переконаєтесь в тому що вибране положення є відповідним.

					Модернізація змішувача-гранулятора	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Охорона праці і навколишнього середовища

Кожна людина має природне невід'ємне та непорушне право на здоров'я. Суспільство та держава несуть відповідальність перед нинішніми та майбутніми поколіннями за рівень здоров'я та збереження генофонду народу України, забезпечують пріоритетність охорони здоров'я в державі, покращують умови праці, освіти, життя та відпочинку, вирішення екологічних проблем, покращення охорони здоров'я та впровадження здорового способу життя.

Основи українського законодавства про охорону здоров'я визначають правові, організаційні, економічні та соціальні засади охорони здоров'я в Україні, регулюють суспільні відносини у цій галузі для забезпечення гармонійного розвитку фізичних та духовних сил, високої ефективності та тривалого активного життя громадян, ліквідації факторів, що негативно впливають на їхнє здоров'я, запобігають та зменшують захворюваність, інвалідність та смертність, покращують спадковість.

Законодавство про охорону праці в Україні

Законодавство України про охорону праці – це система взаємопов'язаних законів та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у сфері реалізації державної політики щодо соціального захисту громадян в процесі трудової діяльності.

Воно складається із Закону України “Про охорону праці”, Кодексу законів про працю України, Закону України “Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності” та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

					170528MP.10.06.ПЗ			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>	Охорона праці і навколишнього середовища		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Будник Є.В.						<i>1</i>	<i>19</i>
Перевірив	Житнецький І.В.							
Керівник	Житнецький І.В.							
Затвердив	Гавва О.М.						НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М	

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”, який був прийнятий в незалежній Україні одним із перших 14 жовтня 1992 він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров’я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Інші нормативні акти мають відповідати не тільки Конституції та іншим законам України, але, насамперед, цьому Закону. Нова редакція Закону “Про охорону праці” відповідає діючим конвенціям і рекомендаціям Міжнародної організації праці, іншим міжнародним правовим нормам у цій галузі

Інструктажі з питань охорони праці

Інструктаж із питань охорони праці проводять на всіх підприємствах, у установах і організаціях, незалежно до характеру їх зайнятості, підпорядкування та форми власності.

Метою інструктажу є навчання працівника виконувати свої обов'язки належним чином та безпечно для себе та навколишнього середовища. Буває вказівка щодо часу та характеру проведення: вступна, первинна, повторна, позапланова, цільова.

Вступний інструктаж з техніки безпеки з усіма домовленостями в компанії працює інженер з безпеки.

Перед прийняттям на роботу з кожним новачком, який виконує нову роботу, первинний інструктаж проводиться безпосередньо на робочому місці.

Він здійснюється майстром з кожним працівником окремо для кожного виду робіт.

Повторний інструктаж майстер проводить на робочому місці з періодичністю, встановленою для цього виду робіт.

Позаплановий інструктаж майстер проводить індивідуально або із групою

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працівників однієї професії. Воно здійснюється при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушенні вимог безпеки працівниками. Технічна модернізація, передбачена цим проектом, призводить до зміни технологічної схеми роботи обладнання, тому в цьому випадку позаплановий інструктаж слід проводити раз на квартал.

Вібрація

Вібрацією називається механічні коливання машин, механізмів і їх елементів. Вібрації не тільки погіршує добробут робітників і знижує продуктивність праці, але також може призвести до серйозних патологічних змін в організмі людини. Комплексна автоматизація і механізація підприємства є рішучим способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрації. За способом передачі людині розрізняють місцеві та загальні вібрації. Загальна вібрація обумовлена коливаннями несучих поверхонь та за джерелом поділяється на такі: транспортну, технологічну-транспортна і технологічну. Стандарти загальних технологічних вібрацій наведені в ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ "Віробезпека. Загальні вимоги". При оцінці вібрації за дозою нормованим параметром є еквівалентне узгоджене значення швидкості вібрації або прискорення вібрації. Норми загальної технологічної вібрації наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1

Середньогогео метричні частоти, Гц	Граничні значення нормованого параметра				
	За віброприскоренням, м ² /с		За віброшвидкістю		
			м/с · 10 ²		дБ
	в 1/3 октави	в 1/1 октави	в 1/3 октави	в 1/1 октави	в 1/1 октави
1,6	0,09		0,90		
2,0	0,08	0,14	0,64	1,30	108
2,5	0,071		0,46		

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

3,15	0,063		0,32		
4,0	0,056	0,10	0,23	0,45	99
5,0	0,056		0,18		
6,3	0,056		0,14		
8,0	0,056	0,11	0,12	0,22	93
10,0	0,071		0,12		
12,5	0,090		0,12		
16,0	0,112	0,2	0,12	0,20	92
20,0	0,140		0,12		
25,0	0,18		0,12		
31,5	0,22	0,40	0,12	0,20	92
40,0	0,285		0,12		
50,0	0,355		0,12		
63,0	0,445	0,80	0,12	0,20	92
80,0	0,56		0,12		

Мікрокліматичні умови

На підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості мікроклімат виробничих приміщень повинен відповідати вимогам, встановленим СанПіН 2.2.4.548-96. Проте дослідження показують, що при недостатній теплоізоляції нагрітих поверхонь апаратів і комунікаційних теплових мереж можливо вплив на працюючих одночасно з хімічним фактором та мікроклімату. Підвищена температура повітря мається головним чином в сушильних відділеннях і у апаратів, в яких реакція протікає з виділенням тепла або при високій температурі (кристалізатори, розчинники, гідролізатори та ін.) Так, в теплу пору року температура повітря на даних ділянках може досягати 34-38 ° С при відносній вологості 40-60%.

Таким чином, теплової мікроклімат на окремих робочих місцях

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості є додатковим фактором, що збільшує дію хімічного фактора.

Шум

Джерелом виробничого шуму на робочих місцях при виготовленні лікарських препаратів є багато технологічні апарати. До них відносяться компресори, вакуум-фільтри, барабанні сушарки, центрифуги, дробарки, вібросита, вакуум-насоси та ін. Рівень шуму в ряді випадків може перевищувати допустимий. Так, на робочих місцях у центрифуг параметри шуму можуть перевищувати допустимі величини на 5 дБ, у вакуум-насоса - на 5-6 дБ, у компресора-на 14-17 дБ.

Найбільш несприятливими ділянками є машинні відділення, де сумарний рівень високочастотного шуму нерідко перевищує допустимі величини на 20-25 дБ. Необхідно відзначити, що виробничий шум навіть на рівні допустимого може посилювати несприятливу дію хімічних речовин.

Пожежна безпека

Основний нормативний документ, який регламентує вимоги до пожежної безпеки, це є Закон України “ Про пожежну безпеку“, прийнятий ВР України 17 грудня 1993 року. Даний Закон зазначає загальні правові, економічні і соціальні основи про забезпечення пожежної безпеки. Відповідно до Закону відповідальності за пожежну безпеку підприємства покладається на керівників.[16]

Пожежна безпека це стан об'єкта, при якому із регламентованою ймовірністю виключається можливістю виникнення і розвиток пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а й забезпечується захист матеріальних цінностей.

Загальні вимоги пожежної безпеки:

-кожен працівник повинен знати місце розташування первинних засобів пожежегасіння, знати і вміти користуватися ними, знати шляхи евакуації;

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-легкозаймісті речовини та горючі рідини зберігають в спеціально відведених місцях, відповідно до норм;

-легкозаймісті речовини та горючі рідини повинні зберігатися окремо від інших матеріалів і речовин, у спеціальних ємкостях;

-у разі виникнення пожежі негайно повідомити про це пожежну охорону та керівництво підприємства, розпочати ліквідацію пожежі.

Коли людина перебуває в зоні впливу пожежі, вона може потрапити під дію небезпечних та шкідливих факторів, які можна поділити на два фактори:

а) основні небезпечні фактори пожежі:

- токсичні продукти згоряння;
- вогонь;
- підвищена температура середовища;
- дим, недостатність кисню;

б) вторинні прояви небезпечних факторів пожежі:

- руйнування будівельних конструкцій, вибухи;
- витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі;
- паніка.

Вогонь - небезпечний фактор пожежі, температура може досягти 1200...1400⁰С, призводить до недостатку кисню, диму. Небезпечною для життя людини вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма – 21%). Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю – отруйний газ, і вдихання повітря, в якому його вміст становить 0,4% - смертельне.

Згідно з ГОСТом 12.4.009-83 “Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды” розміщення й обслуговування вогнегасників повинно відповідати цим вимогам. Для даного обладнання повинні використовувати вогнегасники порошкові (ОП), для електрообладнання - вуглекислотні (ОУ, ОУ-3, ОУ-5). Як пожежогасна речовина використовується безколірний вуглекислий газ без запаху і смаку з температурою – 71⁰С. Основний вплив на горіння – розбавлення суміші горючої пари та газів з повітрям (киснем), додатковий –

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолодження (твердий діоксид вуглецю). Також можливо гасити електрообладнання під напругою, а також горючі рідини і тверді речовини. До початку гасіння знеструмити електроустаткування.

Дане приміщення відноситься до категорії В.

Характеристика виробничих приміщень і будівель за категоріями пожежної безпеки наведена в таблиці 6.3, в приміщенні повинні знаходитись первинні засоби пожежегасіння, пісок, вогнегасники.

Таблиця 6.3

Категорія пожежонебезпеки	Характеристика виробництва і речовин
Категорія А (вибухо-пожежонебезпечні виробництва)	Виробництва, які мають горючі гази з нижньою концентраційною межею спалахування в повітрі 10% і менше, рідина з температурою спалаху до 28 °С, а також речовини здатні вибухнути та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря чи одна з одною.
Категорія Б (вибухо-небезпечні виробництва)	Виробництва, що мають горючі гази з нижньою концентраційною межею спалахування в повітрі більше 10%, рідина з температурою спалаху від 28 °С до 61 °С; рідини, нагріті в умовах виробництва до температури спалаху і вище.
Категорія В (пожежонебезпечні і виробництва)	Виробництва, які мають рідини з температурою спалаху вище ніж 61°С, горючий пил або волокна з нижньою межею спалаху більше ніж 65г/м ³ , тверді горючі матеріали, здатні при взаємодії з водою, повітрям або один з одним лише горіти.
Категорія Г	Виробництва, які мають негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному чи в розплавленому стані, процес обробки супроводжується виділенням променевого тепла, іскор та полум'я; тверді речовини, що згоряють або

	утримуються як паливо.
Категорія Д	Виробництва з пожежонебезпечними технологічними процесами, де є негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Розрахунок обсягу повітря на вентиляцію

Для сталого процесу загальнообмінної вентиляції та виділення у приміщення тих чи інших шкідливостей необхідна кількість вентиляційного повітря $L(\text{м}^3/\text{год})$ обчислюється за формулами:

$$L = \frac{3,6 \times Q}{c \times \rho (t_2 - t_1)} \quad (1)$$

При забиранні надлишкової пароподібної вологи:

$$L = \frac{1000 \times W}{\rho \times (d_2 - d_1)} \quad (2)$$

При розбавленні свіжим повітрям шкідливих газів, парів та пилу:

$$L = \frac{1000 \times G}{(C_2 - C_1)}$$

де Q , W і G – відповідно кількість надлишкового тепла (Вт), інтенсивність виділення пароподібної вологи (кг/год), газів, парів чи пилу(г/год); G - питома теплоємність повітря, $G=1$ кДж/(кг·К); ρ - густина повітря при даній температурі; при нормальних умовах $\rho=1,2$ кг/м³; t_1 і t_2 – відповідно температура повітря, що надходить і виходить, К; d_1 і d_2 – відповідно вологовміст повітря, що надходить і виходить, г/кг; c_1 і c_2 – концентрації шкідливих газів, парів чи пилу відповідно у повітрі, що надходить і виходить, мг/м³.

Надлишки теплоти Q (формула 1) визначають як різницю між загальною кількістю теплоти, що виділяється у приміщенні (теплота від гарячих поверхонь технологічного обладнання і трубопроводів, охолодження нагрітих виробів, працюючого електрообладнання та штучного освітлення, людських тіл та ін.) та втратами через будівельні конструкції приміщення.

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Величина кожного із доданків загальної кількості тепловиділень наведені у додатковій літературі. Величина тепловтрат визначається в залежності від кліматичних умов. Кількість вологи W (формула 2), що випаровується у повітря приміщень, знаходиться за додатковими даними.

Концентрація шкідливих речовин у припливному та витяжному повітрі C_1 , C_2 (формула 3) обчислюють таким чином. Концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі повинна бути мінімальна і не перевищувати 30% від ГДК в повітрі робочої зони. Концентрація парів, газів та пилу у витяжному повітрі не повинна перевищувати ГДК в повітрі робочої зони.

Дані про концентрацію шкідливих речовин, температури, вологості повітря визначається за санітарними нормами, з технологічної літератури та довідників.

Найбільші труднощі звичайно виникають при визначенні кількості вологи, температури та шкідливих речовин, що виділяються від технологічних процесів та обладнання. Встановлюють ці дані одним із способів – за наявними нормами, розрахунками або натуральними дослідженнями.

Після розрахунків витрати вентиляційного повітря L встановлюють кратність повітрообміну n у приміщенні, год^{-1}

$$n=L/V$$

де V – об'єм приміщення, м^3

Кратність повітрообміну показує інтенсивність вентилявання даного приміщення, тобто кількість обмінів повітря у приміщенні, яке подається або вентиляється протягом однієї години. У разі, якщо повітря подається, перед значенням n ставлять знак "+", якщо витягується "-", коли у приміщення одночасно подається та витягується повітря, ставлять знак "±". Наприклад, $n = -3$ означає, що із даного приміщення витягується повітря у кількості трьох його об'ємів за одну годину.

У тих випадках, коли кількість шкідливих виділень важко визначити, розрахунок повітрообміну можна провести за кратністю. Із довідників з проектування промислових будівель вибирають кратність повітрообміну, а потім з формули (4), визначають необхідну витрату повітря L на вентиляцію.

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При відсутності надлишків теплоти, вологи, виділення парів газів та пилу необхідна кількість вентиляції повітря визначається санітарними нормами (СН 245-71) в залежності від об'єму приміщення, що припадає на одного робітника, тобто від питомого об'єму приміщення. Якщо цей об'єм менше 20 м^3 , подачу зовнішнього повітря належить передбачати у кількості не менше $30\text{ м}^3/\text{год}$ на кожного робітника, а при питомому об'ємі приміщення більше 20 м^3 - не менше $20\text{ м}^3/\text{год}$ на кожного робітника. У випадку відсутності у приміщенні чи у окремих його ділянках природної вентиляції, механічна вентиляція повинна забезпечувати подачу зовнішнього повітря у кількості не менше $60\text{ м}^3/\text{год}$ на одного робітника. При цьому мінімальна кратність повітрообміну по усьому об'єму приміщення - 1 раз за годину.

Кількість повітря L_M , що видаляється місцевою витяжною вентиляцією та залежить від характеру шкідливих виділень, швидкості і напрямку їх руху можна обчислити з виразу

$$L_M = 3600 F \cdot V$$

де F – площа відкритого перерізу витяжного пристрою, м^2 ;

V – швидкість всмоктування повітря у цьому прорізі (приймається $0,5 \dots 1,7$ м/с в залежності від токсичності і леткості газів і парів).

В даному випадку потрібно розрахувати кратність повітрообміну у виробничому приміщенні об'ємом $V_{\text{п}}$, м^3 , для видалення надлишкової вологи, якщо площа поверхні випаровування, води F , м/с фактор гравітації рухливості навколишнього середовища приймаємо $\lambda = 0,028$, тиск водяної пари навколишньому середовищі повітря P_1 , ГПа, тиск водяної пари, насиченої повітрям приміщення, P_2 , ГПа. Кількість водяної пари у повітрі, яке поступає в приміщення $d_{\text{ПС}}$, $\text{г}/\text{м}^3$.

Аспірація – інтенсивне всмоктування повітря безпосередньо із місць утворень шкідливих газів, парів і пилу (розмельні установки, транспортуючі машини, фасувально пакувальні автомати, варильні котли).

Аспіраційні системи (установки), передбачаються при проектуванні технологічних процесів і певних видів обладнання. Вони можуть включати

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрій для видалення забрудненого повітря, мережу повітряних проводів, окремий фільтр або апарат очистки повітря і витяжний вентилятор. За необхідності аспіраційні системи можуть бути додатково оснащені іншими пристроями для обробки повітря (п-д, дезодораторами).

За призначенням аспіраційні системи поділяються на індивідуальні, коли кожна із машин або робоче місце має окрему аспіраційну установку та центральні, коли одна аспіраційна установка обслуговує групу машин чи робочих місць.

За способом очистки вентиляційного повітря розрізняють аспіраційні системи сухої та мокрої очистки. При цьому використовуються різні методи: механічні (під дією інерційних сил), фільтрування (через ткани, листові, волокнисті пористі матеріали; пористу пластмасу, кераміку та металокераміку; шари з волокон, стружки, зернистих матеріалів та ін.), фізичні (під дією електростатичних сил, енергія акустичних коливань), хімічні (розчинення, поглинання) та ін.

Розрахунок аспіраційних систем виконують у такій послідовності:

а) за допомогою формул (1)...(3) визначають кількість забрудненого повітря, що необхідно видалити при вентиляції;

б) намічають місця витягнення повітря. Розподіляють кількість вентиляційного повітря по витяжним вентиляційним насадкам та проектують конструктивну схему вентиляції;

в) виконують розрахунок повітропроводів, який, у принципі, ідентичний розрахунку трубопроводів для води і здійснюється по тим же формулам (6)...(7) відомим з курсу гідравліки:

$$R = \lambda \rho v^2 / 2d \quad (6)$$

$$Z = \sum \zeta \rho v^2 / 2 \quad (7)$$

де R і Z – відповідно втрати тиску на тертя одним погонним метром трубопроводу та місцеві опори при підборі діаметрів трубопроводів, Па;

λ – коефіцієнт тертя;

ρ – густина рідини, кг/м³;

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

v – швидкість рідини, м/с;

d – діаметри трубопроводів, мм;

$\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів (у поворотах, трійниках, розширеннях і звуженнях тощо), значення яких наведені у довідниках.

Різниця полягає у тому, що відповідно міняються густина ρ , коефіцієнт тертя λ та коефіцієнт місцевого опору ζ . Швидкість повітря приймають 2...4 м/с на початкових ділянках та до 6...12 м/с на кінцевих (біля вентилятора).

При більших швидкостях може утворюватися шум.

г) визначають гідравлічний опір фільтра (апарата очистки) Δp за довідковими даними, знаходиться експериментально, як різниця тисків повітряного потоку на вході $p_{вх}$ та виході $p_{вих}$ з апарата або розраховується за формулою (7), де ρ і v відповідно густина та швидкість газу у розрахунковому перерізі апарата, а ξ коефіцієнт гідравлічного опору апарата.

В процесі експлуатації гідравлічний опір апарата збільшується, тому необхідно регламувати його початкове $\Delta p_{поч}$ та кінцеве значення $\Delta p_{кін}$, процес очистки треба зупинити апарат та провести регенерацію (очистку) апарата. Наприклад, для фільтрів $\Delta p_{кін} = (2...5) \Delta p_{поч}$.

д) розраховують загальні втрати у вентиляційній системі шляхом підсумовування втрат у повітроводах, очисному фільтрі (апараті) та іншому обладнанні яким може комплектуватися аспіраційна система;

е) по кількості вентиляційного повітря і загальній сумі втрат підбирають продуктивність (L_B) повний напір (H_B) вентиляційної установки. Для цього використовують таблиці або графіки приведені у спеціальній довідковій літературі.

Вентиляційна установка складається з вентилятора і електродвигуна, який встановлюють на одному валу з вентилятором чи на клинопасовій передачі. У разі необхідності установочну потужність електродвигуна (N_y , Вт) можна розрахувати за формулою:

$$N_y = k_3 * L_B * H_B / (0.001 * \eta_{в} * \eta_{пп}), \text{ де}$$

k_3 – коефіцієнт запасу потужності, приймається $k_3 = 1,1...1,5$;

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L_v – продуктивність вентилятора, м³/год;

H_v – повний напір, що створює вентилятор, Па;

η_v – ККД (коефіцієнт корисної дії) вентилятора, $\eta_v = 0,65 \dots 0,8$;

$\eta_{\text{пш}}$ – ККД пасової передачі, $\eta_{\text{пш}} = 0,92 \dots 0,95$.

Застосовують вентилятори двох типів: відцентрові та осьові. Перші створюють менше шуму і розвивають більші напори (тиск), другі – компактні, що дозволяє встановлювати їх у повітропроводі.

Існують конструкції високонапірних осьових вентиляторів. Крім того, послідовне встановлення двох осьових вентиляторів дозволяє розвивати досить великі напори.

Промисловість випускає також витяжні вентилятори з електродвигунами, закриті кожухом, які розташовують на даху виробничих будівель – “дахові вентилятори”.

В даному випадку необхідно розрахувати кратність повітрообміну у виробничому приміщенні об’ємом $V_{\text{п}} = 6 \times 4,5 \times 5$ м³, для видалення надлишкової вологи, якщо площа поверхні випаровування води $F = 45$ м², швидкість руху повітря над витоком випаровування $V = 0,1$ м/с, фактор гравітаційної рухливості навколишнього середовища приймаємо $\lambda = 0,028$, тиск водяної пари в повітрі навколишнього середовища $P_1 = 22,62$ ГПа, тиск водяної пари, насиченої повітрям приміщення, $P_2 = 42,56$ ГПа. Кількість водяної пари у повітрі видаленої з приміщення $d_{\text{вид}} = 17,25$ г/м³, кількість водяної пари у повітрі, яке поступає у приміщення $d_{\text{пс}} = 12,87$ г/м³.

Для видалення надлишкової вологи і забезпечення нормованих показників мікроклімату в приміщеннях продуктивність вентиляції (в м³/г) розраховується за формулою:

$$L = \frac{1000 \cdot W_{\text{над}}}{\gamma(d_{\text{вих}} - d_{\text{пс}})}$$

Кількість вологи, яка випаровується з поверхні F , розраховується за формулою:

$$W_{\text{над}} = F \cdot n(\lambda + 0,0174 \cdot V)(P_2 - P_1) \text{ кг/год}$$

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Кратність повітрообміну вираховується за формулою:

$$N = \frac{L}{V_n} \text{ год}^{-1}, \text{ обмін/год}$$

n - кількість одиниць обладнання з відкритою поверхнею випаровування ($n = 1$).

Переводимо ГПа (гекто Паскаль) в мм.рт.ст. 1 мм.рт.ст. = 133,322 Па, звідки
1 Па = $7,5024 \cdot 10^{-3}$ мм.рт.ст.

$$W_{над} = 45 \cdot 1(0,028 + 0,0174 \cdot 0,1)(42,56 - 22,62)0,75024 = 20 \text{ (кг/год)}$$

$$L = \frac{1000 \cdot 20}{1,2(17,25 - 12,87)} = 3805 \text{ м}^3/\text{год}$$

γ - густина повітря при даній температурі, за нормальних умов $\gamma = 1,2 \text{ м}^3/\text{год}$

Кратність повітрообміну:

$$N = \frac{3805}{1000} = 3,8 \text{ год}^{-1}, \text{ обмін/год}$$

Тоді продуктивність вентиляційної системи повинна забезпечувати $3805 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розрахунок освітлення

Вденний період доби штучне освітлення із люмінесцентними лампами застосовують для загального освітлення, так само освітлення відбувається в темний період доби. Розраховуємо штучне освітлення цеху.

Для освітлення застосовуємо люменісцентні лампи LB-40 з світловим потоком $F=2480$ лк. Мінімальне штучне освітлення для загального спостереження за виробничим процесом при постійному перебуванні людей в приміщенні, незалежно характеристик фону і контрастності об'єкта розрізнення із фоном та найменшим розмірами об'єкта розрізнення більше $0,5 \text{ мм} - 75$ лк.

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p \cdot (a + b)}$$

де, a – ширина приміщення, $a=6 \text{ м}$;

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b – довжина приміщення, $b=4,5$ м;

H_p – висота підвішування світильників над робочою поверхнею, $H_p=5$ м.

$$i = \frac{6 \cdot 4,5}{5 \cdot (6 + 4,5)} = 0,5$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=40\%$, при коефіцієнті відбиття стелі $r_{\text{стелі}}=50\%$ та коефіцієнті відбиття стін $r_{\text{стін}}=30\%$ і індексі приміщення $i=0,5$.

Знайдемо кількість ламп n , потрібна для забезпечення нормальної потужності:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot z}{\eta \cdot n}$$

де, F – світловий потік однієї лампи, лк;

E – мінімальна нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

K – коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп, запиленість та забрудненість світильників, $K=1,5$;

z – поправочний коефіцієнт, що характеризує нерівномірність освітлення, приймаємо $z=1,1$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку освітлювальної установки, %.

$$n = \frac{75 \cdot 27 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2480 \cdot 0,4} \approx 4 \text{ (шт)}$$

Знаходимо кількість світильників за формулою:

$$N = \frac{n}{n_c}$$

де, n_c – число ламп в одному світильнику, $n_c=2$;

$$N = \frac{4}{2} = 2 \text{ світильника}$$

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гігієнічна характеристика умов праці при виготовленні таблеток

Таблетки - тверда дозована лікарська форма, що являє собою спресовані порошки або їх суміші з вже готових лікарських препаратів.

За способом виготовлення таблетки діляться на пресовані і тритураційні. Найбільш поширеними є пресовані таблетки.

До складу таблетки, крім лікарської речовини, входять допоміжні компоненти, які залежно від призначення поділяються на:

- розріджувачі, які вводяться в таблетку з метою досягнення необхідної маси (крохмаль, молочний цукор, буряковий цукор, глюкоза, окис магнію, каолін, сорбіт та ін.);
- розпушувачі - з'єднання, що забезпечують механічне розпадання таблетки в шлунку або кишечнику. До них відносяться три групи речовин, що руйнують таблетку за рахунок або набухання (агар-агар, желатин тощо), або газоутворення (гідрокарбонат натрію з лимонною або виннокаменною кислотою), або поліпшують змочуваність (крохмаль, твіни, Спен та ін.);
- ковзаючі або змащувальні речовини, які вводяться в таблетку для її кращого ковзання (крохмаль, тальк, парафін, стеаринова кислота, силікат алюмінію і т. д.);
- зв'язуючі або склеюють речовини, використовувані для збільшення міцності гранул і таблеток (глюкоза, етил целюлоза, альгінова кислота та ін.)

Виготовлення таблеток включає три основні виробничі операції: змішання, гранулювання (зернованіє) і пресування (таблеткування).

Лікарські речовини, призначені для таблетування, доставляються на фармацевтичний завод і зберігаються на складі в стандартній упаковці. У міру необхідності вони надходять в таблетковий цех. Далі виробляється підготовка матеріалу, що полягає в підсушуванні, подрібненні, просеиванні лікарських і допоміжних компонентів. На цьому етапі працюють піддаються впливу пилу самих різних речовин, причому через органи дихання в організм може надходити пил одночасно декількох речовин.

Змішання інгредієнтів проводиться в змішувачах, де лікарські речовини відповідно до регламенту перемішуються, а потім в іншій ємності звожуються

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клейкою речовиною, що необхідно для подальшої грануляції.

Грануляція - перетворення порошкоподібного матеріалу в зерна певної величини. Вона виробляється для поліпшення сипучості таблетіруемой суміші та запобігання її розшаровування. Існують різні типи грануляції: помелом, продавливанием і структурна грануляція.

Грануляція здійснюється в спеціальних апаратах-грануляторах. Частіше використовується вологе гранулювання, після якого необхідно підсушування гранул.

Воно виробляється в сушильних шафах при температурі 30-40 ° С.

В даний час використовуються різні способи сушіння за допомогою інфрачервоних променів, струмів високої частоти і т. д.

Для забезпечення якісного пресування отриманий гранулят опудривають тальком, крохмалем, твіном та іншими ковзаючими речовинами в спеціальному апараті-опудривателе.

Далі виробляється пресування (таблеткування) в таблеткових машинах. Процес отримання таблеток складається з дозування матеріалу, пресування і виштовхування таблетки з матриці і скидання її в приймач. Основними деталями таблеткової машини є матриці (сталевий диск з циліндричними отворами для таблетки) і пуансони (стрижні з хромованою сталі для видавлювання пресованої маси в матрицю). Таблеткові машини працюють автоматично.

Тритуратійних таблетки на відміну від пресованих отримують шляхом втирання зволоженою лікарської маси в спеціальну форму з подальшим її виштовхуванням за допомогою поршнів-пуансонів і висушуванням при температурі близько 40 ° С. Ці операції проводяться на спеціальній машині. Таким способом виготовляються таблетки нітрогліцерину. Перспективний цей спосіб і для інших препаратів.

На всіх етапах роботи в таблетковому цеху працюють піддаються впливу пилу різних лікарських і допоміжних речовин. Це основна виробнича шкідливість таблеткового цеху. Найбільші концентрації пилу мають місце при змішуванні, грануляції, сушінні грануляту і опудрювання його. Характерним для

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таблеткового цеху є знаходження в повітрі змішаного пилу, що становить особливу небезпеку, так як окремі компоненти цього пилу можуть посилювати загальне біологічну дію змішаного аерозолю. У сушильному відділенні виділення пилу в повітря є найбільшим, чому сприяє висока температура. Висушена дрібнодисперсна пил довго перебуває в повітрі.

Інтенсивний шум від працюючих таблеткових машин і висока температура є також несприятливими виробничими чинниками середовища, в поєднанні з лікарською пилом це дія посилюється. Таким чином, в сушильному відділенні працюють відчувають комплексний вплив хімічного та фізичного факторів.

В цілях профілактики дії шкідливостей в таблетковому цеху необхідно проводити автоматизацію і механізацію основних і допоміжних процесів, обладнати раціональну місцеву механічну витяжну вентиляцію. Витяжка повинна бути влаштована у місьць найбільшого утворення пилу, насамперед у змішувачів, грануляторів, опудривателів, сушильних апаратів, таблеткових машин.

Необхідно приділяти велику увагу максимально повної герметизації устаткування. Процеси завантаження, вивантаження і транспортування сипучих речовин повинні бути механізовані. У сушильному, Пресовий, грануляційному та інших відділеннях, крім місцевої витяжної вентиляції, повинна бути обладнана загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція.

Для боротьби з шумом необхідно вдосконалювати роботу таблеткових машин, обладнати приміщення шумопоглинаючими панелями, розміщувати машинне відділення в найбільш віддаленій частині цеху в окремому приміщенні.

З метою попередження виробничого травматизму таблеткові машини повинні мати відповідні огороження, а працюючі - проходити регулярний інструктаж з техніки безпеки. Крім того, вони повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (спецодяг, захисні рукавички, протипилові респіратори типу "Лепесток", ШБ-1, "Астра" та ін.), лікувально-профілактичним харчуванням. Всі робітники повинні проходити при вступі на роботу попередні, а потім періодичні медичні огляди.

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цілях профілактики дії шкідливостей в таблетковому цеху необхідно проводити автоматизацію і механізацію основних і допоміжних процесів, обладнати раціональну місцеву механічну витяжну вентиляцію.

Витяжка повинна бути влаштована у місць найбільшого скупчення пилю, насамперед у змішувачів, грануляторів, сушильних апаратів, таблеткових машин.

Необхідно приділяти велику увагу максимально повної герметизації устаткування. Процеси завантаження вивантаження і транспортування сипучих речовин повинні бути механізовані. В сушильній Пресовий грануляційних та інших відділеннях крім місцевої витяжної вентиляції, повинна бути обладнана загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція. Для боротьби з шумом необхідно вдосконалювати роботу таблеткових машин, обладнати приміщення шумопоглинаючими панелями, розмішати машинне відділення в найбільш віддаленій частині цеху в окремому приміщенні.

З метою попередження виробничого травматизму таблеткові машини повинні мати відповідне огороження, а працюючі проходити регулярний інструктаж з техніки безпеки. Крім того вони повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (спецодяг, захисні рукавички, протипилові респіратори типу ЛЕПЕСТОК, ШБ-1, АСТРА та ін.), лікувально-профілактичним харчуванням. Всі працівники при вступі на роботу повинні проходити попередні а потім періодичні медичні огляди.

					Охорона праці і навколишнього середовища	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі "Дослідження процесу змішування з метою удосконалення конструкції змішувача-гранулятора Rotto F600" було досліджено процес вологої грануляції компонентів таблетувальної суміші, було проведено літературний огляд наукових праць, обладнання. Також проводилось дослідження конструкційних та режимних параметрів змішувача-гранулятора Rotto F600.

Застосування базової конфігурації подрібнювача(чоппера) має ряд недоліків, основний з яких це велика площа зон із уповільненим рухом матеріалу, який призводить до погіршення якості вихідного гранулянту.

Модернізована версія подрібнювача(чоппера) із зміненою формою лопатей має більшу площу контакту з матеріалом, при цьому значно зменшуючи площу застійних зон і тривалість проведення процесу.

Розміщення подрібнювача (чоппера) впливає на рівномірність розподілу концентрацій компонентів. Кращий процес із необхідною рівномірністю розподілу компонентів та відсутністю застійних зон забезпечує встановлення подрібнювача(чопера) вертикально на кришці обладнання.

Визначено потужність яка витрачається на перемішування $N_{\text{двиг.}}=28,4$ кВт
Вибираємо двигун потужністю 30 кВт.

Частоту обертання чоппера можна рекомендувати 2000 об/хв.

Виконані перевірочні розрахунки товщини стінок ємності для змішування
 $S=0,0028$ м

					<i>170528MP.10.00.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>				
Розробив	Будник Є.В.				Висновки		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив	Житнецький І.В.						<i>1</i>	<i>1</i>
Керівник	Житнецький І.В.					НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М		
Затвердив	Гавва О.М.							

Список використаної літератури

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. — М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. — 753 с.
2. В.Ю. СУХЕНКО, І.В. ЖИТНЕЦЬКИЙ, О.М. ПРОХОРОВ Технологічне обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв: Конспект лекцій з дисципліни «Технологічне обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв» для студ. спец. 7.090226 "Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості" напряму 0902 "Інженерна механіка" ден. форми навч. та дисципліни «Устаткування галузі» для студ. спец. 6.091600 "Біотехнологія" ден. та заоч. форм навчання Ч. 1. Виготовлення твердих лікарських форм. - К.: НУХТ, 2008 - 90 с.
3. Чуешов В.И. Каталог технологического оборудования химико-фармацевтической промышленности / Чуешов В.И., Сичкарь А.А., Гладух Е.В., Костюк Г.В. и др. — Винница: Нова Книга, 2010. — 272 с.
4. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв: навч. посібник для студ. вищ. навч. заклад. / [М.В. Стасевич, А.О. Милянч, І.О. Гузьова та ін.]; за ред. В.П. Новікова. — Вінниця: Нова Книга, 2012. — 408 с.
5. Мнушко, З.Н. Практические аспекты потребительского выбора лекарственных средств / З.Н. Мнушко, И.А. Трекова // Провизор. – 2000. – №11.– С. 28–30.
6. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості. Навч. посібник для фарм і хім спец. ВНЗ: Рекомендовано МОН — Сидоров Ю.І., Чуешов В.І., Новіков В.П. — Винница: Нова Книга, 2019. — 816 с.

					<i>170528MP.10.00.ПЗ</i>			
	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>				
Розробив	Будник Є.В.				Список використаної літератури		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив	Житнецький І.В.			<i>1</i>			<i>3</i>	
Керівник	Житнецький І.В.							
Затвердив	Гавва О.М.			НУХТ каф. МАХФВ ОФ-2-6М				

7. Основны проектирования производств в химико-фармацевтической и биотехнологической промышленности: Учеб. для студентов вузов /В.И.Чуешов, Л.А.Мандрыка, А.А.Сичкаръ и др. – Х.: Изд-во НФАУ: Золотые стр.; 2004, - 460 с.

8. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. — Львів: «Інтелект-Захід», 2008. — 736 с.

9. Нормативні акти з організації роботи аптечних та хіміко-фармацевтичних підприємств [Текст] / Львів. держ. мед. ун-т ім. Д. Галицького; Укладачі: Т.А. Грошовий та ін.; Під ред. Б.С. Зіменковського. Кн. 3 : Реалізація та контроль якості лікарських засобів в Україні, 2003. - 441 с.

10. К вопросу о структурно-механических свойствах твердых дисперсий / А.В. Пантюхин, Э.Ф. Степанова, А.Ю. Петров и др. // Научные ведомости БелГУ. Сер. Медицина. Фармация. - 2011. - №10(105), вып.14.-С. 254-259.

11. Державні будівельні норми і правила. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН.2.5 – 67:2013 К.: Мінрегіон України, 2013. – 149 с.

12. Державні будівельні норми і правила. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. К.: Мінбуд України, 2006. – 96 с.

13. Техника и технология отрасли: Учебное пособие к лабораторным занятиям для студентов вузов / Сост.: Н.Л.Хохлова и др. – Х.: Изд-во НФАУ : Золотые стр., 2002. – 135 с.

14. Чмихало Н.В., Венгер С.Н. Анализ факторов, влияющих на сбыт лекарственных препаратов / Н.В. Чмихало, С.Н. Венгер // Провизор. – 2000. – № 17. – С.30 – 31.

15. Практическое руководство к лабораторным занятиям по теме «Промышленное производство твердых лекарственных форм» / Гладух Е.В., Ляпунова О.А., Сайко И.В. и др.; Под ред. акад. В.И. Чуешова. – Харьков: УкрФА, 1999. – 109с.

16. ГОСТ 12.1.004-88 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

					Список використаної літератури	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. ГОСТ 12.1.005-88 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. Введ. 01.01.89.

18. Громовик, Б.П. Роль и место фармакоэкономического анализа в логистических технологиях учреждений здравоохранения / Б.П. Громовик // Провизор. 2000. — №11. — С.19—21.

19. Державна Фармакопея України / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». — 2-е вид. — Доповнення 2. — Харків: Державне підприємство «Український науковий

20. Жуковіна, О.В. Методичні рекомендації до виконання розділу дипломного проекту "Охорона праці та навколишнього середовища" / О.В. Жуковіна. — Х.: Вид-во Національного фармацевтичного університету, 2004 р. — 56с.

					Список використаної літератури	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки