

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

В. о. Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Андрій СТЕПАНЮК

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Комп'ютерно-інтегровані технології проектування
обладнання хімічної інженерії

на тему: Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації
установки виробництва хлорида калію

Виконав студент 6 курсу, групи ЛН-01мп

Керівник дисертації

Антон КАЛИНОВСЬКИЙ

к. т. н., доц. Сергій ГУЛІЄНКО

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та
ініціали)

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд., техн. наук, доц. Андрій КОВТУН

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд., економ. наук, доц. Наталія ЮДІНА

(підпис)

технологічне виготовлення деталі

ст. викл. Андрій ЛЮБЕКА

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд., техн. наук, доц. Артем САЗОНОВ

(підпис)

Рецензент:

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____ Антон КАЛИНОВСЬКИЙ

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

**Спеціалізація: Комп’ютерно-інтегровані технології проектування
обладнання хімічної інженерії**

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. Завідувач кафедру МАХНВ

_____ **Андрій СТЕПАНЮК**

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Калиновському Антону Сергійовичу

1. Тема магістерської дисертації: Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації установки виробництва хлорида калію керівник магістерської дисертації Сергій ГУЛІЄНКО. кандидат технічних наук, доцент

затверджена наказом по університету від “ ____ ” _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту: 6 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: Мішалка для приготування суспензії сильвініту, максимальний діаметр частинок 2 мм, діаметр апарата 2.2 м, температура 20 °С, концентрація твердої фази 0.17, тип мішалки – лопатева. Барабанна сушарка для сушки хлориду калію, продуктивність 6 кг/с, початкова вологість 8%, кінцева – 1%, напруженість барабана за вологою 40 кг/(м³/год).

4. Зміст пояснювальної записки:

- а) основна частина: розглянути існуючі конструкції барабанних сушарок та мішалок, схем виробництва хлориду калію, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення барабанної сушарки, мішалки, корпусів мішалки та сушарки;
- б) виконати техніко-економічні розрахунки які доказують доцільність проведення робіт з модернізації мішалки;
- в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією барабанної сушарки та мішалки, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;
- г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування барабанної сушарки; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;
- д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення осі опорної станції сушарки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема виробництва – А1, схема автоматичного керування – А1, кондуктор скальчатий для свердління отворів –А1, вісь – А3, складальні креслення: барабанна сушарка – А1, корпус – А1, апарат з перемішуючим пристроєм – А0, корпус – А1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Андрій КОВТУН		
Розробка стартап-проекту	Наталія ЮДІНА		
Технологія виготовлення осі опорної станції	Андрій ЛЮБЕКА		
Автоматичний контроль і керування процесом	Андрій САЗОНОВ		

7. Дата видачі завдання 6 вересня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Терміни виконання	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності магістерської дисертації.	10.04.21	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	12.09.21	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції апаратів. Технічна характеристика установки, апаратів. Добір матеріалів.	16.09.21	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апаратів.	21.09.21	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів	27.09.21	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	06.10.21	
7	Уточнення графічної частини та специфікацій	15.10.21	
8	Розробка стартап-проекту	20.10.21	
9	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	30.10.21	

1	2	3	4
10	Розробка технології виготовлення осі опорної станції	05.11.21	
11	Розробка автоматичного контролю і керування процесом	14.11.21	
12	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності дисертації діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	23.10.21	
13	Попередній захист дисертації	10.12.21	
14	Корегування дисертації за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	18.12.21	

Студент

_____Антон КАЛИНОВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник магістерської дисертації

_____Сергій ГУЛІЄНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 66.063.8

Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації установки виробництва хлорида калію: Магістерська дисертація ОКР «Магістр» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник – Сергій ГУЛІЄНКО. – К., 2021. - 167 с. Виконавець. – Антон КАЛИНОВСЬКИЙ. – Бібліогр.: 118 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 34 найменувань та 6 додатків. Загальний обсяг роботи становить 118 с. основного тексту, 31 рисунків, 29 таблиць і 6 додатків.

Метою роботи є модернізація установки виробництва хлориду калію. Проект містить опис процесу виробництва хлориду калію, конструкції лопатевої мішалки, барабанної сушарки, опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Графічна частина проекту включає одне складальне креслення мішалки формату А0, шість креслень формату А1, що містять: технологічну схему установки виробництва хлориду калію, складальні креслення сушарки, корпусу сушарки, корпусу мішалки, схему автоматизації, складальне креслення кондуктора, два плакати формату А1, креслення осі формату А3.

Здійснено патентний пошук та порівняння вибраної конструкції з аналогами. За цими даними вибрано вдосконалення апарата.

КАЛІЙНІ СОЛІ, ХЛОРИД КАЛІЮ, ЗМІШУВАННЯ, МІШАЛКА, ЛОПАТЬ, БАРАБАННА СУШАРКА, СУШІННЯ.

РЕФЕРАТ

УДК 66.063.8

Разработка барабанной сушилки и смесителя для модернизации установки производства хлористого калия: Магистерская диссертация ОКР «Магистр» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель – Сергей ГУЛИЕНКО. – К., 2021. – 167 с. Исполнитель. – Антон КАЛИНОВСКИЙ. – Библиогр.: 118 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, выводов, перечня ссылок из 34 наименований и 6 приложений. Общий размер работы составляет 118 с. основного текста, 31 рисунков, 29 таблиц и 6 приложений.

Целью работы является модернизация установки производства хлорида калия. Проект содержит описание процесса производства хлорида калия, конструкции лопастной мешалки, барабанной сушилки, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработка стартап-проекта.

Графическая часть проекта включает один сборочный чертеж мешалки формата А0, шесть чертежей формата А1, содержащие: технологическую схему установки производства хлорида калия, сборочные чертежи сушилки, корпуса сушилки, корпуса мешалки, схему автоматизации, сборочный чертеж кондуктора, два плаката формата А1, чертеж оси формата А3.

Произведен патентный поиск и сравнение выбранной конструкции с аналогами. По этим данным выбрано усовершенствование аппарата.

КАЛИЙНЫЕ СОЛИ, ХЛОРИД КАЛИЯ, СМЕШИВАНИЕ, МЕШАЛКА, ЛОПАТЬ, БАРАБАННАЯ СУШАРКА, СУШЕНИЕ.

ABSTRACT

UDC 66.063.8

The Master's thesis on the theme: " Development of mixing device and drum dryer for modernization of potassium chloride production plant": / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor – Sergii HULIENKO. – K., 2021.- 167 p. Developer. – Anton KALYNOVSKYI. – Bibliography: 118 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, conclusions, a list of references from 34 titles and 6 annexes. The total amount of work is 118 p. main text, 31 figures, 29 tables and 6 annexes

The aim of the work is the modernization of the potassium chloride production plant. The project contains a description of the potassium chloride production, the design of the paddle stirrer, the drum dryer, description, purpose and application of the equipment, specifications, description and justification of selected constructions, calculations confirming designs, recommendations for the installation and operation of the apparatus, and also the level of standardization and unification, the development of a startup project.

The graphic part of the project includes one assembly drawing of the stirrer in A0 format, six drawings in A1 format: production scheme of the potassium chloride, assembly drawings of the dryer, dryer body, mixer body, automation scheme, assembly drawing of the conductor, two A1 format posters, A3 format axis drawing .

A patent search and comparison of the selected design with analogs was carried out. Based on these data, the improvement of the apparatus was selected.

POTASSIUM SALTS, POTASSIUM CHLORIDE, MIXING, MIXER, IMPELLER, DRUM DRYER, DRYING.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр”

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Комп’ютерно-інтегровані технології проектування
обладнання хімічної інженерії

**на тему: Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації
установки виробництва хлорида калію**

Київ – 2021

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	13
Вступ.....	14
1 Призначення та область використання установки	15
1.1 Опис технологічного процесу.....	15
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі	18
2 Технічні характеристики основних апаратів установки	19
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	20
3.1 Конструкція та принцип дії апаратів, основних складальних одиниць і деталей.....	20
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами	22
3.3 Вибір матеріалів	25
3.4 Патентне дослідження	26
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій	35
4.1 Розрахунок барабанної сушарки.....	35
4.2 Розрахунок мішалки.....	59
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	71
5.1 Мікроклімат	71
5.2 Виробничий шум.....	72
5.3 Електробезпека	73
5.4 Пожежевибухонебезпека при надзвичайних ситуаціях	74
5.5 Схема евакуації з приміщення	79
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів.....	81
7 Рівень стандартизації і уніфікації.....	86
8. Розробка стартап-проекту	87

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ док.						
Разроб.	Калиновський				Розробка барабанної сушарки та змішувача для модернізації установки виробництва хлориду калію	Літ.	Лист	Листів
Перев.	Гулієнко						11	167
Н.Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Затв.								

8.1 Опис ідеї проекту	87
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту	88
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	89
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	101
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	103
8.6 Висновки	106
Висновки	107
Выводы	109
Conclusions	111
Перелік посилань	113
Додаток А Технологія виготовлення осі опорної станції сушарки	118
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	132
Додаток В Документація про патентне дослідження	137
Додаток Г Комп'ютерний розрахунок	148
Додаток Д Патенти, що використовувались в патентному дослідженні	152
Додаток Е Публікації автора	168

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

V_p – робочий об'єм, м^3 ;

ρ – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

H, h – висота, м ;

C – прибавка до розрахункової товщини, м ;

D, d – діаметри, м ;

m – маса, кг ;

N – потужність, Вт ;

n – частота обертання, с^{-1} ;

F – площа, м^2 ;

G – продуктивність, $\text{кг}/\text{с}$;

Q – теплове навантаження, Вт ;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

λ – теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Калій хлористий на сьогоднішній день застосовується в різних сферах. У сільському господарстві хлорид калію є дуже поширеним добривом. Широке застосування речовини можливо на будь-яких ґрунтах, і дуже ефективно для коренеплідних і плодових культур. У медицині калій має велике значення для людини в регулюванні серцевого ритму та інших функцій організму. Фармакологічна дія хлориду калію досить широко застосовується для виробництва великої кількості препаратів.

Саме тому, актуальною задачею буде розробка ефективної схеми виробництва хлористого калію.

Метою проекту є модернізація виробництва хлористого калію з розробкою барабанної сушарки та лопатевої мішалки.

Визначено призначення та область використання апаратів, описано технологічний процес виробництва хлористого калію, типи апаратів та їх місце в технологічній схемі, технічні характеристики апаратів, їх конструкції і принцип дії, основні складальні одиниці та деталі і описані конструкції основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.

Розглянуто існуючі конструкції барабанних сушарок та мішалок, обґрунтовано вибір конструкцій, проаналізовано обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами та здійснено проектні та перевірочні розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій апаратів, виконано складальне креслення барабанної сушарки та мішалки.

Завдання на проектування видано у вересні 2021 р.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання установки

1.1 Опис технологічного процесу

Схема виробництва хлористого калію з сильвініту [1] зображена на рисунку 1.1.

Подрібнений сильвініт транспортують в бункер на склад сирих солей, звідки за допомогою лоткового живильника, що хитається переміщують на конвеєрний транспортер з вагами і направляють в мішалку для рівномірного розподілення в рідкій фазі та в шнекові розчинники довжиною 20,6 м, діаметром 2,62 м, число обертів шнекової спіралі 6 в хвилину. Сильвініт послідовно транспортується через два шнекових розчинника, причому перший працює за принципом паралельної течії, а другий - протитечії. Передача сильвініту з першого в другий апарат і видалення відвалу з цього апарату здійснюються похилими транспортерами з дірчастими ковшами, з яких луг зливається назад в розчинники. Для компенсації теплових втрат в розчинники вводиться гострий пар. Гарячий маточний луг після вакуум-кристалізації, нагрітий до 105-120 °С, потрапляє в другий розчинник, рухається протитечійно руді і впливає в вигляді «середнього» лугу з густиною 1,220-1,236 г/см³, який надходить в перший розчинник, де рухається в одному напрямку з сильвінітом. Гарячий (97-107 °) концентрований луг, що впливає з першого розчинника містить 245-265 г/л КС1. Для остаточного вилучення КС1 відвал з другого розчинника елеватором передають в третій, більш короткий розчинник шнекового типу (завдовжки 11 л), куди направляють промивні води і фільтрати, отримані при обробці відвалу і шламу на план-фільтрі і при протитечійному промиванні. Рух відвалу і лугу в третьому розчиннику відбувається також протитечією. Крім додаткового вилучення КС1, в третьому розчиннику забезпечується рекуперація тепла відвалу, що передає частково своє тепло лугу; цей луг приєднують до розчинюючого лугу, а відвал елеватором передають на фільтрування. Відвал після промивання

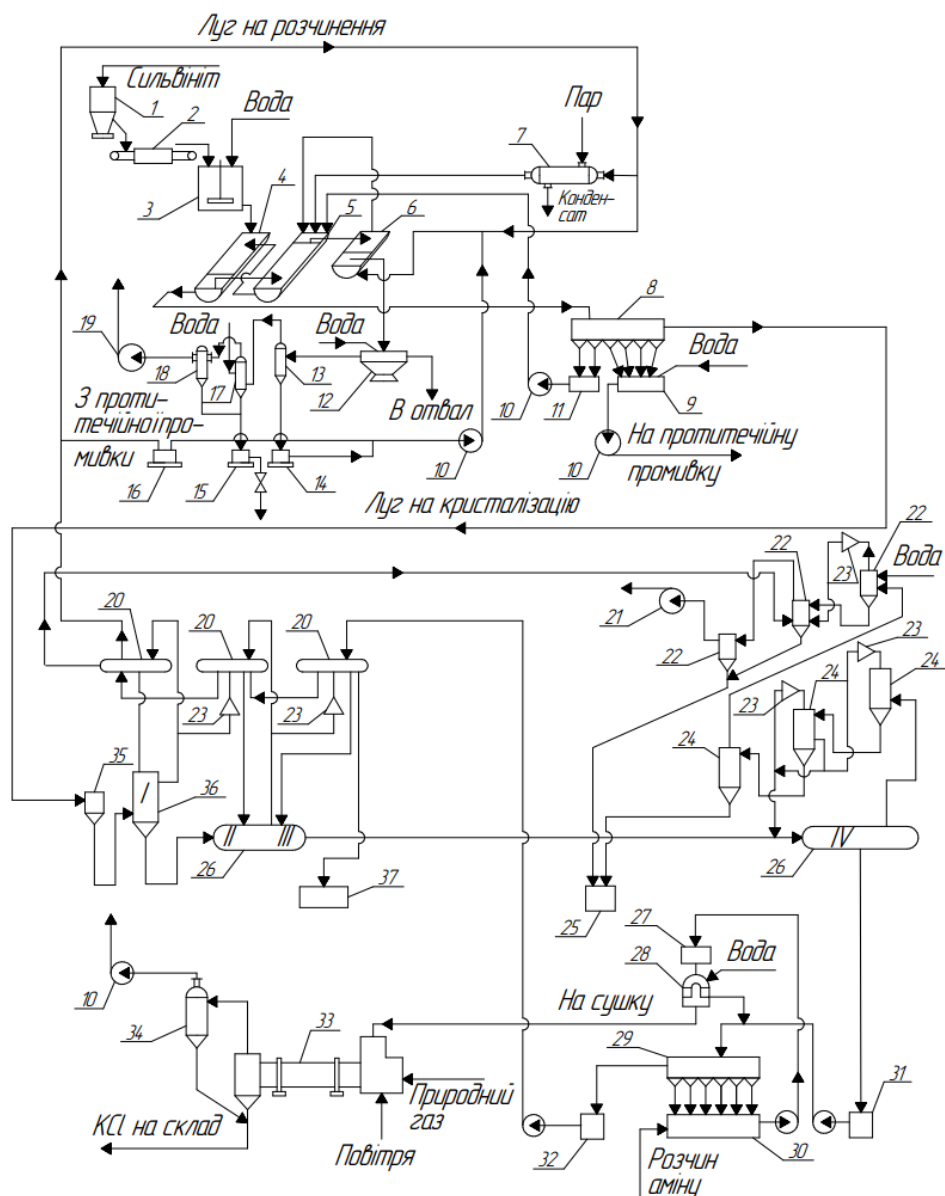
					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гарячою водою на елеваторі містить ~ 15% маточного розчину. Для зменшення втрат хлористого калію його промивають гарячою водою на план-фільтрі - фільтрі безперервної дії з горизонтальною поверхнею фільтрації; в відвалі після фільтрації міститься 4,5-6% H₂O і близько 2,5% KCl. Осад скидається з план-фільтра на скребковий транспортер і видаляється з цеху.

При освітленні лугу в відстійнику 8 відбувається деяка класифікація шламу: в перших конусах осідає головним чином сольовий шлам, який повертають в перший розчинник або піддають фільтрації на барабанних вакуум-фільтрах, а в останніх - мулистий шлам. Співвідношення рідини і твердої фази (Р: Т) в вивантажується сольовому шламі не повинно перевищувати 0,8-1. Мулистий шлам з останніх конусів відстійника при Р: Т, що дорівнює 2-2,5, передають на протитечіну промивку, що складається з батареї згущувачів Дорра.

Луг, що випливає з відстійника та має температуру 87-98 °С, охолоджується до 17-27 °С в багатокорпусній вакуум-кристалізаційній установці. Вакуум створюється за рахунок відсмоктування суміші повітря з парою, що утворюється при самовипарюванні розчину системою парових ежекторів, встановлених на конденсаторах. З збірного бака пульпу хлористого калію перекачують в шестіконусний відстійник 29 такої ж конструкції, як відстійник 8 для освітлення гарячого лугу. Освітлений холодний маточний луг направляють на підігрів в поверхневих конденсаторах 20, а згущену пульпу хлористого калію - в горизонтальну мішалку, звідки її перекачують шламовими насосами у витратні мішалки над автоматичними центрифугами напівнепреривної дії 28. Сирий хлористий калій по стрічковому транспортеру направляють на сушку, яку виробляють в барабанних обертових сушарках. Дрібний хлористий калій, що захоплюється димовими газами, відокремлюють в циклонах і приєднують до загального потоку готової продукції, що спрямовується на склад. Величина напруженості за вологою при сушінні дорівнює 35-45 кг / (м³·год), кінцева вологість хлористого калію не вище 1%.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1 – бункер; 2 – стрічковий транспортер з вагами; 3, 27, 30 – мішалки;
 4 – перший шнековий розчинник; 5 – другий шнековий розчинник;
 6 – другий шнековий розчинник; 7 – трубчатий підігрівач;
 8 – відстійник-згущувач; 9 – мішалка для шламу; 10 – насоси;
 11 – збірник шламу; 12 – планфільтр; 13 – вакуум-котел; 14, 16 – баки
 для промивної води; 15, 25, 37 – барометричні бак; 17 – барометричний
 конденсатор змішування; 18 – брызковловлювач; 19, 21 – вакуум-насоси; 20 –
 поверхневі конденсатори; 22 – додаткові конденсатори; 23 – пароструминні
 ежектори; 24 – конденсатори змішування; 26 – горизонтальні вакуум
 корпуса; 28 – центрифуга; 29 – згущувач; 31 – бак хлоркалієвої пульпи;
 32 – бак маточного лугу; 33 – сушарка; 34 – циклон; 35 – бак;
 36 – вертикальний вакуум-корпус.

Рисунок 1.1 – Схема виробництва хлористого калію з сильвініту

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мр.066613.001 ПЗ

Арк.

17

1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

Барабанна сушарка

Барабанна сушарка призначена для сушіння вологого хлориду від початкової вологості 8 % до кінцевого вмісту води 1%.

У виробництві термолабільних речовин використовують конвективні методи сушіння, що реалізують у сушарках барабанного типу, що широко використовуються при сушінні сипучих матеріалів [2]. При нагріванні матеріалу над ним утворюється пара, яка видаляється потоком гарячого сухого газу. Рідина випаровується з поверхні матеріалу.

Вірний вибір типу сушарки в значній мірі визначає якість продукту, що отримується в процесі сушіння, витрати часу, технічний рівень та економіку виробництва. В такій сушарці матеріал створює начебто спіральний рух, що забезпечує одночасне і рівномірне прогрівання, що призводить до зменшення часу перебування в сушарці і зменшення енерговитрат.

Мішалка

Мішалка призначена для попередньої підготовки сировини, тобто розподілення силвініту в рідині.

Лопатеві мішалки відрізняються простою конструкцією і низькою вартістю виготовлення. Мішалки лопаткові забезпечують цілком задовільний перемішування рідин з помірною в'язкістю.

Найбільш прості по пристрою перемішують пристрої, що мають імпеллер з плоскими лопатями з листового, смугового або кутового прокату сталі, встановленими перпендикулярно або похило до напрямку їх руху.

Лопатеві мішалки працюють в перехідному режимі, коли число Рейнольдса знаходиться в діапазоні від 100 до 1000. Кут нахилу лопатей вибирається від 45 до 90 °. Застосовувати кут менше 45 ° не рекомендується, так як ефективність мішалки різко знижується [3].

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічні характеристики основних апаратів установки

Технічні дані сушарки наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1-Технічна характеристика сушарки

Параметри, розміри	Розмірність	Значення
Температура теплоносія на вході в завантажувальну камеру	К	493
Температура теплоносія на виході з барабана	К	423
Продуктивність	кг/с	6
Вологість сирого продукту	%	8
Вологість сухого продукту	%	1
Діаметр барабана	м	2
Довжина барабана	м	8
Теплоносії		Димові гази

Технічні дані мішалки наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2-Технічна характеристика мішалки

Параметри, розміри	Розмірність	Значення
Температура робочого середовища	К	298
Діаметр апарата	м	2,2
Висота заповнення апарата середовищем	м	1,45
Діаметр мішалки	м	0,56
Маса апарата	кг	2030
Товщина стінок апарата	м	0,018
Товщина стінок кришки	м	0,01

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

19

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція та принцип дії апаратів, основних складальних одиниць і деталей

Барабанна сушарка

Конструкція барабанної сушарки представлена на рисунку 3.1.

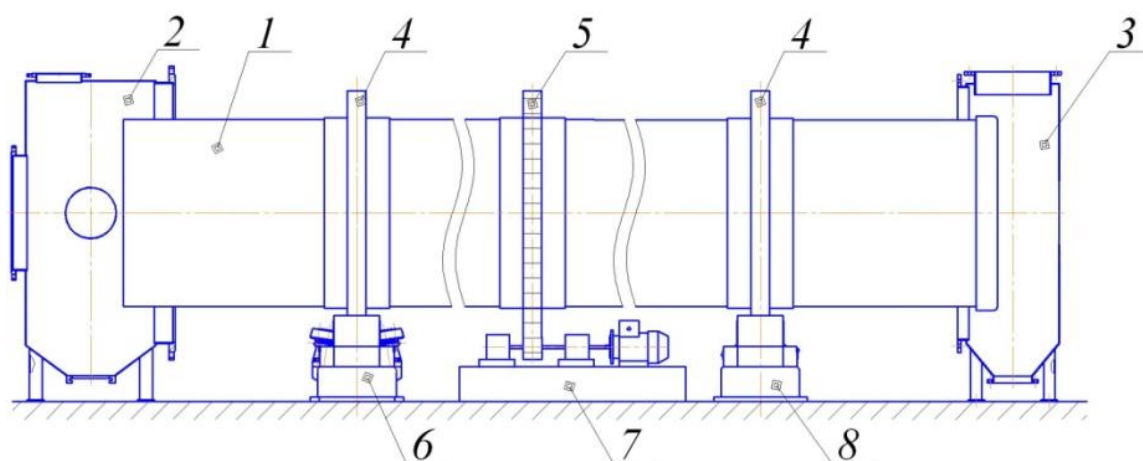


Рисунок 3.1 – Схема барабанної сушарки

1 – барабан; 2 – завантажувальна камера; 3 – розвантажувальна камера; 4 – бандаж; 5 – вінцева шестерня; 6 – опорно-упорна станція; 7 – приводна станція; 8 – опорна станція;

Барабанна сушарка складається з барабану 1, який обертається за допомогою руху вінцевої шестерні 5, що зв'язана з шестернею, яка знаходиться на валу редуктора, що входить до складу станції приводу 7. Вісь барабана знаходиться під невеликим кутом до горизонту. Тиск, що спричиняють усі маси, які обертаються, передається за допомогою бандажів 4 на ролики опорно-упорної 6 і опорної станції 8. Опорні ролики виконують роль опор, упорні – для запобігання переміщення похилого барабана вздовж осі. Бандаж 4 – це кільце прямокутне в перерізі, яке надягається на башмаки,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

20

що встановлені по колу барабана. На барабані з обох боків встановлені завантажувальна 2 і розвантажувальна 3 камери.

Насадка вибирається в залежності від оброблюваного матеріалу. Для великих часток і матеріалу, схильного до налипання, застосовується лопатева система насадки, для сипучих матеріалів – розподільну, для пилеутворюючих матеріалів – перевалочну з застосуванням закритих осередків. Барабан заповнюється матеріалом звичайно до рівню 20 %. Коефіцієнт заповнення барабана, або відношення площі перетину барабана, що заповнений матеріалом, до площі поперечного перерізу барабана, становить $\beta = 0,050 - 0,235$ і приймається в залежності від типу насадки і властивостей матеріалу, що висушується [4].

Мішалка

Традиційний вид апаратів з пристроями - вертикальна циліндрична посудина, вісь симетрії якої збігається з віссю обертання мішалки (рис. 3.2).

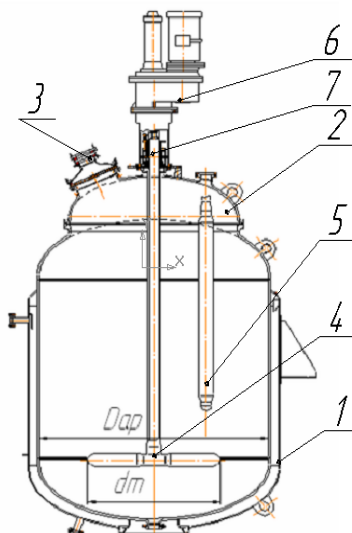


Рисунок 3.2 -Апарат з перемішуючим пристроєм

Перемішуючий пристрій 9 приводиться в обертання за допомогою електродвигуна із знижуючим частоту обертання валу редуктором (мотором-

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

редуктором) 6, встановленого на кришці апарату за допомогою стійки . Ущільнення вала 7 здійснюється за допомогою сальникових, манжетних або торцевих ущільнень, а також гідрозатворів . Для підведення або відведення теплоти корпус апарату 1 забезпечується сорочкою , для збільшення теплообмінної поверхні всередині апарату можуть бути розміщені також змійовики. Апарат встановлюється на лапах . На внутрішній поверхні корпусу можуть бути встановлені відбивні перегородки, які знижують окружну швидкість перемішуємо рідини (зменшується глибина воронки на поверхні), одночасно істотно підвищуючи споживану потужність при тій же частоті обертання і, отже, інтенсивність процесів переносу в рідини [3].

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

Сушарка

У проекті розробляється конструкція барабанної сушарки для сушіння хлористого калію.

Проектована конструкція містить горизонтальний сушильний барабан 1, що обертається за допомогою привода 7, розвантажувальну 3 та завантажувальну 2 камери, штуцери для входу та виходу теплоносія.

Матеріал, що висушується, подається через живильник, що знаходиться у завантажувальній камері 8. Лопатки піднімають і скидають матеріал при обертанні барабана.

Продукт, що висушується, пересувається до розвантажувальної камери 3 і при цьому продувається сушильним агентом.

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами зображено в таблиці 3.1.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників конструкції

з аналогами

Технічна характеристика	Барабанна сушарка	Розпилювальна сушарка	Стрічкова сушарка
Продуктивність сушарки по випареній волозі, кг/с	0.457 (3)	0.457 (3)	0.457 (3)
Вологість матеріалу, % Початкова Кінцева	7-10 (1) 1-2 (2)	60 (2) 7 (2)	31.4 (1) 6 (2)
Температура теплоносія перед сушільною камерою, К	493 (3)	443 (2)	423 (2)
Конструктивні розміри, м	D=2 (3) L=8 (3)	D=2.5 (1) L=4.67 (1)	Короб 6.1x3.5x12.2 (1)
Сума балів	15	11	9

Висновок: Враховуючи, що при однаковій продуктивності сушарок, для розробленої конструкції можна використовувати більш високу температуру теплоносія, а також габаритні розміри при цьому менші, то доцільніше використовувати барабанну сушарку.

Мішалка

В даній магістерській дисертації розробляється конструкція мішалки.

Метою огляду є визначення актуальності апаратів, що розроблюються, на сьогоднішньому етапі розвитку науки, актуальність розроблюваних апаратів на світовому рівні і на рівні України.

Розглянуто три види апаратів: лопатеву, рамну та турбінну мішалки. Для перемішування було обрано рамну мішалку з покращеною конструкцією.

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами описані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Лопатева	Рамна	Пропелерна
Маса, кг (бали)	22(4)	170(1)	27(3)
Вартість, грн(бали)	17500(4)	19000(2)	18000(3)
Витрату потужність, кВт(бали)	2(3)	2(3)	2(3)
Частота обертів, об/с (бали)	3(3)	0,85(2)	3(3)
Діаметр перемішуючого пристрою, м (бали)	0,56(3)	1,8(2)	0,56(3)
Сума балів	15	13	9

Висновки: Враховуючи, що апарат з рамною мішалкою, який проектується має більше балів порівнянно з іншими то доцільніше використовувати вибраний апарат.

3.3 Вибір матеріалів

У хімічній промисловості і промисловості будівельних матеріалів умови роботи апаратів пов'язані з широким діапазоном температур і тисків при агресивному впливі оброблюваного середовища.

У хімічній промисловості та промисловості будівельних матеріалів, як конструкційні матеріали для виготовлення апаратів найчастіше використовують чорні метали та сплави (сталі та чавуни), також використовуються кольорові метали та сплави, можливе використання неметалічних матеріалів[5, 6].

Матеріали основних деталей барабанної сушарки занесені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Матеріали основних деталей барабанної сушарки[6]

Деталь	Матеріал
Корпус і цеп	Сталь 12X17
Бандажі	Сталь 45Л–І
Ролики опорні, упорні.	Сталь 45
Зубчастий вінець	СЧ21–40

Корпус барабана виготовлено зі сталі (Сталь 12X17 згідно [6]). Сталі застосовують найбільше, тому, що вони краще ніж інші матеріали задовольняють заданим вимогам. За характеристиками сталі марки 12X17 повинні відповідати вимогам[6].

Сталь вуглецева звичайної якості, що застосовується при виготовленні обичайок, днищ, корпусів, люків фланців, патрубків та інших деталей, що працюють в інтервалі температур від мінус 20 до 425 °C та тиску до 5 МПа [5].

Вибір матеріалу для бандажів барабана.

Бандажі барабана виконані зі Сталі 45Л–І [6]. Це якісна вуглецева конструкційна сталь. Використовуються для виготовлення корпусів, днищ,

трубних пучків, змійовиків та інших елементів апаратів, що працюють в інтервалі температур від мінус 20 до 475 °С при тиску до 10 МПа з неагресивними й мало агресивними середовищами [6].

Зі Сталі 45Л виконують виливки, що поділяються на три групи (І–ІІІ) згідно з [6]. Сталеві виливки використовуються в термообробленому стані з перевіркою механічних властивостей після обробки. Вміст у матеріалі сірки й фосфору не більше 0,05 %

3.4 Патентне дослідження

Барабанна сушарка

Було проведене патентне дослідження по предмету: барабанна сушарка. Нижче наведено ряд конструкцій, які були відібрані. Метою пошуку є перевірка патентної чистоти апарата та актуальність розробки.

Барабанна сушарка [7] (схема зображена на рисунку 3.3)

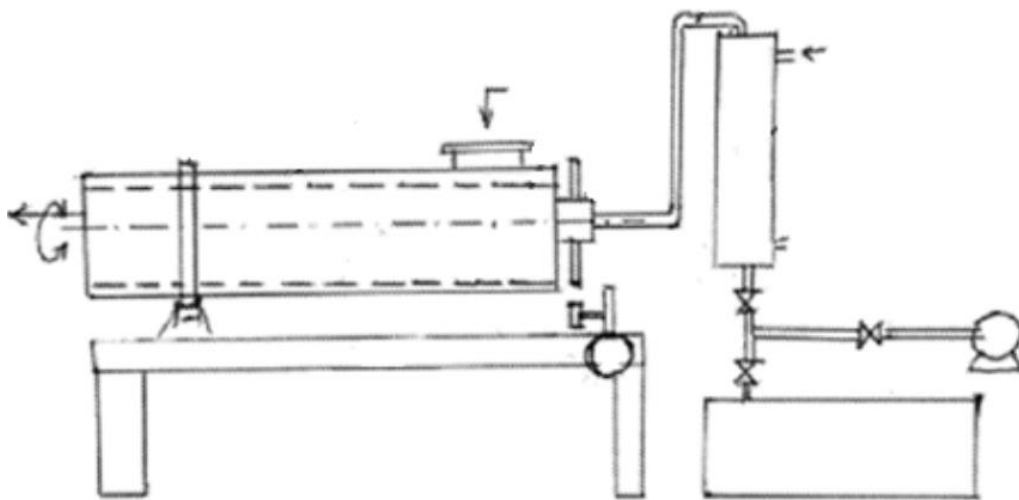


Рисунок 3.3 – Схема барабанної сушарки

Сушарка відрізняється безпечною та екологічною роботою, без забруднення повітря. Основною особливістю сушильної машини на є загальна базова рама, на якій розташовані радіальні та осьові ролики. Суть технічного рішення полягає в тому, що барабан сушарки має подвійну стінку корпусу, при

цьому простір між стінками забезпечується входом і виходом теплоносія, особливо пари. Таким чином вирішується проблема потрапляння пари з димових газів у висушений матеріал та забруднення повітря.

Переваги: чистота висушеного матеріалу, зменшення шкідливих викидів.

Недоліки: зменшена ефективність сушіння, підвищені витрати енергії.

Барабанна сушарка [8], схема якої наведена на рисунку 3.4 забезпечена скребковими канавками на поверхні зовнішнього циліндра та внутрішнього циліндра відповідно, так, що другий шатун може рухатись у двох пазах скребка. Під дією обертання внутрішнього корпусу циліндра скребкова пластина досягає ефекту безперервного протирання та зішкрібання внутрішнього корпусу циліндра, уникаючи прилипання матеріалів до внутрішньої стінки циліндра та покращуючи роботу сушарки.

Переваги: підвищена ефективність, очистка стінок.

Недоліки: додаткові витрати енергії на тертя, зменшена зносостійкість, ускладнення конструкції.

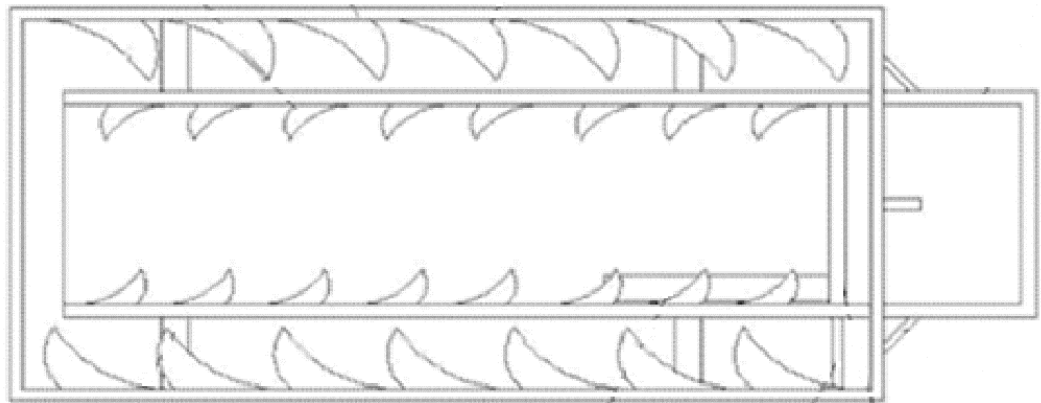


Рисунок 3.4 – Схема барабанної сушарки

Сушарка [9] (рисунок 3.5) містить барабан, що приводиться в обертання, що знаходиться під кутом нахилу до горизонту α , з ситом у вигляді перфорованої обичайки, де розмір перфорацій менше характерного розміру

часток використовуваного для сушіння продукту, на кінцях якого знаходяться підвідний і відвідний патрубки для теплоносія, причому обичайка виконана в конічній формі і встановлена в зоні завантаження вологого матеріалу.

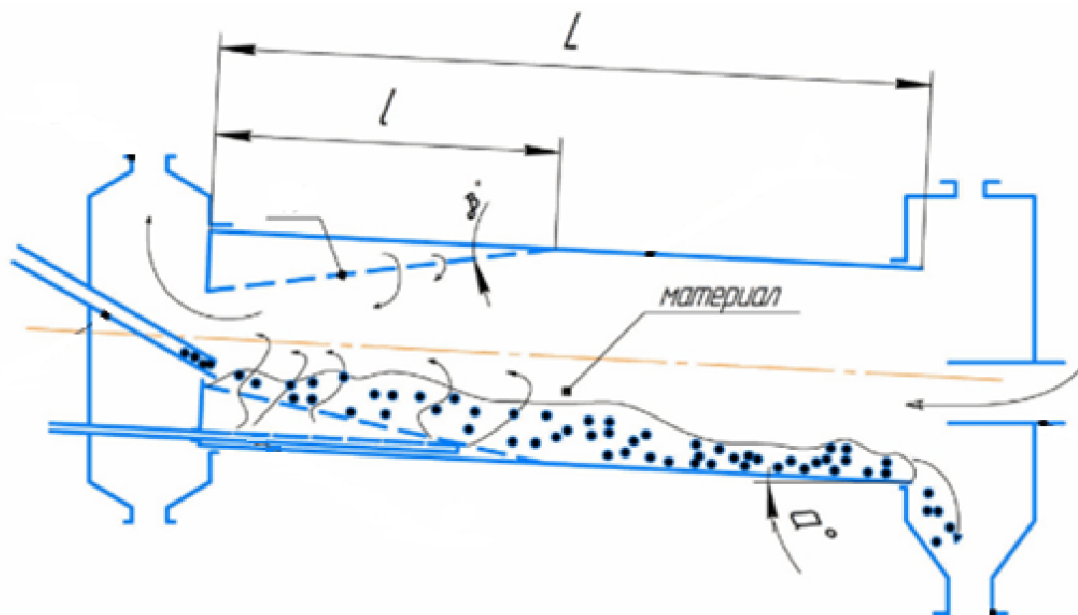


Рисунок 3.5 – Схема барабанної сушарки

Переваги: підвищення ефективності.

Недоліки: складність конструкції, зменшення робочої зони сушіння.

Сушарка [10] (рисунок 3.6) містить два обертових барабана, приєднані до топки, що відрізняється тим, що зовнішній барабан розташований під кутом нахилу до горизонту, а внутрішній барабан, встановлений під кутом конусності, протилежним куту нахилу зовнішнього барабана, виконаний у вигляді конічної обичайки, опорами якого служать циліндричні пружини, рівномірно розподілені по периметру і по довжині з кроком, що визначається за розрахунковою формулою, з певним співвідношенням середнього діаметра внутрішнього барабана до діаметра зовнішнього барабана. Це запобігає затримці часток в обсязі внутрішнього барабана, їх налипанню на стінки, утворення кірки і термічних відкладень, що сприяє збільшенню продуктивності.

Переваги: підвищення ефективності.

Недоліки: ускладнення конструкції, зменшення надійності.

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

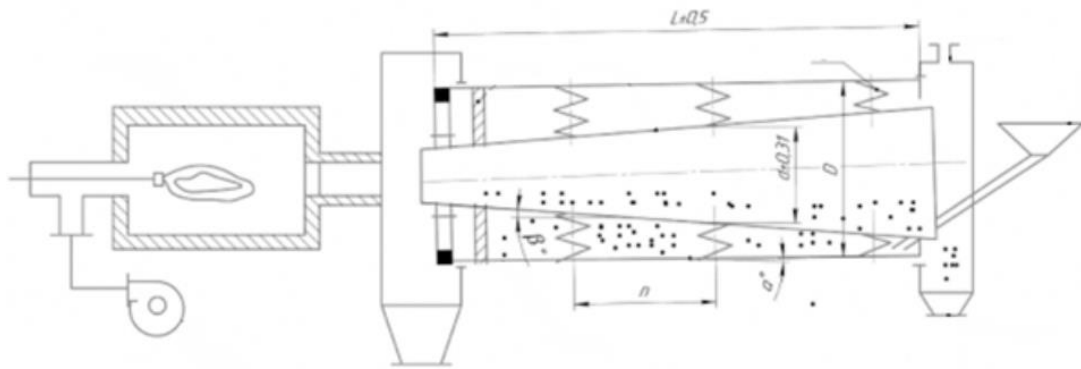


Рисунок 3.6 – Схема барабанної сушарки

Сушарка [11] (рисунок 3.7) містить сушильний барабан з лопатями, які обертаються, джерело тепла, завантажувальний пристрій, повітропроводи та опорно-приводні ролики.



Рисунок 3.7 – Схема барабанної сушарки

Всередині барабана встановлюють трубчастий розсікач хрестоподібної форми, який обертається разом з барабаном.

Матеріал, що висушується захоплюється лопастями при обертанні, піднімається у верхню частину, потім падає до низу, крізь потоки сушильного агенту. За допомогою насадки матеріал більш рівномірно розподілюється по об'єму сушарки, таким чином підвищуючи ефективність сушіння.

Переваги: підвищення ефективності.

Недоліки: складність конструкції, зменшення надійності конструкції

Мішалка

Було проведене патентне дослідження по предмету: лопатева мішалка. Нижче наведено ряд конструкцій, які були відібрані. Метою пошуку є перевірка патентної чистоти апарата та актуальність розробки.

Мішалка [12] (схема зображена на рисунку 3.8) має змішувач, що обертається асинхронно через два вертикальних механізми змішування, так що більшість сировини не знаходиться в центрі змішувального барабана.

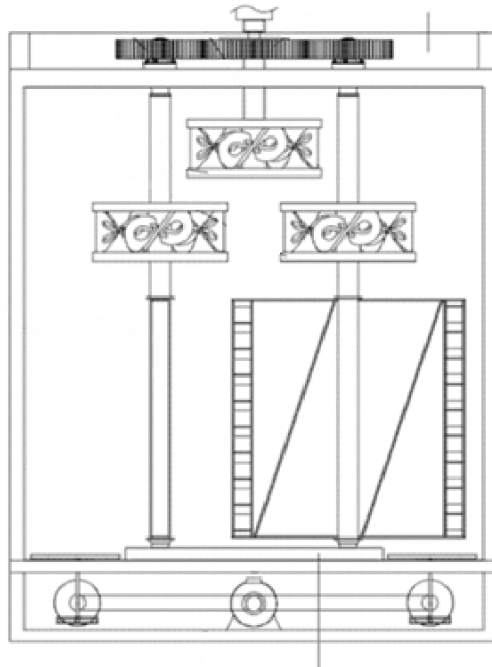


Рисунок 3.8 – Схема мішалки

Спричинюючи такий потік, змішування відбувається в найкоротші терміни. Під час роботи матеріали можна швидко змішувати багато разів. Асинхронне перемішування також може порушувати напрямок руху сировини після змішування, таким чином змішування є більш ефективним. Кількість механізмів змішування, що беруть участь у перемішуванні, підбирається для досягнення мети рівномірного перемішування та зменшення затрат енергії, а сировина, що рухається вгору та осідає вниз, ефективно обробляється через змішувальне кільце.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги: підвищена продуктивність, зменшений час перемішування.

Недоліки: підвищена вартість конструкції, зменшена надійність.

Мішалка [13] (схема зображена на рисунку 3.9) має лопать для перемішування з рифленою поверхнею на частині гофрованої пластини, що, обертаючись, може генерувати пару вихрових потоків, що допомагає забезпечити більший імпульс на поверхні лопаті, а також затримує поділ потоку задньої кромки. леза та задньої частини гофрованої поверхні. Також така форма поверхні має певний гальмуючий вплив на вихрову доріжку Кармана, що може зменшити споживання електроенергії та шум та покращити стабільність роботи обладнання.

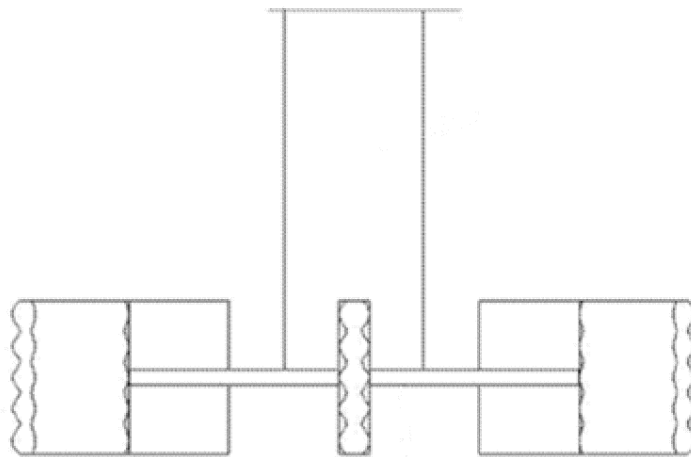


Рисунок 3.9 – Схема мішалки

Переваги: зменшені затрати енергії.

Недоліки: зменшена зносостійкість, ускладнена конструкція.

Мішалка [14] (схема зображена на рисунку 3.10) забезпечує оптимальну відстань між ножами різача, що має вирішальне значення для отримання належної суміші. Змішувальна лопатка - це кріплення до стандартної змішувальної машини. Це дозволяє користувачеві нарізати холодне масло і вкорочення в суміш борошна і сухих інгредієнтів. Крім того, насадку можна використовувати для швидкого збивання вершків та

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективного перемішування густих тістів, тіста для печива та інших складно змішуваних інгредієнтів. Насадка може бути сумісною з будь -яким типом машин для змішування продуктів.

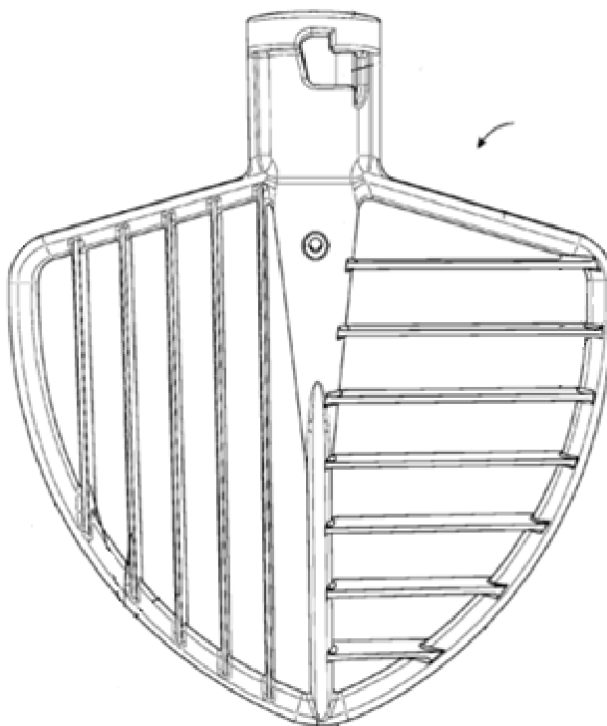


Рисунок 3.10 – Схема мішалки

Переваги: висока однорідність суміші.

Недоліки: ускладнення конструкції, ускладнення обслуговування.

Мішалка [15] (схема зображена на рисунку 3.11) являє собою комбіновану лопатку для перемішування, що включає в себе декілька вузлів для перемішування, розміщених по колу по зовнішній окружності обертового вала, блок для перемішування, включаючи плиту для перемішування та приймальну пластину розташована похило щодо перемішувальної пластини. Перемішувальна пластина розташована по колу обертового вала, один кінець приймальної пластини з'єднаний з одним кінцем перемішувальної пластини, а інший - з перемішувальною плитою сусідньої, пластина для перемішування забезпечена наскрізними отворами, причому безліч згаданих наскрізних отворів розташовані між двома сусідніми приймальними плитами, при цьому зазначена приймальна пластина та дві сусідні перемішувальні пластини разом

утримують дисперсійний простір, а також через отвори зв'язуються з дисперсійним простором.

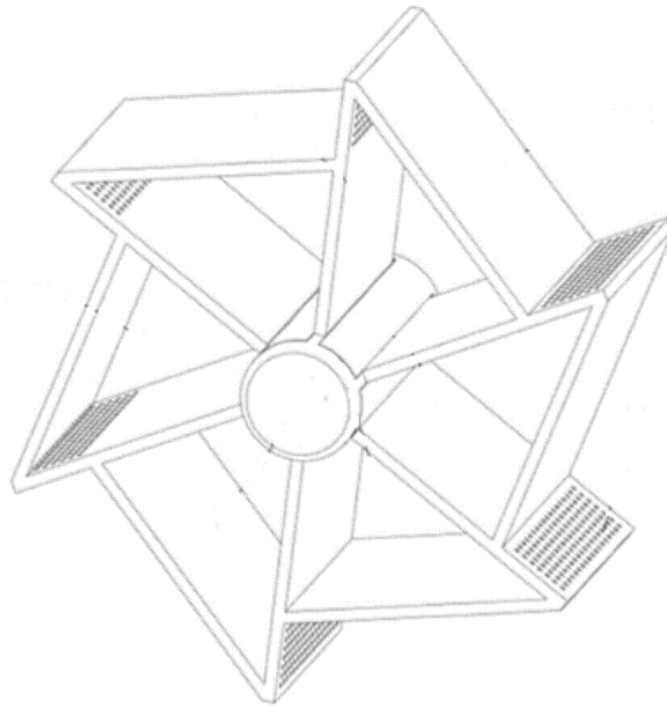


Рисунок 3.11 – Схема мішалки

Переваги: підвищена міцність та зносостійкість.

Недоліки: зменшена ефективність, ускладнення конструкції.

Мішалка [16] (схема зображена на рисунку 3.12) сприяє розгону потоку рідини до більш високих швидкостей і закручування потоку у вертикальному напрямку. Пристрій містить вертикальний вал, ротор з радіальними спицями, на кінцях яких закріплені конфузори з входними розширюються отворами, зверненими в бік обертання, при цьому конфузори встановлені на спицях парами коаксиально по відношенню один до одного і з'єднані між собою поздовжніми ребрами, відрізняється тим, що вертикальний вал має на половину довжини різьблення в одному напрямку, а на іншу половину довжини в протилежному, причому на кожну різьбу з можливістю обертання в різну один від одного сторону насаджені на своїх різьбах ротори, на яких встановлюється від 2 до 5 радіальних спиць.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

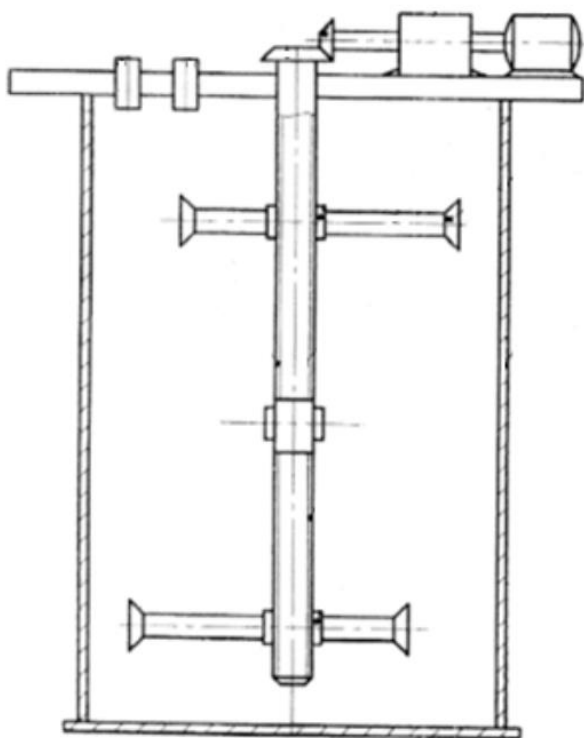


Рисунок 3.12 – Схема мішалки

Переваги: підвищення однорідності складу, скорочення часу перемішування і підвищення продуктивності.

Недоліки: підвищені затрати енергії, ускладнена конструкція.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

4.1 Розрахунок барабанної сушарки

4.1.1 Визначення параметрів топкових газів

Метою розрахунку є визначення параметрів топкових газів.

Розрахункова схема параметричного розрахунку наведена на рисунку

4.1.

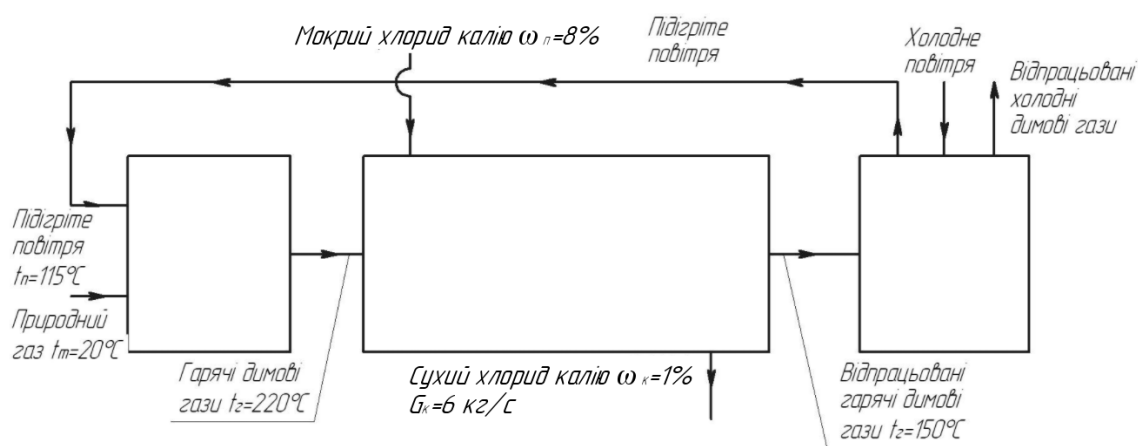


Рисунок 4.1- Розрахункова схема параметричного розрахунку барабанної сушарки

Вихідні дані:

продуктивність за висушеним матеріалом, кг/с(G_k)	6;
початкова вологість хлориду калію, %(ω_n)	8;
кінцева вологість хлориду калію, %(ω_k)	1;
температура топкових газів на вході, °C (t_{cm})	220;
температура топкових газів на виході, °C (t_2)	150;
вологий матеріал	Хлорид калію;
сушильний агент	топкові газу.

Розрахунок ведемо за методикою, наведеною в [4].

Порядок розрахунку:

В якості палива використовують сухий природний газ, що має склад: 92,0 % - CH_4 ; 0,5 - C_2H_6 ; 5 - H_2 ; 1 - CO ; 1,5 - N_2 . Визначимо теоретичну кількість сухого повітря, що витрачається на спалювання 1 кг палива:

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

$$= 138 \left[0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,09 + \left(1 + (4/4) \cdot 0,92 / (12 \cdot 1 + 4) \right) + \left(2 + (6/4) \cdot 0,005 / (12 \cdot 2 + 6) \right) \right] = 17,68 \text{ кг/кг.}$$

Для визначення теплоти згоряння палива скористаємося характеристиками горіння простих газів наведених в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1– Характеристика горіння простих газів [4]

Газ	Реакція	Тепловий ефект реакції, кДж/м ³
Водень	$H_2 + 0,5O_2 = H_2O$	10810
Оксид вуглеця (II)	$CO + 0,5 O_2 = CO_2$	12680
Метан	$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2H_2O$	35741
Етан	$C_2H_6 + 3,5 O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$	63797

Кількість теплоти, що виділяється при спалюванні 1 м³ газу:

$$Q_v = \sum \varphi_i \cdot H_i = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,01 \cdot 12680 + 0,05 \cdot 10810 =$$

$$= 33868 \text{ кДж/(м}^3\text{)},$$

де φ_i – об'ємна частка компонентів газу;

H_i – тепловий ефект реакції горіння.

Густина газоподібного палива:

$$\rho_t = \frac{\sum C_m H_n M_l}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T} = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) 273}{22,4 (273 + 20)} = 0,652 \text{ кг/м}^3$$

де об'єм одного моля газу $v_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$;

мольна маса палива $M = 273 \text{ кмоль/кг}$;

Температура палива $t_T=20^0\text{C}$;

Температура повітря $t_n=115^0\text{C}$.

Кількість теплоти, що виділяється при спалюванні 1 кг палива:

$$Q = \frac{Q_v}{\rho t} = \frac{33868}{0,652} = 51945 \text{ кДж/кг.}$$

Перерахуємо компоненти палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток у масові :

$$CH_4 = \frac{0,98 \cdot 16 \cdot 273}{[22,4 \cdot 0,652(273+20)]} = 0,939,$$

$$C_2H_6 = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{[22,4 \cdot 0,652(273+20)]} = 0,0096,$$

$$H_2 = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{[22,4 \cdot 0,652(273+20)]} = 0,0064.$$

Кількість вологи, що виділяється при спалюванні 1 кг палива:

$$\sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} + 0,0096 + 0,0064 = 2,19 \text{ кг/кг.}$$

Визначаємо вологи та ентальпію у повітрі, що подається до печі (рисунок 4.2).

Ентальпія свіжого повітря, кДж/кг $I_0=5 \times 4,18=20,9$

Ентальпія повітря, що подається до печі, кДж/кг $I=31 \times 4,18=129,5$

Вологи повітря, кг/кг $x=0,01$

Знаходимо коефіцієнт надлишку повітря:

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T - i_{CT} \cdot (1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n) - i_{II} \cdot \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n}{L_0 \cdot (c_T \cdot t_T + i_{II} \cdot x_0 - I)}$$

$$\alpha = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 1,05 \cdot 220 \cdot (1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 220) 2,19}{17,68 [1,05 \cdot 220 + (2500 + 1,97 \cdot 220) 0,01 - 129,5]} = 18,68$$

Де коефіцієнт корисної дії $\eta=0,95$

Теплоємність газового палива при $t_m=20 \text{ C}^0$ рівна $c_z=1,34 \text{ кДж/(кг K)}$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ентальпія сухих газів $i_{\text{сг}} = c_{\text{г}} \cdot t_{\text{г}}$ кДж/кг

Теплоємність сухих газів $c_{\text{г}} = 1.05$ кДж/(кгК)

Температура сухих газів $t_{\text{г}} = 220$ С⁰

Ентальпія водяних парів $i_{\text{н}} = r_0 + c_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}}$ кДж/кг

Теплота випаровування води при 0 С⁰, $r_0 = 2500$ кДж/кг

Середня теплоємність парів $c_{\text{н}} = 1.97$ кДж/(кг К)

Температура водяних парів $t_{\text{н}} = 220$ С⁰

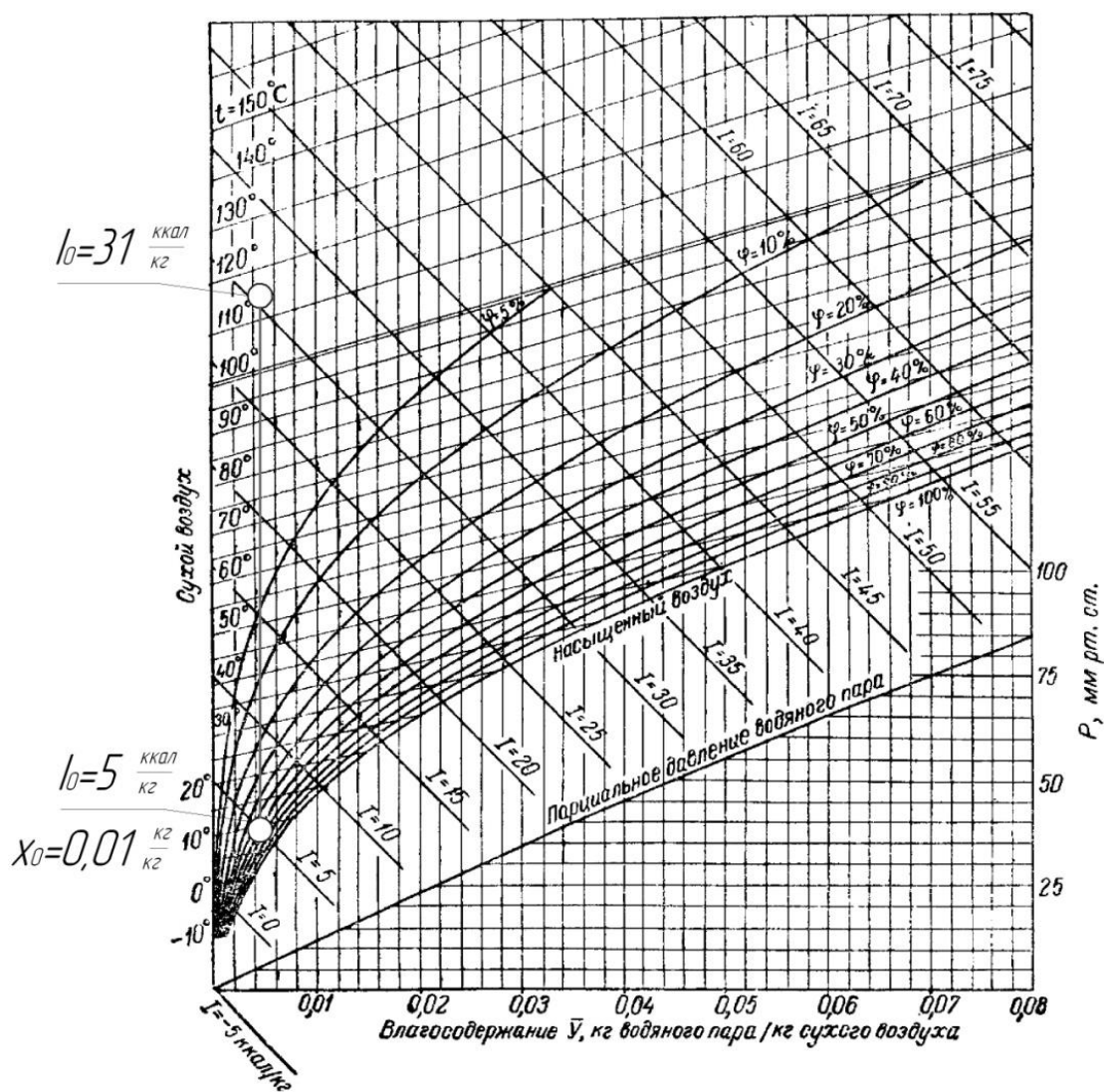


Рисунок 4.2 – І-х діаграма повітря (діаграма Рамзіна)

Загальна питома маса сухих газів, що виділяється при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури 220 °С:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

38

$$G_{C.Г} = 1 + \alpha L_0 - \sum 9n C_m H_n / (12m + n) = 1 + 18,68 \cdot 17,68 - 2,19 = 328,8 \text{ кг/кг.}$$

Питома маса водяних парів в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива:

$$\sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n + \alpha \cdot \chi_0 \cdot L_0 = 2,19 + 0,01 \cdot 18,68 \cdot 17,68 = 5,5 \text{ кг/кг.}$$

Вологовміст газів на вході сушарку на 1 кг сухого повітря:

$$\chi_1 = G_{\Pi} / G_{C.Г} = \frac{5,5}{328,8} = 0,016 \text{ кг/кг.}$$

Ентальпія газів на вході в сушарку:

$$\begin{aligned} I_1 &= (Q\eta + c_T t_T + \alpha L_0 I) / G_{C.Г} = \\ &= [51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 + 18,68 \cdot 17,68 \cdot 129,5] / 328,8 = 280,24 \text{ кДж/кг} \\ &\left(\frac{280,24}{4,18} = 67,04 \text{ ккал/кг} \right) \end{aligned}$$

Висновок: Оскільки коефіцієнт надлишку повітря α великий, то фізичні властивості газової суміші практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря.

4.1.2 Визначення фізичних параметрів відпрацьованих газів

Метою розрахунку є визначення параметрів топкових газів, параметри відпрацьованого сушильного агента, витрата палива на сушіння. Розрахункову схему наведено на рисунку 4.1.

Вихідні дані:

продуктивність за висушеним матеріалом, кг/с (G_k)	6;
початкова вологість хлориду калію, % (ω_{Π})	8;
кінцева вологість хлориду калію, % (ω_k)	1;
температура топкових газів на вході, °C (t_{cm})	220;
температура топкових газів на виході, °C (t_2)	150;
влаговміст газів на вході сушарку, кг/кг (χ_1)	0,016;
ентальпія газів на вході в сушарку, кДж/кг (I_1)	280,24.

Розрахунок ведемо за методикою, наведеною в [4].

Порядок розрахунку:

З рівняння матеріального балансу сушарки визначимо витрату вологи W , що видаляється з вологого матеріалу:

$$W = G_k (\omega_n - \omega_k) / (100 - \omega_n) = 6(8 - 1) / (100 - 8) = 0,457 \text{ кг/с.}$$

Запишемо рівняння внутрішнього теплового балансу сушарки:

$$\Delta = c\theta_1 + q_{\text{доп}} - (q_m + q_{\text{т}} + q_n) = 4,19 \cdot 20 + 0 - (0 + 272,1 + 22,6) = -210,9$$

кДж/кг вологи.

де Δ – різниця між питомими приходом і витратою теплоти безпосередньо в сушильній камері;

за діаграмою Рамзіна знаходимо $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ (рисунк 4.3);

c – питома масова теплоємність вологи у вологому матеріалі при температурі

θ_1 кДж/(кг·К), у нашому випадку $c = 4,19$;

$q_{\text{доп}}$ – питома додаткове підведення теплоти в сушарку, кДж/кг·вологи; при

роботі сушарки по нормальному сушильному варіанту: $q_{\text{доп}} = 0$;

$q_{\text{т}}$ – питома витрата теплоти в сушарці з транспортними засобами, кДж/кг вологи; у даному випадку: $q_{\text{т}} = 0$;

q_m – питома втрата теплоти в сушильному барабані з оброблюваним матеріалом, кДж/кг вологи.

q_n – питомі втрати теплоти в довкілля, кДж/кг вологу; на 1 кг випарованої вологи: $q_n = 22,6$ кДж/кг·вологи;

$$q_m = \frac{G_k C_m (\theta_2 - \theta_1)}{W} = \frac{6 \cdot 0,69 \cdot (50 - 20)}{0,457} = 272,1 \text{ кДж/кг,}$$

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

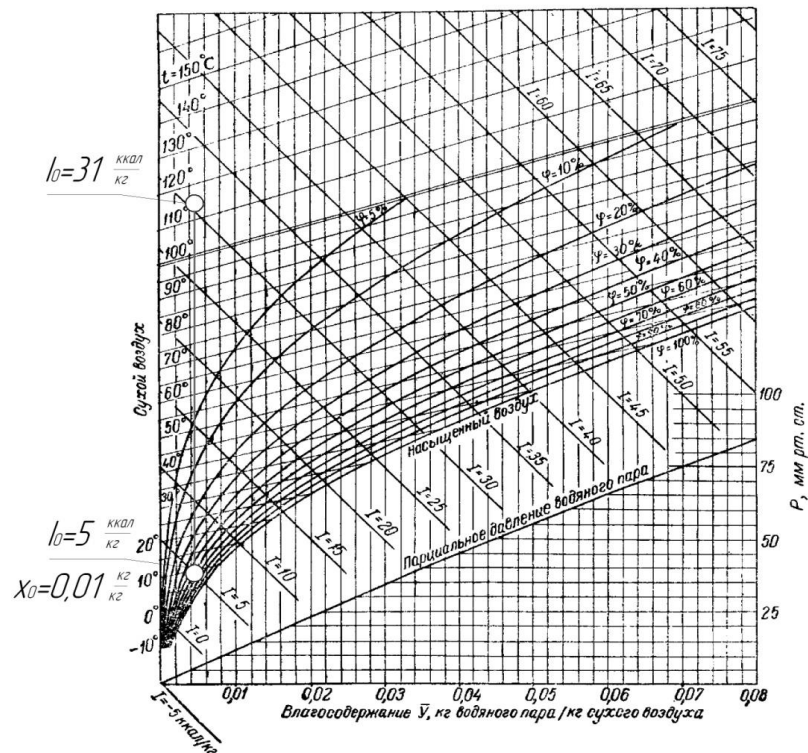


Рисунок 4.3 – Діаграма повітря, визначення температури

”мокрого термометра” для газів після сушарки

де C_m – теплоємність висушеного матеріалу, кДж/(кг·К), $C_m = 0,69$,

Θ_2 – температура сушильного матеріалу на виході з сушарки, °С. При випаровуванні поверхневої вологи Θ_2 приймається приблизно рівній температурі мокрого термометра при відповідних параметрах сушильного агента. Приймаючи в першому наближенні процес сушіння адіабатичним, по діаграмі Рамзіна (рис. 5.3) знаходимо Θ_2 по початкових параметрах сушильного агента $\Theta_2 = 50^\circ\text{C}$;

Запишемо рівняння робочої лінії сушіння:

$$\Delta = \frac{I - I_1}{x - x_1},$$

$$I = I_1 + \Delta \times (x - x_1) = 280,24 + (-129,89) \cdot (0,1 - 0,016) = 269 \text{ кДж / кг.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

41

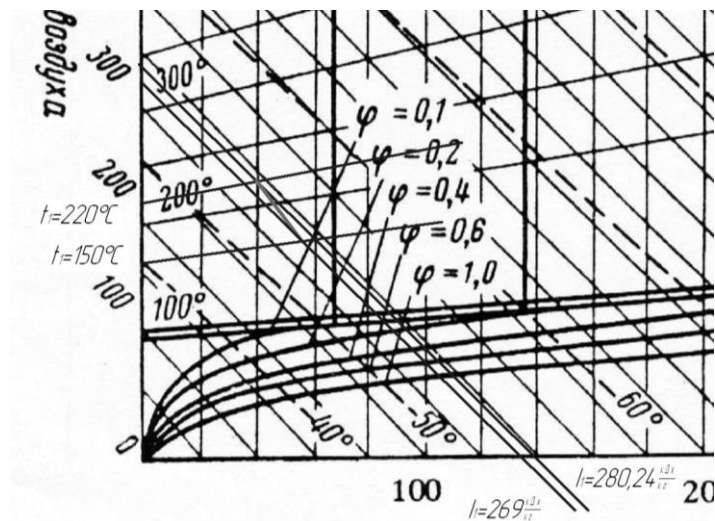


Рисунок 4.4 – Робоча лінія сушіння

Для побудови робочої лінії сушіння на діаграмі Рамзіна необхідно знати координати (x та I) мінімум двох точок. Координати першої точки відомі: $x_1 = 0,016$ (кг/кг), $I_1 = 280,24$ (кДж/кг). Для знаходження координат другої точки задамося довільним значенням x і визначимо відповідне значення I .

Приймаємо $x = 0,1$ кг вологи/кг сухого повітря.

Тоді по рівнянню:

Через дві точки на діаграмі Рамзіна з координатами (x_1, I_1) і (x, I) проводимо лінію сушіння до перетину із заданим кінцевим параметром

$t_2 = 150^\circ\text{C}$. В точці перетину лінії сушіння з ізотермою t знаходимо параметри відпрацьованого сушильного агента:

$$x_2 = 0,06 \text{ кг/кг};$$

$$I_2 = 269 \text{ кДж/кг}.$$

Витрата сухого газу :

$$L_{\text{с.г.}} = W / (x_2 - x_1) = 0,457 / (0,06 - 0,016) = 10,375 \text{ кг/с},$$

Витрата теплоти на сушіння:

$$Q_{\text{с}} = L_{\text{с.г.}} (I_1 - I) = 10,375 \cdot (280,24 - 129,5) = 1564 \text{ кВт},$$

Витрата палива на сушіння:

$$G_{\text{т}} = Q_{\text{с}} / Q = 1564 / 5194000 = 0,03 \text{ кг/с}.$$

Висновок: визначено витрату палива на сушіння – 0,03 кг/с, параметри димових газів на виході з сушили: $x_2 = 0,06$ кг/кг; $I_2=269$ кДж/кг (рисунок 4.3 та рисунок 4.4).

4.1.3 Визначення основних розмірів сушильного барабана

Метою розрахунку є визначення основних розмірів сушильного барабана, а саме: довжину, об'єм та діаметр. Та за цими даними вибрати сушарку.

Розрахункову схему наведено на рисунку 4.5.

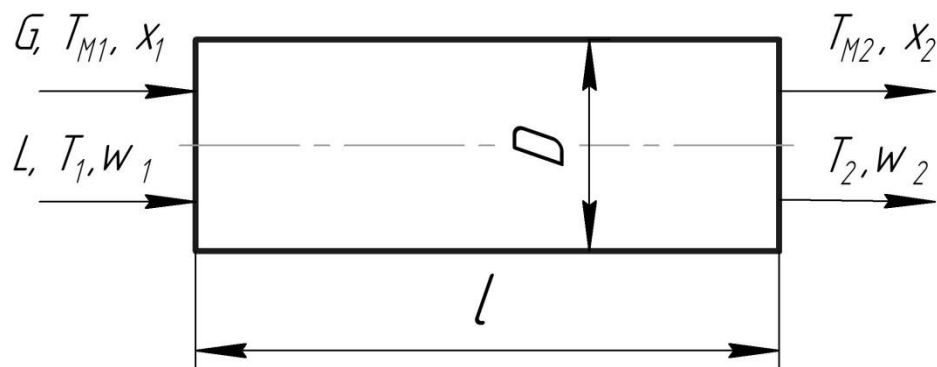


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема до визначення розмірів барабану

Вихідні дані:

продуктивність за висушеним матеріалом,	6;
кг/с(Gk)	
початкова вологість хлориду калію, %(ωп)	8;
кінцева вологість хлориду калію, %(ωк)	1;
температура топкових газів на вході, °C (tcm)	220;
температура топкових газів на виході, °C (t2)	150;
вологовіст газів на вході сушарку, кг/кг(x_1)	0,016;
ентальпія газів на вході в сушарку, кДж/к (I_1)	280,24;
витрата вологи, кг/с(W)	0,457;
витрата сухого газу, кг/с($L_{сг}$)	10,375;

витрата теплоти на сушіння, кВт(Q_c)	1564;
витрата палива; на сушіння, кг/с(G_t)	0,03;
насипна густина кг/м ³ (ρ_m)	1050.

Розрахунок ведемо за методикою, наведеною в[4].

Порядок розрахунку:

Визначимо коефіцієнт масовіддачі:

$$\beta_v = 1,62 \cdot 10^{-2} (\omega \rho_{cp})^{0,9} n^{0,7} \beta^{0,54} P_0 / [c \rho_{cp} (P_0 - P)] =$$

$$= 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{(3,5 \cdot 0,768)^{0,9} 5^{0,7} 13^{0,54} 10^5}{1 \cdot 0,768 \cdot (10^5 - 4426)} = 0,662 c^{-1}$$

де насипна густина $\rho_m = 1050 \text{ кг/м}^3$;

Швидкість газів в барабані обирається залежно від розмірів частинок і насипної густини висушуваного матеріалу по таблиці 4.2.

Таблиця 4.2– Вибір робочої швидкості газів в сушильному барабані

Розмір частинок, мм	Значення швидкості ω при насипній щільності				
	350	1000	1400	1800	2200
0,3 – 2	0,5 – 1,0	2,0 – 5,0	3,0 – 7,5	4,0 – 8,0	5,0 – 10,0
Більше 2-х	1,0 – 3,0	3,0 – 5,0	4,0 – 8,0	6,0-10,0	7,0 – 12,0

Ступінь заповнення барабана залежить від конструкції перевалочних пристроїв (для під'ємно-лопасних допускають $\beta = 12 \dots 14 \%$);

Приймаємо [4]:

швидкість газів $\omega = 3,5 \text{ м/с}$;

частоту обертів $n = 5 \text{ об/хв}$;

ступінь заповнення $\beta = 13 \%$.

Густина сушильного агента при середній температурі у барабані

$$t_{cp} = \frac{220 + 150}{2} = 185 \text{ }^\circ\text{C} \text{ практично відповідає густині повітря при цій}$$

$$\text{температурі: } \rho_{cp} = \frac{M}{\nu_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{cp}} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 185} = 0,768 \text{ кг/м}^3;$$

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частоту обертання барабана приймаємо $n = 5$ об/хв, знаходимо парціальний тиск за формулою:

$$p = \left(\frac{x}{M_0} \right) P_0 / (1/M_{C.B} + x/M_B),$$

отже на вході і виході з сушарки маємо:

$$P_1 = (0,016/18)10^5 / (1/29 + 0,016/18) = 2515 \text{ Па},$$

$$P_2 = (0,042/18)10^5 / (1/29 + 0,042/18) = 6338 \text{ Па},$$

$$P = (P_1 + P_2) / 2 = 4426 \text{ Па}.$$

Визначимо рушійну силу масопередачі:

$$\Delta x'_{cp} = \frac{\Delta P_{cp} M_B}{P_0 V_0 (T_0 + t_{cp}) / T_0} = \frac{7539 \cdot 18}{10^5 \cdot 22,4 (273 + 185) / 273} = 0,036 \text{ кг/м}^3,$$

де середня рушійна сила :

$$\Delta P_{CP} = (\Delta P_6 - \Delta P_M) / \ln(\Delta P_6 / \Delta P_M) = \frac{(12600 - 2515) - (11800 - 6338)}{\ln[(12600 - 2515) / (11800 - 6338)]} = 7539 \text{ Па}$$

де $\Delta P_6 = P_1^* - P_1$ -рушійна сила на початку процесу сушки

$\Delta P_M = P_2^* - P_2$ - рушійна сила на кінці процесу сушки

Тиск насичених парів над вологим матеріалом на початку процесу сушки $P_1^* = 12600$ Па (рисунок 4.4).

Тиск насичених парів над вологим матеріалом на кінці процесу сушки $P_2^* = 11800$ Па (рисунок 4.4).

Об'єм сушильного барабана, необхідний для проведення процесу видалення вологи, без врахування об'єму апарата, необхідного для нагрівання вологого матеріала:

$$V_C = W / (\beta_v \Delta x'_{cp}) = 0,457 / (0,662 \cdot 0,036) = 19,087 \text{ м}^3.$$

Знайдемо витрату теплоти для нагріву матеріалу:

$$\begin{aligned} Q_{II} &= G_K c_K (t_{m1} - \theta_1) + W_B c_B (t_{cm1} - \theta_1) = \\ &= 6 \times 0,69 \times (50 - 20) + 0,457 \times 4,19 \times (50 - 20) = 181,6 \text{ кВт} \end{aligned}$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_v = 16 \cdot (\omega \rho_{CP})^{0,9} n^{0,7} \beta^{0,54} = 16 \times (3,5 \times 0,768)^{0,9} \times 5^{0,7} \times 13^{0,54} = 0,480 \text{ кВт/м}^3 \cdot \text{К}.$$

З рівняння теплового балансу визначимо температуру сушильного агента:

$$t_x = 220 - \frac{132,6}{10,375 \times 1,05 \times (1 + 0,016)} = 204^\circ \text{C};$$

$t_x = 204^\circ \text{C}$, отже середня різниця температур дорівнює:

$$\Delta t_{CP} = [(t_1 - \theta_1) + (t_x - t_{M1})] / 2 = [(220 - 20) + (204 - 50)] / 2 = 180^\circ \text{C}.$$

Визначимо об'єм сушарки, необхідний для прогріву вологого матеріалу:

$$V_{II} = Q_{II} / (K_v \Delta t_{cp}) = 181,6 / 0,480 \cdot 180 = 2,101 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм сушильного барабана:

$$V = V_C + V_{II} = 19,087 + 2,101 = 21,187 \text{ м}^3.$$

Визначимо довжину апарата:

$$L = \frac{V}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{22,377}{3,14 \cdot \frac{1,6^2}{2}} = 6,744 \text{ м}.$$

За довідковими даним знаходимо основні характеристики барабанної сушарки, взявши за основу його об'єм сушильного простору, діаметр та довжину.

За таблицею обираємо згідно з [4] стандартний діаметр барабана $D_6 = 2 \text{ м}$.

Довжина $L = 8,0 \text{ м}$.

По цим даним обираємо сушарку типу БН2-8НК-03.

Товщина стінки барабана:

приймаємо $s_6 = 10 \text{ мм}$.

Внутрішній діаметр барабана:

$$D_B = D_H - 2s_6 = 2 - 0,01 \cdot 2 = 1,98 \text{ м}.$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначемо об'єм барабану:

$$V = \pi \left(\frac{D_B}{2} \right)^2 \cdot L = \pi \left(\frac{1,98}{2} \right)^2 \cdot 8 = 24,633 \text{ м}^3.$$

Визначаємо дійсну швидкість газів у барабані:

$$\omega_d = v_r / (0,785 d^2) = \frac{15,178}{(0,785 \cdot 2^2)} = 4,83 \text{ м/с}$$

де v_r – об'ємна витрата вологого сушильного агента на виході з барабана:

$$v_r = L_{c.r.} \nu_0 \frac{(T_0 + t_{cp})}{T_0} \left(\frac{1}{M_{c.r.}} + \frac{x_{cp}}{M_B} \right) = 10,375 \cdot 22,4 \left(\frac{273+185}{273} \right) \left(\frac{1}{29} + \frac{0,08}{18} \right) = 15,178 \text{ м}^3/\text{с}$$

x_{cp} – середній вміст води в сушильному агенті, кг/кг:

$$x_{cp} = \frac{(x_2 + x_0)}{2} = \frac{0,06 + 0,01}{2} = 0,08 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Визначимо середній час перебування матеріалу у барабані:

$$\tau = G_M / (G_K + W / 2) = \frac{3362}{6 + 0,457 / 2} = 539,85 \text{ с},$$

де кількість матеріалу в сушарці, кг:

$$G_M = \beta \cdot V \cdot \rho_m = 0,13 \cdot 24,633 \cdot 1050 = 3362$$

Розраховуємо кут нахилу барабана:

$$\alpha' = [30L / (dn\tau) + 0,007\omega_d] (180 / \pi) = [30 \cdot 8 / (2 \cdot 5 \cdot 648) + 0,007 \cdot 4,83] (180 / 3,14) = 4,486$$

Середня густина сушильного агента:

$$\begin{aligned} \rho_{cp} &= [M_{c.b.} (P_0 - p) + M_B p] \frac{T}{\nu_0 P_0 (T + t_{cp})} = \\ &= [29 \cdot (10^5 - 5528) + 18 \cdot 5528] \frac{273}{22,4 \cdot 10^5 (273 + 185)} = 0,755 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Критерій Архімеда :

$$Ar = \frac{d^3 \rho_c \rho_{cp} g}{\mu_{cp}^2} = \frac{(6 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 1980 \cdot 0,755 \cdot 9,81}{(1,9 \cdot 10^{-5})^2} = 8,775 \cdot 10^3$$

де в'язкість сушильного агента $\mu_{cp} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найменший діаметр частинок $d=6\cdot 10^{-4}$ м;

густина твердих частинок $\rho_{\text{ч}}=1980$ кг/м³.

Визначимо швидкість уносу:

$$\omega_{CB} = \frac{\mu_{cp}}{d\rho_{cp}} \left(\frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \right) = \frac{1,9\cdot 10^{-5}}{6\cdot 10^{-4} \cdot 0,755} \left(\frac{8775}{18 + 0,575\sqrt{8775}} \right) = 5,121 \text{ м/с.}$$

Розрахунок закінчено тому, що робоча швидкість сушильного агента в сушарці менше, ніж швидкість виносу частинок найменшого розміру.

4.1.4 Розрахунок корпусу барабанної сушарки

Мета: розрахувати корпусу барабанної сушарки на міцність та жорсткість.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [17].

Розрахункову схему наведено на рисунку 4.6.

Барабан розглядається як балка, що вільно лежить на двох опорах. Вага барабана, насадки, бандажів, матеріалу, що завантажується, ізоляції – розглядається як рівномірно розподілене навантаження q по довжині барабана, вага вінцевої шестерні – як зосереджена сила Q_6 .

Початкові дані необхідні до розрахунку:

Відстань від кінця барабана до опорної станції, м (l)	1,65;
Відстань між станціями, м (l_1)	4,7;
Відстань від опорної станції до шестерні, м (l_2)	1,2;
Матеріал корпусу барабана	12X18H10T ГОСТ 5632–72;
Маса корпусу барабана з насадкою, кг (m_6)	16660;
Допустиме напруження, МПа ($[\sigma]$)	10;
Модуль пружності, МПа (E)	$2,2\cdot 10^5$;
Маса зубчастого вінця, кг (m_6)	1250;
Насипна густина матеріалу, кг/м ³ (ρ_m)	1050;
Густина матеріалу ізоляції, кг/м ³ (ρ_{iz})	170;

Коефіцієнт заповнення барабану, (β)

0,13;

Розрахункова схема барабанної сушарки наведена на рисунку 4.5.

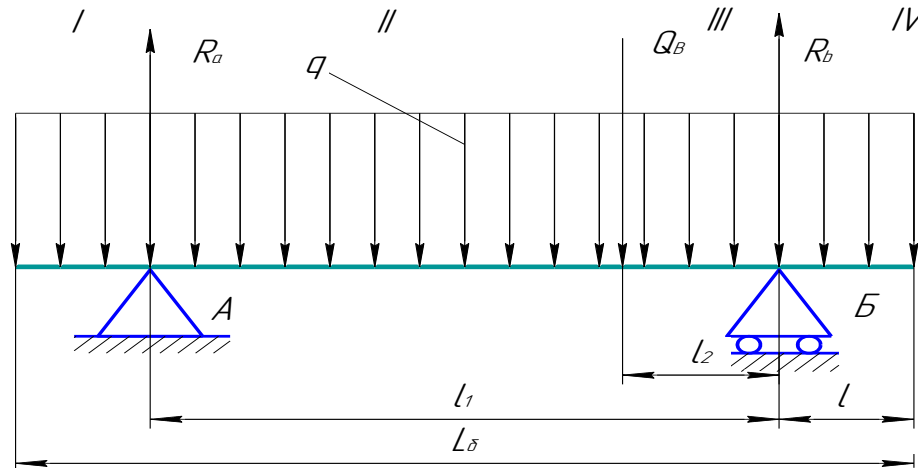


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема барабанної сушарки

Перевірка міцності корпусу

Навантаження від зубчастого вінця

$$Q_B = 9,81 m_B = 9,81 \cdot 1250 = 12260 \text{ Н.}$$

Маса теплової ізоляції на корпусі барабана

$$m_{i3} = \rho_{i3} \cdot 0,785 \left(D_{\delta i3}^2 - D_{\delta}^2 \right) L_{\delta} = 170 \cdot 0,785 \cdot \left(2,17^2 - 2^2 \right) \cdot 8 = 756.822$$

кг.

Загальна маса корпусу ізольованого барабана, бандажу з башмаками, зубчастого вінця та насадки

$$m_{\delta 3} = m_{\delta} + 2m_{\delta \text{аш}} + m_B + m_{i3} = 16660 + 2 \cdot 600 + 1250 + 756.82 = 19870 \text{ кг}$$

,

Де $m_{\delta \text{аш}} = 600$ – маса башмака.

Маса матеріалу, що знаходиться в сушарці

$$m_M = \beta \rho_M L_{\delta} \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4} = 0,13 \cdot 1050 \cdot 8 \cdot \frac{3,14 \cdot 1.98^2}{4} = 3361 \text{ кг.}$$

Сумарна маса барабана та матеріалу

$$m = m_{\delta 3} + m_M = 19870 + 3361 = 23230 \text{ кг.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

49

Лінійне навантаження

$$q = \frac{9,81m}{L_{\sigma}} = \frac{9,81 \cdot 23230}{8} = 28480 \text{ Н/м.}$$

Реакція на опорах

$$R_a = \frac{qL_{\sigma}}{2} + \frac{Q_B l_2}{l_1} = \frac{28480 \cdot 8}{2} + \frac{12260 \cdot 1.2}{4.7} = 117100 \text{ Н.}$$

$$R_{\sigma} = \frac{qL_{\sigma}}{2} + \frac{Q_B (l_1 - l_2)}{l_1} = \frac{28480 \cdot 8}{2} + \frac{12260 \cdot (4.7 - 1.2)}{4.7} = 123100 \text{ Н.}$$

Будуємо епюру навантаження барабана поперечними силами

$$I) \quad Q(z) = -qz, \quad 0 \leq z < l_3, \quad (l_3 = l).$$

$$Q(0) = 0 \text{ Н}; \quad Q(1,65) = -46,992 \text{ кН}$$

$$II) \quad Q(z) = -qz + R_a, \quad l_3 \leq z < L_{\sigma} - l_2 - l$$

$$Q(1,65) = 70,058 \text{ кН}; \quad Q(5,15) = -29,621 \text{ кН.}$$

$$III) \quad Q(z) = -qz + R_a - Q_B, \quad L_{\sigma} - l_2 - l \leq z < L_{\sigma} - l$$

$$Q(5,15) = -41,882 \text{ кН}; \quad Q(6,35) = -76,058 \text{ кН.}$$

$$IV) \quad Q(z) = -qz + R_a - Q_B + R_{\sigma}, \quad L_{\sigma} - l \leq z < L_{\sigma}$$

$$Q(6,35) = 46,992 \text{ кН}; \quad Q(8) = 0 \text{ Н.}$$

Епюра навантаження барабана поперечними силами зображена на рисунку 5.3.

Максимальний вигинаючий момент, що діє на барабан,

$$\begin{aligned} M_{\max} &= M(4,11) = -q \frac{4,11^2}{2} + R_a (z - l_3) = \\ &= -28.848 \frac{4,11^2}{2} + 117.1(4.11 - 1.65) = 47.41 \text{ кН} \cdot \text{м.} \end{aligned}$$

Будуємо епюру вигинаючих моментів барабана, від навантаження поперечними силами

$$I) \quad M(z) = -q \frac{z^2}{2}, \quad 0 \leq z < l_3$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M(0) = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M(1,65) = -38,768 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$II) \quad M(z) = -q \frac{z^2}{2} + R_a(z - l_3), \quad l_3 \leq z < L_{\delta} - l_2 - l$$

$$M(1,65) = 70,058 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M(5,15) = -29,621 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$III) \quad M(z) = -q \frac{z^2}{2} + R_a(z - l_3) - Q_{\delta}(z - l_4 - l_3), \quad L_{\delta} - l_2 - l \leq z < L_{\delta} - l$$

$$M(5,15) = -41,881 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M(6,35) = -76,058 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$IV) \quad M(z) = -q \frac{z^2}{2} + R_a(z - l_3) - Q_{\delta}(z - l_4 - l_3) + R_{\delta}(z - l_1 - l_3), \quad L_{\delta} - l \leq z < L_{\delta}$$

$$M(6,35) = 46,99 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M(8) = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Епюра вигинаючих моментів, що діють на барабан зображена на рисунку 4.7.

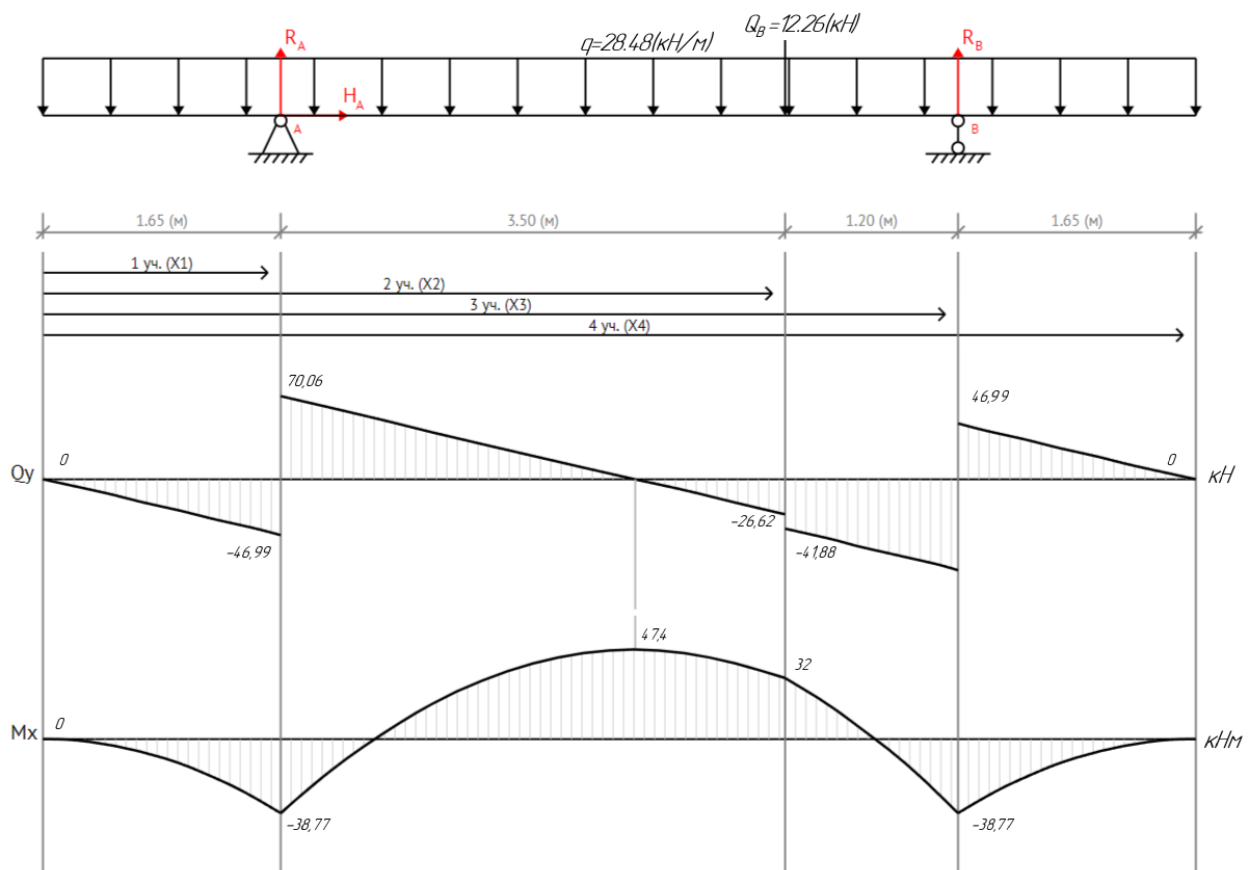


Рисунок 4.7 – Епюра навантаження поперечними силами та вигинаючих моментів, що діють на барабан

Середній діаметр барабана

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{б}} + D_{\text{вн}}}{2} = \frac{2 + 1,98}{2} = 1,99 \text{ м.}$$

Момент опору перерізу корпусу барабана

$$W = s_{\text{б}} \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{4} = 0,01 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,99^2}{4} = 0,031 \text{ м}^3.$$

Напруження у корпусі барабана

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{M_{\text{мах}}}{W \cdot 10^6} = \frac{4741}{0,031 \cdot 10^6} = 1,525 \text{ МПа.}$$

Перевірка виконання умови міцності

$$[\sigma] = 10 \text{ МПа} \geq \sigma_{\text{б}}.$$

Висновок: таким чином умова міцності виконується.

4.1.5 Розрахунок барабана на жорсткість

Мета розрахунку: перевірити умову жорсткості для барабана сушарки, товщиною $s_{\text{б}} = 0,012 \text{ м}$.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6.

Розрахунок виконано згідно методики [17].

Вихідні дані

Зовнішній діаметр барабана $D_{\text{з}}$, м	2;
Довжина барабана L , м	8;
Маса корпусу барабана з насадкою $m_{\text{к}}$, кг	16660;
Модуль пружності E , МПа	$2,2 \cdot 10^5$;
Допустимий відносний прогин барабана, $[\varepsilon]$	
Порядок розрахунку:	
Необхідно визначити:	

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лінійні навантаження;
- сумарний прогин від дії навантажень;
- відносний прогин;

Лінійне навантаження від маси барабана

$$q_2 = \frac{9,81m_{\text{бз}}}{L_{\text{б}}} = \frac{9,81 \cdot 19870}{8} = 24630 \text{ Н/м.}$$

Лінійне навантаження від маси матеріалу

$$q_1 = \frac{9,81m_{\text{м}}}{L_{\text{б}}} = \frac{9,81 \cdot 3361}{8} = 4121 \text{ Н/м.}$$

Момент інерції одиночного кільця барабана

$$I = \frac{L_{\text{б}} s^3 S_{\text{б}}}{12} = \frac{8 \cdot 0,01^3}{12} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2.$$

Сумарний прогин від діючих навантажень

$$y_{\text{max}} = \frac{D_{\text{ср}}^3}{4(E \cdot 10^6)I} (0,04q_1 + 0,002q_2) =$$

$$= \frac{1,99^3}{8 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,67 \cdot 10^{-7}} \cdot (0,04 \cdot 4121 + 0,002 \cdot 24630) = 2,869 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Відносний прогин

$$\varepsilon = \frac{y_{\text{max}}}{D_{\text{ср}}} = \frac{2,869 \cdot 10^{-3}}{1,99} = 1,442 \cdot 10^{-3}.$$

Перевіряємо виконання умови жорсткості:

$$\varepsilon = 1,442 \cdot 10^{-3} < [\varepsilon] = 3,333 \cdot 10^{-3}.$$

Висновок: жорсткість барабана сушарки, товщиною стінки $s_{\text{б}} = 0,01 \text{ м}$,

забезпечено, оскільки виконуються відповідні умови

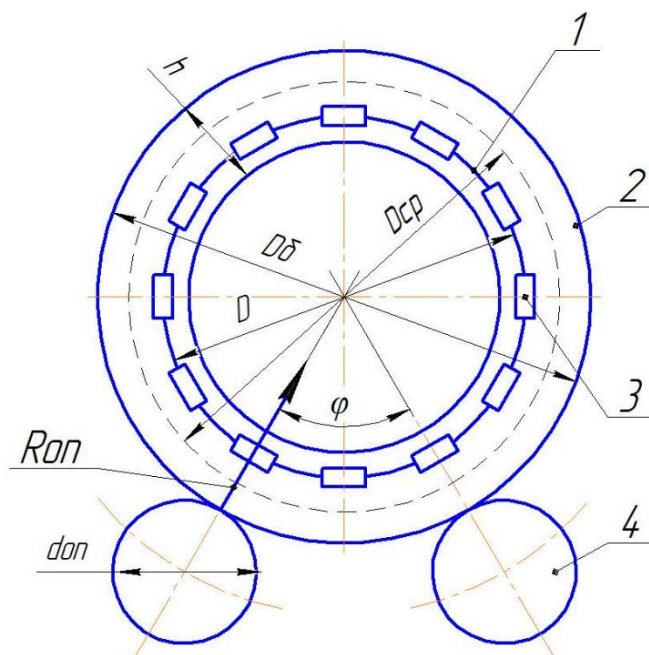
					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.6 Розрахунок вільно надітого бандажа з умов його роботи на прогин та контактну міцність

Мета: розрахувати вільно надітий бандаж з умов його роботи на прогин та контактну міцність.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [17].

Розрахункова схема бандажа зображена на рисунку 4.8.



1 – барабан, 2 – бандаж, 3 – башмак, 4 – опорний ролик

Рисунок 4.8 – Розрахункова схема бандажа

Дані для розрахунку:

Матеріал бандажа Ст 45 Л-1 ГОСТ 977–75.

Допустиме напруження на прогин, МПа ($[\sigma]_{np}$) 50.

Модуль пружності матеріалу бандажа під час розтягу, МПа (E)
 $1,85 \cdot 10^5$.

Зовнішній діаметр барабану, м ($D_{зов}$) 2;

Стандартна ширина бандажа, м (b) 0,17;

Стандартна висота перерізу бандажа, м (h) 0,135;

Реакція опори, кН (R_a) 113.1;

Реакція опори, кН (R_b) 123.1;

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній діаметр бандажа розраховується із співвідношення $D_{\text{ср}} = kD_{\text{зов}}$, де $k=1,14\dots1,22$. Приймаємо $k=1,2$. Тоді

$$D_{\text{ср}} = 1,2D_{\text{зов}} = 1,22 \cdot 2 = 2,44 \text{ м}$$

Середній радіус бандажа

$$R_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{ср}}}{2} = \frac{2,44}{2} = 1,22 \text{ м}$$

Максимальна реакція опори

$$R_{\text{оп}} = \frac{\max(R_a, R_b)}{10^6} = \frac{\max(123100; 113100)}{10^6} = 0,1231 \text{ МН.}$$

Максимальний вигинаючий момент у вільно надітому бандажі

$$M_{\text{max}} = 0,063R_{\text{оп}}R_{\text{ср}} = 0,063 \cdot 0,123 \cdot 1,22 = 9,461 \cdot 10^{-3} \text{ МПа.}$$

Момент опору перерізу бандажа

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,17 \cdot 0,135^2}{6} = 5,164 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Напруження, що виникає у бандажі

$$\sigma_b = \frac{M_{\text{max}}}{W} = \frac{9,461 \cdot 10^{-3}}{5,164 \cdot 10^{-4}} = 18,323 \text{ МПа.}$$

Висновок: умова міцності виконується ($18,323 \leq 50 \text{ МПа}$) [17].

4.1.7 Розрахунок опорних роликів

Мета: розрахувати опорні ролики.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [17].

Схема опорного ролика зображена на рисунку 4.9.

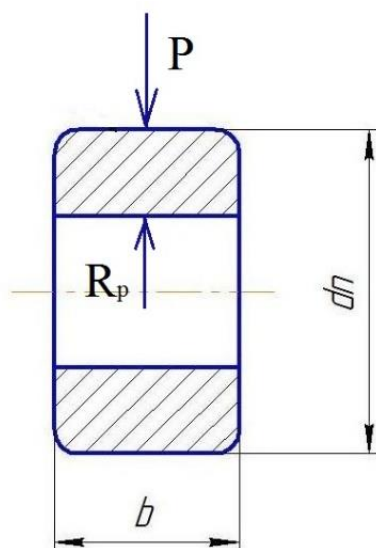


Рисунок 4.9 – Схема розрахунку опорних роликів

Дані для розрахунку

Матеріал роликів Сталь 45 ГОСТ 1050–88;

Допустиме контактне напруження, МПа ($[\sigma]_к$) 500;

Модуль пружності матеріалу роликів, МПа (E) $2 \cdot 10^5$;

Діаметр опорного ролика, м (d_p) 0,6;

Ширина опорного ролика, м (b) 0,2;

Реакція опори, кН (R_b) 123,1;

Вага опорного ролика, кг (m_p) 443;

Кут між опорними роликами, $\dots^\circ$ (φ) 30;

Допустима межа текучості, МПа (σ_m) 245;

Допустима межа витривалості, МПа (σ_ϵ) 491;

Зовнішній діаметр бондажу, м ($D_{зov.б}$) 2,44;

Початкові дані для розрахунку:

Реакція опорного ролика, коли відоме максимальне навантаження на опору

$$R_p = \frac{R_{op}}{2 \cos(\varphi)} = \frac{0,123}{2 \cos 30^\circ} = 0,071 \text{ МН.}$$

Максимальний контактний тиск між бандажем та опорним роликом для паралельних циліндричних поверхонь із матеріалів з однаковим модулем пружності, за формулою Герца

$$P = 0,418 \sqrt{\frac{R_p E (D_{\text{зов.б}} + d_p)}{b D_{\text{зов.б}} d_p}} = 0,418 \sqrt{\frac{0,071 \cdot 2 \cdot 10^5 (2,44 + 0,6)}{0,2 \cdot 2,44 \cdot 0,6}} = 174,17 \text{ МПа}$$

Допустиме контактне напруження за умови відсутності течії матеріалу та за відсутності обертання барабана становить $2\sigma_m$. Отже умова контактної міцності $P < 2\sigma_T$ ($174,17 < 490$) виконується.

Граничне контактне напруження по критерію витривалості при обертанні, вибирають в залежності від твердості НВ (за Бринелем) робочих поверхонь роликів та бандажів. Виходячи з цього допустиме контактне напруження 600...800 МПа.

Висновок: так як $P < 800$ ($174,17 < 800$), то умова контактної міцності виконується [17].

4.1.8 Розрахунок упорних роликів

Мета: розрахувати упорні ролики.

Розрахункова схема упорного ролика зображена на рисунку 4.10.

Дані для розрахунку:

Матеріал роликів	Сталь 45 ГОСТ 1050–88.;
Допустиме контактне напруження бандажа, МПа ($[\sigma]_б$)	350
Модуль пружності матеріалу роликів, МПа (E)	$2 \cdot 10^5$;
Діаметр упорного ролика, м (d)	0,6;
Кут між упорними роликами, ...° (2γ)	17;
Кут нахилу барабана, ...° (α)	4,6;
Висота ролика, м (h_p)	0,32;
Вага барабана, Н (G)	163400;
Діаметр бандажа, м ($D_б$)	2,44;

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [17].

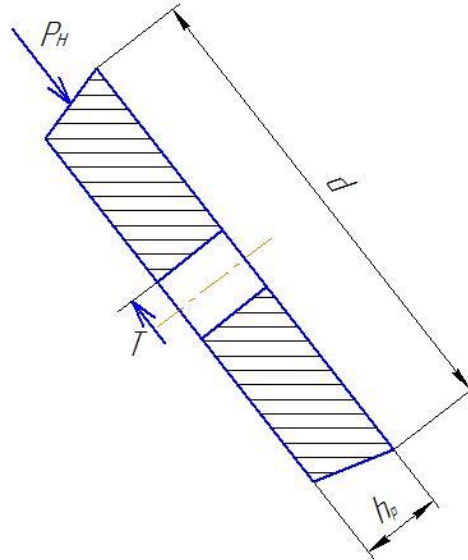


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема упорного ролика

Розраховуємо зусилля T

$$T = 0,04G = 0,04 \cdot 163400 = 6537 \text{ Н.}$$

Нормальну складову, що діє на ролик знаходимо за такою формулою:

H .

Для знаходження максимального контактного тиску від дії сили P_H визначаємо складові цієї формули:

$$l = \frac{h_p}{\cos(\gamma)} = \frac{0,32}{\cos 8,5} = 0,324 \text{ м,}$$

$$R_H = \frac{\frac{D_b - h_p}{2}}{\sin \gamma} = \frac{\frac{2,44 - 0,32}{2}}{\sin 8,5} = 7,171,$$

$$r_H = \frac{D_b - h_p}{2} \cdot \frac{\tan \gamma}{\cos \gamma} = \frac{2,44 - 0,32}{2} \cdot \frac{\tan 8,5}{\cos 8,5} = 0,16 \text{ м.}$$

Знаходимо максимальний контактний тиск від сили P_H

$$p = 0,418 \sqrt{\frac{P_H E (R_H + r_H)}{l R_H r_H}} = 0,418 \sqrt{\frac{164700 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot (7,171 + 0,16)}{0,32 \cdot 7,171 \cdot 0,16}} = 336,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності $p = \sigma_k \leq [\sigma]_6$ ($336,9 \text{ МПа} < 350 \text{ МПа}$) виконується [17].

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок мішалки

4.2.1 CFD аналіз роботи нової конструкції лопаті для перемішування рідких середовищ

Вступ

Процес перемішування широко застосовується в хімічній технології для отримання суспензій, емульсій та сумішей твердих компонентів, а також для інтенсифікації тепло- і масообміну в різних технологічних процесах. Геометричні параметри системи перемішування, особливо форма мішалки значним чином впливають на однорідність продукції та затрати енергії при виробництві. Геометричні параметри системи перемішування, особливо форма мішалки значним чином впливають на однорідність продукції та затрати енергії при виробництві. В схемі виробництва хлористого калію [1] змішування використовується для приготування хлоркалієвої пульпи.

Було проаналізовано статті, пов'язані з сучасними дослідженнями процесів перемішування. В статті [18] описується дослідження явища підвищення затрат потужності при вивантаженні рідини з мішалки з імPELLером, що обертається. В роботі [19] представлено експериментальне дослідження динаміки потоку в стандартній посудині для змішування з радіальними перегородками, заповненими водою та крильчатки, що перекачує рідину донизу. У роботі [20] наведено загальний опис найпоширеніших процесів перемішування, гідродинамічні параметри та геометричні конфігурації змішувального обладнання які впливають на процес.

Важливим елементом для змішування є нова конструкція лопаті. Мета даної роботи – перевірити наскільки ефективна розроблена конструкція лопаті числовими методами.

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріали та методи

CFD-моделювання (Computational Fluid Dynamics modeling) – один із підрозділів механіки суцільних середовищ.

Таке моделювання дозволяє обчислювати характеристики потокових процесів за допомогою обчислювальних та фізико-математичних методів. CFD-моделювання дозволяє оцінити температуру та змодельовати рух повітряних потоків або потоків рідини у діючому або проектуваному центрі обробки даних. При використанні методики CFD-моделювання необхідно пройти такі етапи:

- Підготовчий (формулювання геометрії моделі, необхідних фізичних умов та ін.)
- Розрахунок (чисельне вирішення основних рівнянь за базовими фізичними параметрами)
- Аналіз (відображення результатів у вигляді графіків, таблиць та ін.)

Для будь-якого дослідження в галузі гідродинаміки необхідно використовувати систему з наступних основних рівнянь гідрогазодинамічних потоків (рівняння нерозривності, збереження імпульсу та ін.) та вибрати один із методів вирішення цієї системи (метод кінцевих різниць, метод скінченних об'ємів та ін.)

Комп'ютерне моделювання здійснювалося в середовищі SOLIDWORKS за допомогою модуля Flow Simulation, що використовує метод скінченних об'ємів. В основі методу лежить розбиття області на контрольні об'єми (елементи), що не перетинаються, вузлові точки, в яких шукається рішення. Вузлові точки знаходяться в центрах контрольних обсягів. Також, як і для методу кінцевих різниць, для кожного елемента складається рівняння, виходить система лінійних рівнянь. Вирішуючи її - знаходимо значення шуканих змінних у вузлових точках.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати та їх обговорення

Для вдосконалення лопаті перемішуючого пристрою було проаналізовано патенти [14], [15]. На їх основі було придумано конструкцію лопаті, модель якої наведено на рисунку 4.11.

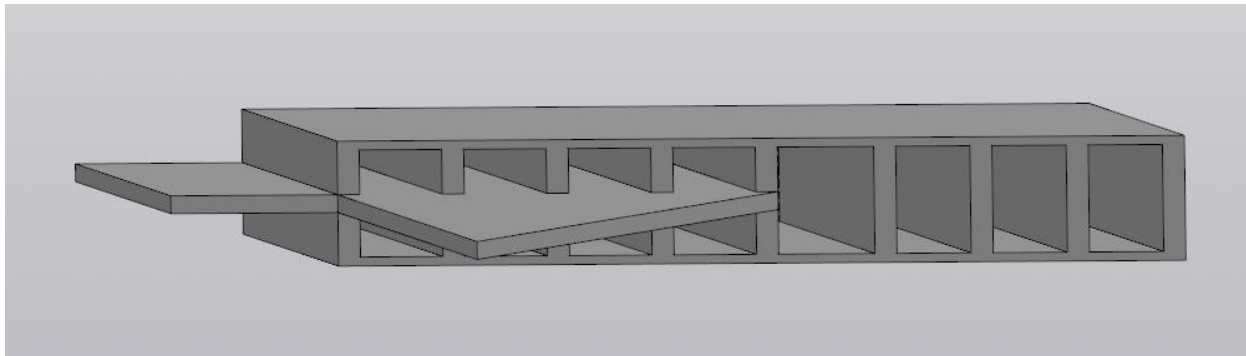


Рисунок 4.11 – модель лопаті

В основі модернізованої конструкції лежить конструкція лопатевого змішувального пристрою, однак сама лопатка виконана у вигляді нерухомих дефлекторних лопатей. Зазначені нерухомі дефлекторні лопаті розміщені під кутом до радіального напрямку, тому при обертанні змішувача відбувається не тільки примусове переміщення рідини перед лопаткою, а й часткове витікання через щілини в змішувальному пристрої. Це призводить до додаткового зміщення макрооб'ємів змішувального середовища по черзі. Тому модернізований змішувач дозволяє підвищити ефективність процесу змішування та гомогенізації середовища.

В модулі SOLIDWORKS Flow Simulation було здійснено моделювання руху потоків при змішуванні даною лопаттю. Результати зображені на рисунках 4.12 та 4.13.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

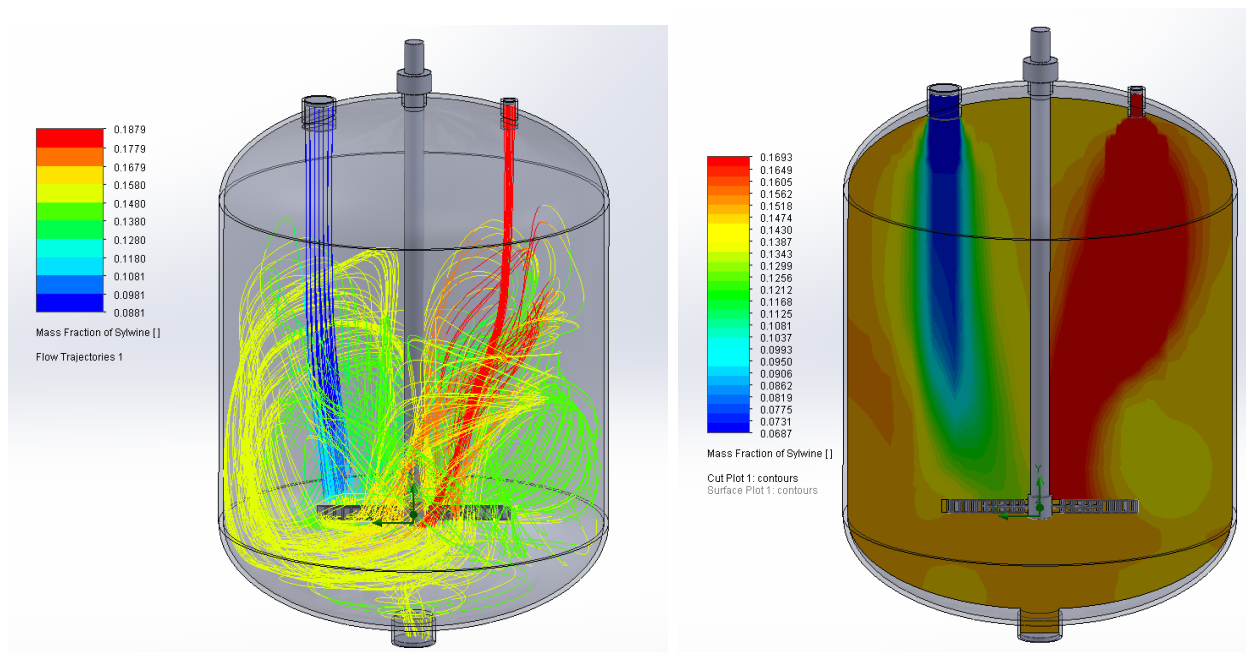


Рисунок 4.12 – візуалізація потоків та концентрацій

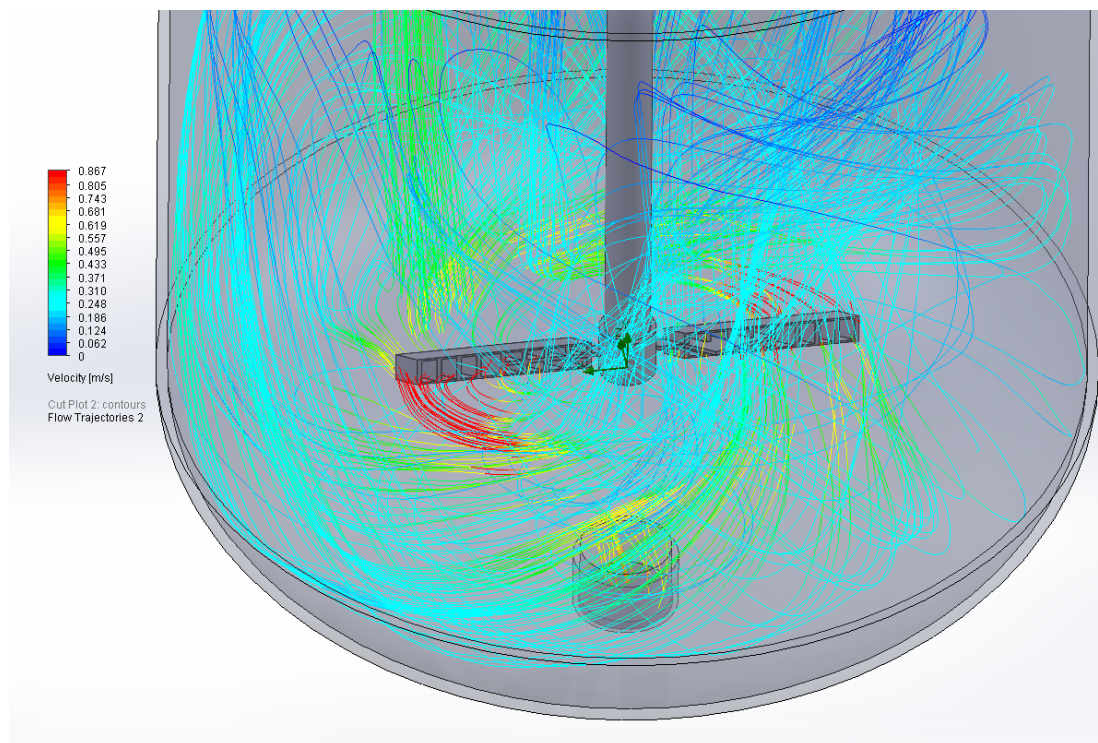


Рисунок 4.13 – візуалізація швидкості потоків при обертанні лопаті

Візуалізація показує, що при роботі лопаті здійснюється інтенсивна циркуляція змішуваних потоків та ефективне забезпечення однорідності потоку на виході.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

62

Висновки

Результати моделювання показують, що така конструкція лопаті ефективна і може бути рекомендована до подальших більш детальних експериментальних досліджень.

4.2.2 Параметричний розрахунок мішалки

Мета: визначити частоту обертання, розміри лопаті та затрати потужності.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [21].

Розрахункова схема упорного ролика зображена на рисунку 4.14.

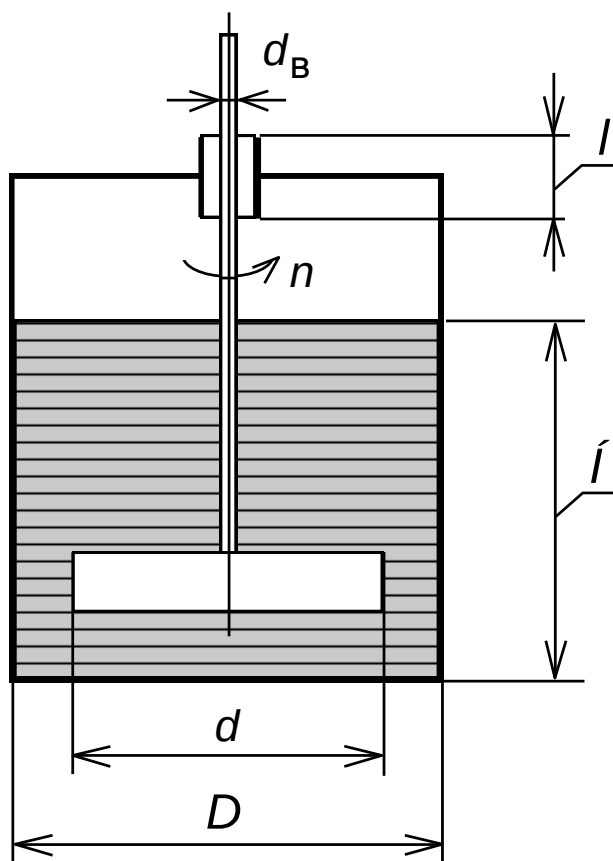


Рисунок 4.14 – Розрахункова схема мішалки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

63

Дані для розрахунку:

Діаметр апарату D , м 2,2;

Температура середовища t , °C 25;

Масова концентрація твердої фази x_m , кг/кг 0,17;

Максимальний діаметр частинок $d_{\max}$, мм 2;

Тип мішалки Лопатева;

Густина рідкої фази ρ_r , кг/м³ 997,1;

Густина твердої фази ρ_t , кг/м³ 1990;

Динамічна в'язкість рідкої фази μ_r , Па·с $8.9 \cdot 10^{-4}$;

Розрахунковий діаметр нормалізованої мішалки d' обирається з інтервалу $(0,2 \dots 0,3)D$:

$$d' = 0.25 \cdot D = 0.25 \cdot 2.2 = 0.55 \text{ м.}$$

Приймаємо $d = 560 \text{ мм}$.

Густина суспензії:

$$\rho_s = \frac{\rho_t \cdot \rho_r}{x_m \cdot \rho_r + (1 - x_m) \cdot \rho_t} = \frac{1990 \cdot 997.1}{0.17 \cdot 997.1 + (1 - 0.17) \cdot 1990} = 1090 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Об'ємна частка твердої фази в суспензії:

$$x_v = x_m \cdot \frac{\rho_s}{\rho_t} = 0.17 \cdot \frac{1090}{1990} = 0.093.$$

Динамічна в'язкість суспензії:

$$\mu_s = \mu_r \cdot (1 + 2.5 \cdot x_v) = 8.9 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 2.5 \cdot 0.093) = 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

Різниця густин твердої і рідкої фаз:

$$\Delta\rho = \rho_t - \rho_r = 1990 - 997.1 = 992.9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Симплекс геометричної подібності діаметра частинок:

$$\Gamma_{d_{\max}} = \frac{d_{\max}}{d_m} = \frac{2}{560} = 0.004.$$

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Симплекс геометричної подібності діаметра апарата:

$$\Gamma_D = \frac{D}{d_m} = \frac{2.2}{0.56} = 3.929.$$

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \Delta\rho \cdot \rho_s \cdot g}{\mu_s^2} = \frac{0.56^3 \cdot 992.9 \cdot 1090 \cdot 9.81}{(1.1 \cdot 10^{-3})^2} = 1.548 \cdot 10^{12}.$$

Відцентровий критерій Рейнольдса:

$$Re_c = c_1 \cdot Ar^{0.5} \cdot \Gamma_{d_{\max}}^{0.5} \cdot \Gamma_D^{x_1} = 14.8 \cdot (1.548 \cdot 10^{12})^{0.5} \cdot 0.004^{0.5} \cdot 3.929^{x_1} = 1.1 \cdot 10^6,$$

де $c_1 = 14.8$, $x_1 = 0$ – коефіцієнти критеріального рівняння для дволопатевої мішалки [21].

Частота обертання може бути визначена за такою формулою:

$$n_0 = \frac{Re_c \cdot \mu_r}{\rho_r \cdot d^2} = \frac{1.1 \cdot 10^6 \cdot 8.9 \cdot 10^{-4}}{997.1 \cdot 0.56^2} = 3.13 \frac{1}{c}.$$

Потужність, що витрачається на перемішування суспензії:

$$N = K_N \cdot \rho_s \cdot n_0^3 \cdot d^5 = 0.844 \cdot 1090 \cdot 3.13^3 \cdot 0.56^5 = 1.556 \text{ кВт},$$

де $K_N = 0.844$ – коефіцієнт, що залежить від типу мішалки та відцентрового критерію Рейнольдса [21].

Висновок: визначено частоту обертання мішалки $n = 3.13 (1/c)$ та витрати потужності $N = 1.556 \text{ кВт}$.

4.2.3 Розрахунок лопаті мішалки

Вихідні дані:

матеріал	сталь 09Г2С ($\delta_i = 146 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$)
діаметр мішалки, d_m , м	0,56
потужність приводу, N , кВт	2
частота обертання мішалки, n , с	3,13

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

величина прибавки до розрахункової товщини, C , м

0,0018

Лопатева мішалка зображена на рисунку 4.15

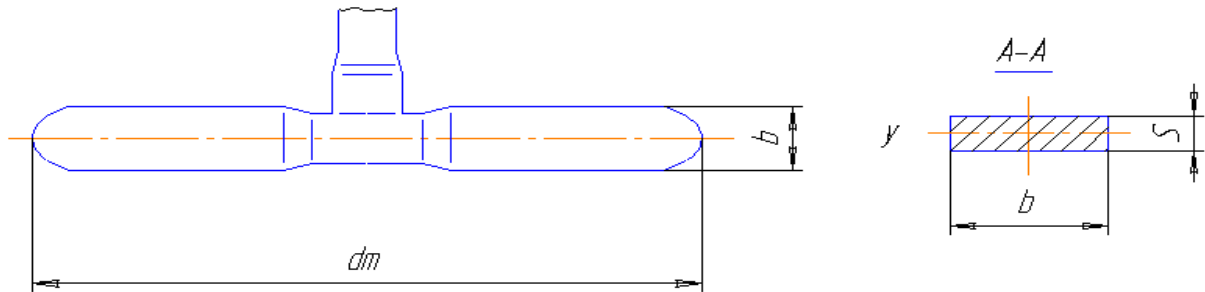


Рисунок 4.15-Лопатева мішалка

Метою розрахунку є визначення основних розмірів лопатевої мішалки, перевірка лопаті на міцність.

Розрахунок ведеться згідно [21].

Розрахунок:

Розрахунковий вигинаючий момент в перерізі А-А лопаті:

$$M = 0,0813 \cdot \frac{N}{n} = 0,0813 \cdot \frac{2 \cdot 10^3}{3,13} = 51,95 \text{ Нм.}$$

Розрахунковий момент опору поперечного перерізу лопаті відносно осі y :

$$W = \frac{M}{\delta_i} = \frac{51,95}{146 \cdot 10^6} = 3,558 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Номінальна розрахункова товщина лопаті:

$$S_0 = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{0,1 \cdot d_m}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3,558 \cdot 10^{-7}}{0,1 \cdot 0,56}} = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Повну розрахункову товщину лопаті визначаємо по формулі:

$$S = S_0 + C = (6,17 + 1,8) \cdot 10^{-3} = 7,97 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,008 \text{ м.}$

За літературними даними [21] приймаю висоту лопаті $b = 0,056 \text{ м.}$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент опору перерізу:

$$W = \frac{b \cdot (S - C)^2}{6} = \frac{0.056 \cdot (0.008 - 0.0018)^2}{6} = 3.588 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Допустимий згинаючий момент:

$$[M] = [\sigma] \cdot W = 146 \cdot 10^6 \cdot 9.56 \cdot 10^{-7} = 52.381 \text{ Нм}$$

Перевірка на міцність:

$$M \leq [M]$$

$$51.949 \text{ Нм} \leq 52.381 \text{ Нм}$$

Висновок: згинаючий момент не перевищує допустимого, умова міцності виконана. Визначені основні розміри лопатевої мішалки: товщина лопаті $S = 0,008 \text{ м}$, висоту лопаті $b = 0,056 \text{ м}$.

4.2.4 Розрахунок опори

Розрахункова схема опори зображена на рисунку 4.16.

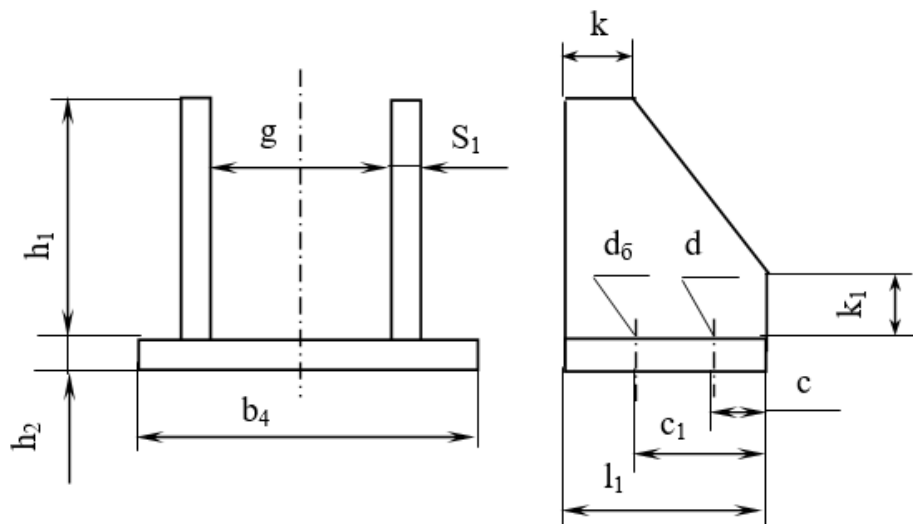


Рисунок 4.16-Розрахункова схема опори

Метою розрахунку є визначення необхідної товщини ребер опори, стійкості корпусу і, якщо необхідно, товщини підкладного листа.

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика проведення даного розрахунку складена згідно норм літературних даних [6].

Вихідні данні для розрахунку :

діаметр апарата внутрішній, D , м	2,2
число опор, z	4
вага апарата, G , кН	78
товщина стінки апарата, S , м	0,018
прибавка до товщини, C , мм	1,3
допустиме напруження, $[\sigma]$, МПа	120,6
робочий тиск, P_p , МПа	0,01
коефіцієнт зварного шва, ϕ	0,9

геометричні розміри (див.рисунок 4.16):

$g = 0,23$ м – відстань між косинками;

$b_4 = 0,27$ м – довжина пластини;

$h_1 = 0,472$ м – висота косинки;

$l_1 = 0,25$ м – ширина пластини.

Розрахунковий діаметр обичайки $D_R = D_R^H = 2,2$ м.

Необхідно зробити перевірку умови застосування формул:

$$\frac{(S - C)}{D_R} = \frac{18 - 1,3}{2200} = 0,0069 \leq 0,05 \text{ мм.}$$

Умова застосування формул виконується, тому визначаємо відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою:

$$e_1 = \frac{5 \cdot l_1}{6} = \frac{5 \cdot 0,25}{6} = 0,208 \text{ м.}$$

Загальні мембранні напруження :

$$\overline{\sigma_{my}^H} = \frac{P \cdot D_R^H}{2 \cdot (S - C)} = \frac{0,01 \cdot 2200}{2 \cdot (18 - 1,3)} = 2,75 \text{ МПа.}$$

Проводимо перевірку несучої спроможності вузла приварки опорної лапи до циліндричної обичайки без підкладного листа.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні мембранні напруження для опор типу А, зображених на рисунку 4.9:

$$\overline{\sigma_m} = \overline{\sigma_m^u} = \overline{\sigma_{my}^u} = 2,75 \text{ МПа.}$$

Визначаємо коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$\nu_2 = \frac{K_2 \cdot \overline{\sigma_m}}{1,5 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2 \cdot 2,75}{1,5 \cdot 120,6 \cdot 0,9} = 0,02,$$

де коефіцієнт $K_2 = 1,2$ [6].

Оскільки $\nu_2 > 0$ то $\nu_1 = 0,3$, де ν_1 -коефіцієнт, що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи.

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \frac{n_\tau}{K_2} = 1,26 \cdot 120,6 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 189,9 \text{ МПа.}$$

Геометричні параметри вузлів приєднання опорних лап для обичайки

$$U = \ln \frac{D_R}{2 \cdot (S - C)} = \ln \frac{2200}{2 \cdot (10 - 1,3)} = 136,7;$$

$$y_1 = \ln \frac{b_4}{D_R} = \ln \frac{270}{2200} = -2,17;$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln \frac{472}{2200} = -1,61.$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки без підкладного листа :

$$F = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S)} = \frac{78 \cdot}{2} + \frac{18,8}{2,2 + 2 \cdot (0,208 + 0,018)} = 45,6 \text{ кН,}$$

де момент визначається як :

$$M = F \cdot l = 0,024 \cdot 78400 = 1881,6 \text{ Нм,}$$

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де

$$l = 0,01 \cdot D = 0,01 \cdot 2,2 = 0,024 \text{ м,}$$

$$F = m \cdot g = 8000 \cdot 9,8 = 78400 \text{ Н.}$$

Обчислюємо допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки без підкладного листа:

$$[F] = \frac{[\sigma]_i \cdot h_1 \cdot (S - C)^2}{K_7 \cdot e_1} = \frac{189,9 \cdot 0,472 \cdot (0,018 - 0,0013)^2}{0,69 \cdot 0,208} = 47,2 \text{ кН,}$$

де коефіцієнт $K_7 = 1,2$ [6].

Робимо перевірку на необхідність підкладного листа:

$$F \leq [F] \quad \text{або} \quad 45,6 \leq 47,2 \text{ кН.}$$

Висновок: умови міцності та стійкості опори виконуються. Можна використовувати опору без підкладного листа або кільця жорсткості. Але з метою покращення експлуатації та установки апарата приварюємо підкладний лист товщиною 0,008 м.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

На виробництві виникає ряд факторів, що можуть спричиняти негативний вплив на здоров'я працівників. Для забезпечення сприятливих умов праці ці фактори мають регулюватися певними нормативно-правовими актами та відповідати стандартам.

Метою даного розділу є перевірка робочого місця працівника на відповідність нормам та розробка заходів і засобів, спрямованих на мінімізацію несприятливого впливу на працюючу людину

Розділ виконаний відповідно до рекомендацій, наведених в [22]

Темою проекту є "Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації установки виробництва хлорида калію"

Робота мішалки та сушарки контролюється оператором, що працює в операторській, що розташована в цеху. Операторська має площу приміщення 36 м² та об'єм 108 м³.

Під час роботи в операторській можуть виникати шкідливі фактори, пов'язані з:

- мікрокліматом;
- виробничим шумом;
- електробезпекою
- пожежевибухонебезпекою при надзвичайних ситуаціях

5.1 Мікроклімат

Так, як витрати енергії організму становлять близько 135 Вт, роботу оператора можна віднести до категорії легка за ДСН 3.3.6.042-99. Згідно норм в приміщенні операторської необхідно дотримуватись оптимальних умов мікроклімату.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносна вологість повітря протягом року знаходиться в межах 44–57%, швидкість повітря не перевищує 0,05 м/с, середнє значення температури в приміщенні 22 °С, проте можливі відхилення до 15 °С.

Умови мікроклімату нормуються ДСН 3.3.6.042-99. Посилаючись на ці норми для легкої категорії робіт в холодний та теплий періоди року оптимальними будуть такі характеристики повітря:

- температура 22–24 °С;
- відносна вологість 40–60 %;
- швидкість руху не більше ніж 0,1 м/с.

Для підтримання оптимальної температури в холодний період року операторська обігрівалась водяними батареями з температурою теплоносія 60–70 °С, що не давало змогу підтримувати оптимальну температуру повітря в приміщенні. Для забезпечення оптимальних температурних умов протягом всього року водяні батареї були замінені електрорадіаторами Mirtesco - 10 з можливістю регулювання температури. Для підтримання оптимальної вологості та температури повітря в теплу пору року в приміщенні встановлена система вентиляції. Для місцевої вентиляції обрано вентилятор МЦ-5 (продуктивність $L_{\min}=600\text{м}^3/\text{год}$), кількість обертів $n=1410$ об/хв; загально-обмінна вентиляція забезпечується вентилятором МЦ-6, $n=1410$ об/хв (продуктивність $L_{\min}=800\text{м}^3/\text{год}$), кратність повітрообміну $k=3$.

Після виконання рекомендацій наведених вище приміщення буде відповідати санітарним нормам ДСН 3.3.6.042-99.

5.2 Виробничий шум

В операторській на працівника впливає шум, створюваний на виробництві такими джерелами, як:

- механічні (робота транспортерів та інших машин та механізмів, де застосовуються силові передачі);

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- аеродинамічні та гідродинамічні (робота насосів, компресорів, двигунів, шуми, що виникають в результаті завихрення потоків в апаратах та кавітації)
- електромагнітні, що виникають в результаті роботи електричних машин

За ДСН 3.3.6.037-99 в операторській було виявлено еквівалентний рівень шуму величиною в 90 дБА, що не відповідає нормі в 75 дБА. Для зменшення рівня звукового на деякі елементи апаратів було встановлено віброізоляцію, також було встановлено захисні кожухи та здійснено екранування апаратів та приміщення операторської з використанням звукопоглинальних плит «Вініпор», напівжорсткі, товщиною 50 мм з повітряним прошарком 150 мм. Загальна площа облицювання складає 560 м², що дозволило зменшити рівень еквівалентного шуму до 64 дБА, що відповідає державним нормам.

5.3 Електробезпека

Через постійний контакт працівника з електрообладнанням, його металевими елементами та іншим устаткуванням, операторська є електронезбезпечним приміщенням з підвищеним ризиком ураження електричним струмом.

Електроустаткування живиться мережею з глухо-заземленою нейтраллю під напругою 380/220 В та частотою струму 50 Гц.

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

- порушення правил експлуатації електроустаткування;
- виникнення аварійних ситуацій, наприклад, пошкодженні електроізоляції.

Для попередження нещасних випадків на виробництві було встановлено систему автоматичного вимикання живлення з часом вимикання

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0,05с відповідно до норм ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Також всі частини, що проводять електричний струм покриті додатковою електроізоляцією для запобігання ураження струмом від прямого дотику при експлуатації електроустаткування.

До роботи з електрообладнанням допускається тільки електротехнологічний персонал або персонал, що пройшов інструктаж по затвердженій програмі отримав інструкції по електробезпеці з перевіркою знань та засвоїв навички по наданню першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом..

Установка заземлена відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.5-82:2016.

Електрообладнання проходить регулярний техогляд та техобслуговування. Перевірка електроізоляції на електричну міцність здійснюється струмом підвищеної напруги з частотою 50 Гц і випробувальною напругою 200 В на протязі 1 хвилини. При цьому опір ізоляції не повинен перевищувати 5 МОм.

Перевірка ізоляції провідників проводиться мегомметром М 1102/1, ТУ 25-04-798-78.

На обладнання в необхідних місцях нанесені попереджувальні знаки відповідно до норм ДСТУ Б В.2.5-82:2016.

В якості штучних заземлювачів використовуються круглі стрижні для глибокого занурення з чорної сталі без покриття діаметром 16 мм.

Заземлення виконано за вимогами ДСТУ Б В.2.5-82:2016.

5.4 Пожежевибухонебезпека при надзвичайних ситуаціях

В в операторську можуть в невеликій кількості проникати вибухонебезпечні речовини, що використовуються при виробництві хлористого калію, наприклад природний газ, що використовується як паливо при сушінні.

					<i>ЛН01мр.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як матеріал буде в малих кількостях, то утворення вибухонебезпечних сумішей виключено, тому будуть розроблятися заходи по уникненню пожежонебезпечних ситуацій.

Дивлячись на матеріали, які використовуються, визначаємо, що з точки зору пожежонебезпеки, приміщення можна віднести до категорії В (пожежонебезпечна) за ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Приміщення на виробництві також мають відповідати стандартам пожежної безпеки які мають регулюватися кваліфікованим персоналом Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 стійкість будинку відповідає степені вогнестійкості II.

Основними причинами, що можуть викликати загорання є:

- несправність електроапаратури та електропроводки;
- несправність отоплюючих і вентиляційних систем;
- порушення технологічних процесів на виробництві;
- порушення персоналом певних вимог до пожежної безпеки або безвідповідальне ставлення зі сторони працівників;
- процеси, що супроводжуються виникненням іскор;

Для попередження пожеж на виробництві застосовуються такі заходи, як проведення регулярних інструктажів з персоналом, контроль виконання протипожежних вимог та переобладнання приміщень, огляд виробництва представниками держаного контролю.

Приміщення операторської було обладнане водно-пінним вогнегасником. Цей вогнегасник не дозволяється використовувати при гасінні ділянок пожеж, що контактують з джерелами струму, тому його було замінено на порошковий вогнегасник ВП-5 при дотриманні ДСТУ 3734-98 для гасіння ділянок загорання, що підключені до електромережі. Також, згідно ДБН В.2.5-56:2014 операторська обладнана пожежним сповіщувачем полум'я за ДСТУ EN 54-10, що дозволяє своєчасно виявляти пожежу та подати сигнал тривоги для вжиття заходів при наявності відкритого полум'я.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після впровадження рекомендованих заходів пожежна безпека відповідає нормам ДБН В.2.5-56:2014. Технічне обслуговування вогнегасників проводиться згідно ДСТУ 4297-2004

Основною надзвичайною ситуацією, яка може виникнути, це небезпека вибуху при недбалому зберіганні чи використанні балонів із стисненими, зрідженими або розчиненими газами (природний газ, метан, пропан, аргон тощо). Дані балони використовуються при монтажних роботах, також природний газ використовується як паливо при сушінні, тому вони є невід'ємною частиною виробництва.

Основні причини виникнення:

- Утримання у несправному стані та створення небезпечних умов їх експлуатації;
- Зберігання в недозволенному місці;
- Спільне зберігання різних газів, а також зберігання газів з іншими рідинами;

Безпека під час зберігання:

- Для зберігання балонів застосовуються спеціально обладнані сухі приміщення висотою не менше 3,2 м,
- Стіни, перекриття та перегородки повинні бути виконані з негорючих матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості. Вікна та двері приміщення повинні відкриватися назовні. Приміщення повинно бути розділене негорючими стінами на відсіки.
- Освітлювальні прилади складів для балонів з горючими газами повинні відповідати нормам, існуючим для вибухонебезпечних приміщень.
- Спільне зберігання різних газів, а також зберігання газів з іншими рідинами не допускається.

Вимоги безпеки при виявленні витікання газу, наявності тріщин на балонах, несправності вентиля і в інших аварійних випадках:

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При виявленні аварійних випадках необхідно вжити заходів щодо недопущення сторонніх осіб в небезпечну зону.
- Необхідно доповісти керівнику робіт (який є відповідальним за безпечну експлуатацію балонів) про те, що трапилося і діяти за його розпорядженням.
- У разі наявності потерпілих надати їм домедичну допомогу, викликати швидку допомогу.
- Розрахунок прогнозування та оцінювання інженерної та пожежної обстановки під час під час вибуху сховища метану, що використовується на виробництві.

Вихідні дані:

Відстань від цеху до міста аварії (вибуху) 900 м;

маса пропану 250 т;

Характеристики елементів цеху:

будівля зі збірного залізо-бетону;

верстати важкі;

кабельні лінії наземні;

контрольно-вимірювальна апаратура наявна;

границі вогнетривкості несучих стін 2,5 год;

границі вогнетривкості перегородок 0,3 год;

категорія виробництва з пожежної безпеки В;

щільність забудови об'єкту 25%;

Розрахункова частина:

Зона I: $r_1 = 140$ м;

Зона II: $r_2 = 230$ м;

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III)

					ЛН01м.066613.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{\phi} = \frac{272}{\sqrt{1 + 7,41 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L}{Q^3} - 1}} = 29,12 \text{ кПа}$$

Ступінь руйнування будівлі – середня.

Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини.

Ступінь руйнування верстатів – слабкі.

Характеристика руйнувань промислового обладнання:

Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів.

Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні.

Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі.

Ступінь ураження людей – від прямої дії – слабкі.

Очікувана пожежна обстановка – для виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості будівель – ІІІ, при надмірному тиску 29 кПа і щільності забудови більше 25% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 40 т.

Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно- вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде менше 20 т.

Зони вибуху зображені на рисунку 5.1.

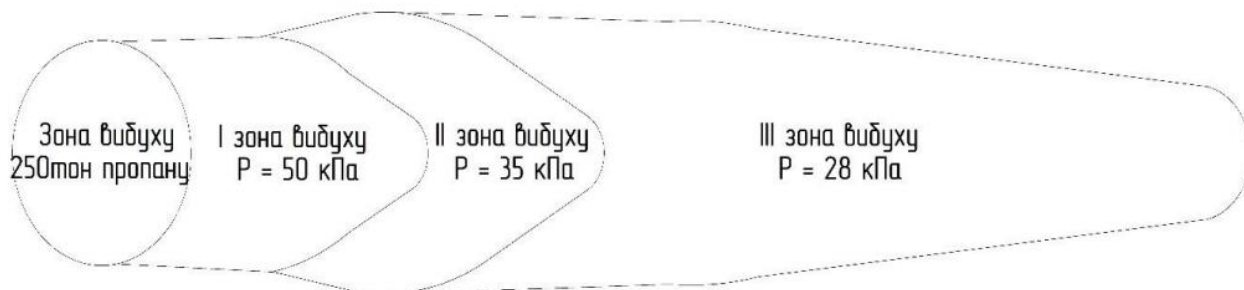


Рисунок 5.1 – Зони вибуху

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки: На відстані 900 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм, підкосів;
- верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси або ковпаки;
- кабельні лінії прокласти під землею;
- створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;
- установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення цеху;
- установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;
- порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

5.5 Схема евакуації з приміщення

У випадку будь-якої небезпеки створено 2 еваковихходи з приміщення, схема евакуації при надзвичайній ситуації зображена на рисунку 5.2.

При цьому відстань від робочого місця до дверей А=3 м, відстань від робочого кабінету до еваковихходу №1 Б = 22,5м, до еваковихходу №2 В = 2м.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

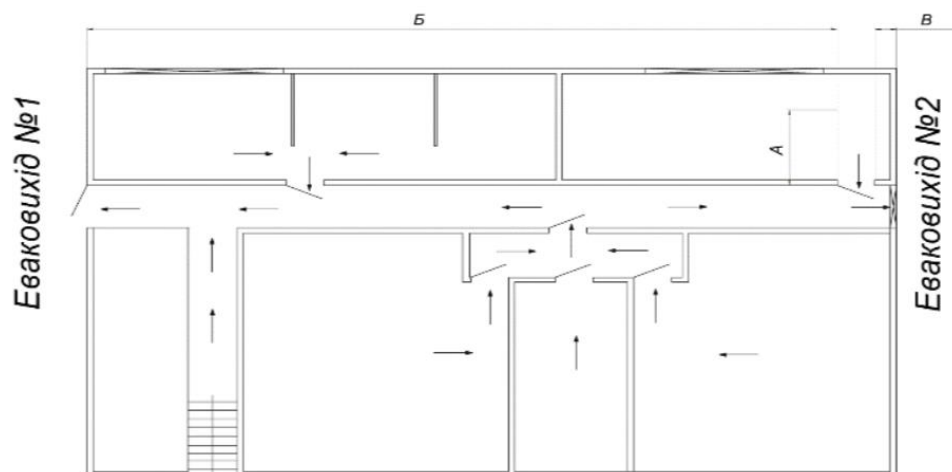


Рисунок 5.2 – Схема евакуації

Схема евакуації під час пожежи чи інших випадків задовольняє умови, згідно з СНиП 2.09.02-85, що підтверджується схемою, яка надана вище.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

Розділ виконано згідно з рекомендаціями, наведеними в [23]

Сушарка

Барабанна сушарка надходить у розібраному вигляді за допомогою тягача УРАЛ-375Д на причепі марки ЧМЗАП-5530.

Для приймання апарату призначається відповідальна особа з числа ІТП, якою здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт і записує в журнал "Прийому та огляду обладнання". Готовність сушарки під монтаж оформлюється актом, підписаним представниками замовника, монтажної організації.

Після перевірки стану конструкції підписується акт "Приймання-здачі обладнання". Після підписання акта відповідальність за обладнання несе монтажна організація.

Підйом барабанної сушарки здійснюється пневмоколісними стріловими самохідними кранами, так як цей спосіб не потребує тривалих підготовчих робіт.

Спосіб підйому барабанної сушарки двома стріловими кранами є безпечним і зручним.

Обладнання на невеликі відстані в межах монтажної зони може переміщуватися як горизонтальною, так і похилою площинами різними способами: на санях, підкладних листах, волоком, на катках, на спеціальних візках по рейкових коліях, шляхом перекочування, шляхом перевезення на причепах-важковозах.

Для стропування використовують 4-х гілковий строп зі сталі, що виготовляються у вигляді замкнутої петлі, за допомогою укладання перевитих між собою витків каната навколо центрального витка.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлуатувати стрілові самохідні крани на монтажі технологічного обладнання та конструкцій слід відповідно до ПВР чи технологічної карти, розробленої спеціалізованою організацією з повним відображенням у них вимог безпеки, передбачених ДБН А.3.2-2-2009.

Техніка безпеки при організації майданчика для експлуатації кранів, перед початком виконання робіт з кранами (включаючи їх демонтаж для переміщення дорогами, переміщення своїм ходом, на буксирі або на транспортних засобах до місця виконання робіт, монтаж та встановлення на майданчику), під час та по закінченні роботи кранів, електро- та пожежна безпека та заходи безпеки в аварійних ситуаціях повинні відповідати нормам ДБН А.3.2-2-2009.

Під час підйому та переміщення вантажу двома кранами необхідно перевірити забезпечення точної прив'язки кожного крана до певних точок на майданчику. Слід скорочувати до мінімальної різницю між швидкостями підйому (та опускання) гаків кранів, використовувати, по можливості, не більше одного сигнального пристрою (щоб час виконання команд складав 3 - 5 с) , необхідно здійснення безперервного підйому (опускання) гака крана з меншою швидкістю, а гака крана, що має більшу швидкість із зупинками і запобігати одночасної подачі двом кранам протилежних команд. Слід увесь час контролювати візуально чи за допомогою спеціального обладнання кут нахилу площини стропування до горизонтальної площини (для уникнення перевантаження крану).

Виробничі території мають бути обладнані засобами пожежогасіння згідно з Правилами пожежної безпеки. Для своєчасного гасіння пожеж у цехах і складах встановлюють кнопкову електросигналізацію для виклику заводської або районної команди пожежників, а також аварійне освітлення.

Щоб барабанна промислова сушарка справно працювала необхідно дотримуватись умов експлуатації, періодично проводити технічне обслуговування, стежити за станом всіх вузлів і механізмів. У разі експлуатації

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

барабанної сушарки на відкритому повітрі за мінусових температур слід встановити вологостійку теплоізоляцію, щоб знизити тепловтрати та підвищити продуктивність.

Теплоносій сушильного барабана – гаряче повітря. Джерелом тепла можуть бути пальники - газові, дизельні, масляні, або котли на дровах, вугіллі і т.д. Теплоносій може прямо контактувати з матеріалом, або нагрівати внутрішні елементи сушарки, не контактуючи з матеріалом.

Для очищення повітря на виході сушильної камери встановлюють циклони пиловловлювачі, щоб забезпечити захист навколишнього середовища та зробити сушарку безпечною для обслуговуючого робочого персоналу.

Мішалка

До монтажу та експлуатації мішалок повинен допускатися лише кваліфікований персонал, який має знання та досвід з монтажу та обслуговування подібного обладнання, ознайомленого з конструкцією мішалки та дійсного посібника з експлуатації.

Максимальна температура середовища, 50°C. Допускається короткочасна робота (15 хвилин) при температурі 55°C з наступною перервою протягом 45 хвилин.

Мішалка має бути занурена вантажопідйомним механізмом (достатньо необхідною вантажопідйомністю) на максимально можливу глибину, проте при цьому необхідно дотримуватися мінімального зазору $H_{\min} = 200$ мм між зовнішнім колом лопатей пропелера і поверхнею днища резервуара.

Монтаж шарнірів прямої а також шарніра підйомного пристрою до направляючої виконується за місцем зварювання дуговий в захисному газі за ГОСТ 14771-76 з використанням зварювального дроту нержавіючого згідно з ГОСТ 2246-70. Зварювальний шов виконати за контуром.

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При монтажі шарнірів напрямної необхідно забезпечити їх співвісність. При недотриманні цієї вимоги конструкція поворотного пристрою час експлуатації буде не працездатна (відбуватиметься «заклинювання» пристрою). Тому перед монтажем шарнірів напрямної необхідно виконати розмітку осі симетрії направляючої на підготовлений до зварювання поверхні. Також можна скористатися «шаблоном», який постачається в комплекті з поворотним пристроєм.

При монтажі тримача напрямної до стіни та опори направляючої до підлоги також необхідно забезпечити співвісність осей обертання даних деталей (вісь обертання напрямної). Для цього рекомендується використовувати висок, який постачається в комплекті з поворотним пристроєм. Після проведення монтажних робіт необхідно змастити поверхні шарнірів напрямної та шарніра підйомного механізму. Мазильний матеріал – Солідол, Літол-24.

Пуск мішалки.

Здійсніть підключення до електромережі згідно з маркуванням на кінцях кабелів у відповідність до наведених монтажних схем (згідно з паспортом на шафу управління).

Розташуйте мішалку таким чином, щоб було забезпечено візуальне спостереження за обертанням лопаті. Перед зануренням запустіть мішалку в середовищі для перемішування на 2-3 секунди послідовним натисканням кнопок «Пуск» (загоряється світлодіод «Робота») та «Стоп», та уважно спостерігаючи за обертанням робочого колеса, визначити його напрямок. Лопать повинна обертатись у напрямку стрілки, як зображено на корпусі мішалки.

Під час експлуатації мішалка повинна бути повністю занурена в середовище, що перемішується. Лопать не повинна засмоктувати повітря. У перемішуваному середовищі має спостерігатися спокійний рух рідини. Мішалка не повинна занадто вібрувати.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Причинами нерівномірного руху середовища, що перемішується, і вібрування можуть бути:

- Занадто інтенсивне перемішування у маленьких стінках.
- Запобігання вільному входу та виходу рідини в області направляючого кільця, якщо воно встановлено.

Виправити ці недоліки можуть допомогти зміна положення чи напрямку мішалки.

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації і уніфікації

При конструюванні машин та апаратів для хімічної і нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації та уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації і при необхідності переходу на нові режими роботи.

7.1 Рівень стандартизації та уніфікації барабанної сушарки

Загальна кількість деталей $N = 1334$, з них стандартних $n_c = 853$, запозичених $n_z = 94$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{853}{1334} = 0,52.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{853 + 94}{1334} = 0,58.$$

7.2 Рівень стандартизації та уніфікації мішалки

Загальна кількість деталей $N = 629$, з них стандартних $n_c = 453$, запозичених $n_z = 12$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{453}{629} = 0,72.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{453 + 12}{629} = 0,739.$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розробка стартап-проекту

Розділ розроблено за допомогою методик наведених в [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

8.1 Опис ідеї проекту

Ідея стартап-проекту полягає в тому, щоб виготовляти лопатеві мішалки марки “Stirrer-pro” з модернізованими лопатевими лопатями, в яких встановлені допоміжні перегородки. Це дасть змогу суттєво збільшити ефективність перемішування при їх використанні і зайняти високі місця у ціновому сегменті на даному ринку.

Зміст ідеї, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару, занесені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Стартап надання консультативних та інженерних послуг з інтенсифікації процесу перемішування та суспензювання на виробництвах у різних галузях промисловості за рахунок виготовлення лопатевих мішалок з модернізованими лопатями, в яких встановлені допоміжні перегородки	Харчова промисловість	Запропонована лопатева мішалка забезпечує необхідний режим перемішування в мішалці, що забезпечує інтенсифікацію процесу перемішування, а отже і ефективність при експлуатації перемішувального апарату.
	Хімічна промисловість	
	Нафтопереробна промисловість	
	Фармацевтична промисловість	
	Інші галузі промисловості	

Нашими конкурентами є апарати з лопатевими, рамними, турбінними, пропеллерними перемішуючими пристроями. Перевага запропонованої мішалки в тому, що вона виконує ті ж самі функції, що й інші, але з більшою ефективністю і меншою енергозатратою.

Порівняльний аналіз показників власної ідеї: гірші значення (W, слабкі), аналогічні (N, нейтральні) значення, кращі значення (S, сильні) наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
	Модернізована мішалка	Рамна мішалка	Турбінна мішалка	Пропеллерна мішалка			
Новизна	Новий	Не новий	Не новий	Не новий	-	-	+
Ціна	110тис. грн./од.	135тис. грн./од.	128тис. грн./од.	140тис. грн./од.	-	-	+
Економія	Малі витрати на ресурси та енергію	Малі витрати на енергію	Немає економії	Малі витрати на ресурси	-	-	+
Вихід на ринок	Адаптованість на суміжні ринки	Адаптованість на суміжні ринки та можливість виходу на закордонний ринок			-	+	-

Висновок. З вище приведеної таблиці, робимо висновок, що стартап-проект є доцільним, і має всі причини для розвитку.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Результати наведено в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Виготовлення лопатевих мішалок з модернізованими лопатями, в яких встановлені допоміжні перегородки, за рахунок цього буде забезпечено інтенсифікацію процесу перемішування із забезпеченням необхідної надійності використання обладнання.	Готове обладнання та елементи лопатевих мішалок	Всі технології існують і використовуються для створення і лопатевої мішалки, шляхом заміни звичайних лопатей на модернізовані	Всі технології доступні
	Попередні зразки лопатевих мішалок		

Висновок: технологічна реалізація проекту можлива. Доцільно вдосконалювати готове обладнання або окремі його елементи, а не виготовляти лопатеву мішалку за попередніми зразками, так як на вдосконалення використовується менше ресурсів і часу.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

На даний момент виробництво лопатевих мішалок в Україні знаходиться на етапі стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що наша продукція користується великим попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації, тому вона має гарне фінансування.

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

На рисунку 8.1 зображено динаміку ринку.

Враховуючи вище наведене, можна говорити, що дана продукція і надалі буде мати гарні перспективи. З кожним роком всі галузі промисловості (фармацевтична, харчова, хімічна, нафтопереробна та інші) стрімко розвиваються як в нашій країні так і за кордоном. І тому попит на мішалки буде зростати, а разом з цим і зростатиме потрібність у більшій їх кількості.



Рисунок 8.1 – Динаміка ринку лопатевих мішалок в Україні [32]

Не важко зрозуміти, що саме впровадження інновації дасть збільшення попиту на продукцію. І ці інновації мають бути спрямовані на збільшення ефективності використання продукції. Тоді галузі промисловості, з розвитком, повинні будуть закуповувати більше наших апаратів та замінювати старі на більш ефективні нові, для економії на енергозатратах, щоб на цьому заробити. Аналіз попиту, обсяг та динаміка розвитку ринку наведено в таблиці 4.

За результатами аналізу таблиці 4 можна сказати, що ринок є привабливим для входження, так як знаходиться на етапі насичення та

стабільності, а отже мішалки актуальні для виготовлення та продажі споживачам.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців в Україні, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100-150 тис.
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Насичення і стабільність
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Нестандартизова лопатева мішалка
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Перевірка на відповідність затвердженим стандартам
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	67

Потенційні групи клієнтів, їх характеристики та орієнтовний перелік вимог до товару наведено в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4
Економія при використанні перемішуючого обладнання	Харчова, хімічна, нафтопереробна, фармацевтична та інші галузі промисловості.	Методика перемішування однакова для будь-яких галузей промисловості. В зв'язку з цим, не буде відмінностей у апаратах.	-до продукції: та енергозбереження при використанні -до компанії-постачальника: низька ціна

Фактори, що перешкоджають ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому сприяють наведено в таблиці 8.6 та 8.7 відповідно.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3
Можливість виходу на європейські ринки	Не відповідність законів	Знання міжнародного законодавства
Наслідки світової економічної кризи у наслідок пандемії коронавірусної хвороби	Недостатнє фінансування сфери хімічного приладобудування, відсутність інвесторів	Пошук шляхів здешевлення товару без компенсування цього за рахунок його якості
Падіння рівню промислового виробництва в країні	Мала кількість місць впровадження технології	Пошук закордонних клієнтів
Поява нових лопатевих мішалок	Поява нових конкурентів	Постійний розвиток та вдосконалення товару, орієнтація на постійних клієнтів
Консервативний менталітет українських клієнтів	Вибір перевірених технологій перевірених виробників замість інноваційної	Демонстрація на практиці переважання якості товару за рахунок його інноваційності
Прагнення покупців торгуватися	Втрата потенційних клієнтів через велику вартість товару та послуг	Співпраця з клієнтами на взаємовигідних умовах поступок
Орієнтація споживачів на певну торгівельну марку	Втрата потенційно важливих клієнтів	Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом,

Продовження таблиці 8.6

1	2	3
Прагнення постачальників торгуватися	Втрата важливих постачальників	Дипломатичність у спілкуванні з постачальниками, при необхідності просування компаній- постачальників
Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи	Втрата постійних постачальників	Наявність зв'язків з різними постачальниками, що можуть бути взаємозамінні
Внутрішня контактна аудиторія підприємства	Зниження продуктивності розробок за рахунок поганих відносин у колективі	Підвищення командного духу, проведення тимблдингів, корпоративів, пошук спільних інтересів
Засоби масової інформації	Просування конкурентів, публікація неправдивої інформації	Просування власного бренду за рахунок взаємодії з різними видами ЗМІ
Суперництво між наявними конкурентами	Витіснення конкурентами компанії з ринку	Порівняння, аналіз товару конкурентів, запозичення гарних тенденцій та запобігання помилок конкурентів
Поява нових конкурентів	Рівень інноваційності нових конкурентів перевищить рівень інноваційності компанії	Моніторинг ринку, спроби технологічно випереджувати конкурентів

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	2	3
Підвищення цін на енергоресурси	Розробка нових проектів енергозбереження	Проведення енергоаудитів, створення енергоефективних виробництв
Діяльність підприємств машинобудівної галузі регулюється законодавчими фактами і законами	За допомогою ліцензування та сертифікації можна підвищувати якість реалізованих товарів і послуг.	Дотримання захисту прав споживачів, забезпечення безпеки праці, часу роботи, мінімальної заробітної плати
Наявність сільськогосподарського аспекту в Стратегії сталого розвитку України	Отримання державних інвестицій для впровадження технології	Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій
Можливість виходу на європейські ринки	Нові клієнти в Європі та світі	Відповідність до стандартів Європейського середовища
Інтенсивний розвиток	Для того, щоб бути конкурентоспроможним, підприємству необхідно відповідати все більш зростаючим вимогам до технології та обладнання.	Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом
Людський фактор, що виражається у бажанні позбавитися від зайвої роботи	Перевага над конкурентами за якістю та надійністю апаратів, що виготовляються	Вдосконалення лопатевих мішалок
Прагнення постачальників торгуватися	Домовленість на взаємовигідних умовах поступок	Дипломатичність у спілкуванні з постачальниками, при необхідності просування компаній-постачальників

Продовження таблиці 8.7

1	2	3
Внутрішня контактна аудиторія підприємства	Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності	Підвищення командного духу, проведення тимбіндингів, корпоративів, пошук спільних інтересів
Доступність засобів масової інформації	Просування власного бренду Здобування	Просування власного бренду за рахунок взаємодії з різними видами ЗМІ Співпраця з цими спільнотами,
Професійно-технічні конференції, спільноти	підприємством «власного імені» у професійно-технічній спільноті	відвідування тематичних заходів, використання будь-якої можливості заявити про себе

В таблиці 8.8 показано загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	2	3
1. Тип конкуренції: Монополістична	Лопатева мішалка кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником мішалки, який реалізують інші фірми. Диференціація лопатевих мішалок створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Стартап-проект повинен робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.

Продовження таблиці 8.8

1	2	3
2. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Лопатеві мішалки можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленої лопатевої мішалки, яка спрямована на зниження енергозатрат.
3. Рівень конкурентної боротьби: Національна - конкуренція	Всі продукти конкурентів доступні на всій території України	Охопити весь ринок України
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем вдоволення певних його потреб продукцію.	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб та точок зору різних категорій клієнтів
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Аналіз цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні автоматичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Після аналізу конкуренції проведено більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за М. Портером, результати наведено в таблиці 8.9

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	1	2	3	4	5
Складові аналізу	«ЯМЗ» (К), «Майнхаус» (КСК), «ТехсервісІН» (Т), « Ecology Tech Energy» (С)	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторських робіт	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика за кордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними Конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптованим для видозмінених компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники

В результаті аналізу конкуренції можна зробити висновок, що слабкою стороною проекту є те, що клієнт прихильний до відомих брендів перевірених часом, а сильною – ціна відповідає якості товару та адаптованість на ринок за кордон.

На основі вище наведеного аналізу конкуренції та факторів внутрішнього та зовнішнього маркетингового середовища приводяться фактори конкурентоспроможності в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість виробництва продукції знижується.
Технології	Впровадження модернізованої лопатевої мішалки не було застосовано в цьому напрямку раніше, тому використання нової, модернізованої мішалки буде привертати увагу для споживачів та інвесторів за рахунок інновацій.
Енергозбереження	Завдяки підвищенню ефективності використання модернізованих лопатей підвищується ефективність процесу перемішування. Це дозволяє отримувати більше якісного продукту з меншою витратою енергії
Ресурсозбереження	Завдяки підвищенню ефективності використання модернізованих лопатей підвищується ефективність процесу. Це дозволяє отримувати більше якісного продукту з меншою витратою ресурсів

За факторами конкурентоспроможності в таблиці 8.11 наведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін виготовлення модернізованих лопатевих мішалок

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з “Stirrer-pro”						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	18			К, Т	КСК	С		
2	Технології	20	Т,С	К	КСК				
3	Енергозбереження	18		К,С	КСК	Т			
4	Ресурсозбереження	15		КСК	Т,С	К			

* («ЯМЗ»– (К), «Майнхаус»– (КСК), «ТехсервісІН» – (Т), « Ecology Tech Energy» – (С)).

З таблиці 8.11 видно, що сильною стороною є: інноваційність технології, енергозбереження та ресурсозбереження. Слабкою стороною є ціна виготовлення обладнання.

На основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін складено SWOT-аналіз у таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Доступна ціна - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту на суміжні ринки	- Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування - Неможливість виходу на закордонний ринок
Можливості	Загрози
- Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок - Можливість виходу на закордонний ринок	- Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування галузі державою, відсутність інвесторів в Україні - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Висока конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи

В таблиці 8.13 наведено альтернативні шляхи впровадження стартап-проекту.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1	2	3
1. Підведення товару компанії до вимог та стандартів ЄС	Незадоволеність клієнтів-консерваторів, що звикли тільки до ГОСТу	Подолання конкуренції посиленням на європейські стандарти якості
2. Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій	Втрата додаткових інвесторів, що не захотять ділити прибуток з державою	Впровадження технології на державний рівень та вищі
3. Пошук клієнтів-новаторів. Спроби приваблювати консерваторів доведенням якості систем		Розширення клієнтської бази
4. Використання різноманітних способів просування, створення презентацій, перевірка дійсної якості товару		Формування «імені» бренду, яке впізнають
5. Демонстрація на практиці переважання якості товару за рахунок його інноваційності		Зміна ставлення до інновацій, розширення меж потенціальних клієнтів
6. Підтримання співпраці з постійними клієнтами	Недостатня кількість уваги новим клієнтам	Підтримання стабільної бази постійних клієнтів
7. Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом	Втрата важливих елементів перевірених технологій в пошуках кращого	Створення принципово нового, більш інноваційного продукту
8. Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом, підтвердження якості товару		Формування «імені» бренду, яке впізнають, розширення клієнтської бази, знаходження компаній для співпраці
9. Співпраця з науково-технічними спільнотами, відвідування тематичних заходів, використання будь-якої можливості заявити про себе		Формування «імені» бренду, яке впізнають, розширення клієнтської бази, знаходження компаній для співпраці

Як висновок можна зробити, що оптимальніший шлях – адекватне комбінування напрямів та шляхів розв'язання проблеми; всебічне просування

власного бренду; невпинна праця над якістю, енергоефективністю та ергономічністю товару.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку (опис цільових груп потенційних споживачів), що наведено в таблиці 8.14.

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входження у сегмент
Приватні компанії хімічної та нафтопереробної промисловості	75%	71%	Конкуренція відносна. Попит залежить від розміру компанії та фінансового стану	Спілкування на пряму з представниками підприємства дає більшу імовірність заробити прихильність у клієнта
Державний сектор різних галузей промисловості (хімічна, легка, харчова та інші)	61%	37%	Висока конкуренція, оскільки більшість конкурентів працюють на державному рівні	Є певна складність, оскільки компанія ще не має власного імені та позитивної репутації
Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній хімічної та нафтопереробної промисловості, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні				

Для роботи на ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (таблиця 8.15).

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Максимальне зниження ціни	Масовий маркетинг	Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість	Стратегія лідерства по витратах
Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Висновок. Основним обраним сегментом компанії є підписання довгострокових контрактів з клієнтами

Після чого вибирається стратегія конкурентної поведінки (таблиця 8.16)

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є «першопрохідцем»?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Треба починати з клієнтів, не обираючи відомий бренд, тих, хто готовий експериментувати	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

Потім розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару 3. Необхідна ефективність використання мішалки	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	1. Висока ефективність використання та надійність лопатевої мішалки. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком розробки маркетингової програми стартап-проекту є формування маркетингової концепції товару, яку отримує споживач (таблиця 8.18).

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Потреба в економії, яку забезпечує запропонована лопатева мішалка	Збільшення чистого прибутку шляхом економії ресурсів. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та якості товару

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту, його фізичні складові, особливості його надання (таблиця 8.19).

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Обрана альтернатива розвитку проекту	Сутність та складові		
1	2		
I. Товар за задумом	Головна потреба споживача полягає в економії, яку задовольняє товар. покращення якості готового продукту – мішалки, зокрема лопаті; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Лопатеві мішалки, особливістю яких є використання модернізованих лопатевих мішалок. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна 4. Інноваційність технології	–	Можна встановити на будь-якому зручному місці, заздалегідь підготовленому, для обслуговуючого персоналу. Захищені від потрапляння води та інших речовин, компоненти.
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Тестування проводиться перед встановленням, а також на місці.		
	Пакування –пакування із спеціальними захисними матеріалами для уникання деформацій чи пошкодження		
	Марка: «Stirrer-Pro»		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи		
	Після продажу: • впровадження; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.			

Після цього проводиться визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20).

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари - аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
100-150 тис. грн	80-140 тис. грн.	20-50 тис. грн. за придбану одиницю товару	Верхня: 130 тис. грн Нижня: 80 тис. грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту (таблиця 8.21).

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

Специфіка Закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень. Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, наведено в таблиці 8.22.

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та Ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Інтернет, наукові конференції, виставки модернізації лопатевих мішалок та їх виготовлення.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Наочна демонстрація Даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.

8.6 Висновки

Як висновок можна сказати, що виробництво лопатевих мішалок знаходиться на етапі стабільності. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації. Слабкою стороною проекту є те, що клієнт прихильний до відомих брендів перевірених часом, а сильною – ціна відповідає якості товару та адаптованість на ринок за кордон. Проект є конкурентоспроможним, присутня інноваційність технології, доступна ціна, енерго- та ресурсозбереження, адаптованість продукту на суміжні ринки, можливість виходу на закордонний ринок. Для ринкової реалізації продукту було обрано альтернативу підписання довгострокових контрактів та максимальне зниження ціни. Подальша імплементація проекту доцільна.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

Висновки

У магістерській дисертації на тему “Розроблення барабанної сушарки та змішувача для модернізації установки виробництва хлориду калію” проведено модернізацію лопатевої мішалки, що полягає в заміні лопаті на нову, яка виконана у вигляді нерухомих дефлекторних лопатей. Зазначені нерухомі дефлекторні лопаті розміщені під кутом до радіального напрямку, тому при обертанні змішувача відбувається не тільки примусове переміщення рідини перед лопаткою, а й часткове витікання через щілини в змішувальному пристрої. Тому модернізований змішувач дозволяє підвищити ефективність процесу змішування та гомогенізації середовища.

Для виконання поставленого завдання проведено огляд існуючих конструкцій на основі якого зроблено обґрунтований вибір конструкції апаратів. Проаналізовано і порівняно вибрані конструкції з кращими вітчизняними і світовими аналогами в результаті чого встановлено, що апарати не містять принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах.

Виконано параметричний та конструктивні розрахунки мішалки. Виконано параметричний розрахунок барабанної сушарки та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність. Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Результати проведених розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку, що включає дані відповідності розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. Наведені рекомендації з виготовлення, монтажу й експлуатації розробленого апарата. Розроблено стартап проект.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V18.1 та включає: одне складальне креслення мішалки формату А0, шість креслень формату А1, що містять: технологічну схему установки виробництва хлориду калію, складальні креслення сушарки, корпусу сушарки, корпусу мішалки,

					<i>ЛН01мр.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

схему автоматизації, складальне креслення кондуктора, два плакати формату A1, креслення осі формату A3. До складальних креслень складені специфікації.

За період виконання дисертації опубліковано чотири тези на міжнародних конференціях та статтю у фаховому журналі, де з наукової точки зору було обґрунтовано доцільність модернізації методом CFD моделювання в середовищі SolidWorks.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В магистерской диссертации по теме “Разработка барабанной сушилки и смесителя для модернизации установки производства хлористого калия” проведена модернизация лопастной мешалки, заключающаяся в замене лопасти на новую, выполненную в виде неподвижных дефлекторных лопастей. Указанные неподвижные дефлекторные лопасти размещены под углом к радиальному направлению, поэтому при вращении смесителя происходит не только принудительное перемещение жидкости перед лопаткой, но и частичное вытекание через щели в смесительном устройстве. Поэтому модернизированный смеситель позволяет повысить эффективность процесса смешивания и гомогенизации среды.

Для выполнения поставленной задачи проведен обзор существующих конструкций, на основе которого сделан обоснованный выбор конструкции аппаратов. Проанализированы и сравнительно выбраны конструкции с лучшими отечественными и мировыми аналогами, в результате чего установлено, что аппараты не содержат принципиальных решений предложенных в рассмотренных патентах.

Выполнены параметрические и конструктивные расчеты мешалки. Произведен параметрический расчет барабанной сушилки и расчеты основных узлов и элементов на прочность. Расчеты на прочность выполнены согласно действующим государственным и отраслевым стандартам.

Результаты произведенных расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку, включающую данные соответствия разработанной конструкции требованиям техники безопасности. Представлены рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации разработанного аппарата. Разработан стартап проект.

Графическая часть проекта выполнена в среде КОМПАС 3D V18.1 и включает: один сборочный чертеж мешалки формата А0, шесть чертежей

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формата А1, содержащие: технологическую схему установки производства хлорида калия, сборочные чертежи сушилки, корпуса сушилки, корпуса мешалки, схему автоматизации, сборочный чертеж кондуктора, два плаката формата А1, чертеж оси формата А3. К сборочным чертежам составлены спецификации.

За период выполнения диссертации опубликованы четыре тезиса на международных конференциях и статья в профессиональном журнале, где с научной точки зрения обоснована целесообразность модернизации методом CFD моделирования в среде SolidWorks.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the Master's thesis on the theme: " Development of mixing device and drum dryer for modernization of potassium chloride production plant" was carried out modernization of the paddle stirrer, which consists in replacing the impeller with a new one, which is accomplished in a form of immobile deflector blades. The mentioned immobile deflector blades are placed angularly to radial direction, therefore, during rotation of mixer, it takes place not only forced move of liquid in front of blade, but also partial leaking thorough the splits in mixing device. Therefore, the modernized impeller allows to increase the effectivity of mixing process and homogenization of medium.

To accomplish the task, a review of existing structures was carried out, on the basis of which a substantiated choice of the design of the device was made. The comparatively selected designs with the best domestic and world analogues were analyzed and as a result it was established that the device does not contain the principal solutions are proposed in the considered patents.

The calculations have been carried out, confirming the efficiency and reliability of the design. The parametric calculations and calculations on the strength of the main units and parts of devices was carried out. The calculations on durability were executed in accordance with current state and industry standards.

The results of the calculations are summarized in the explanatory note, which includes the data of conformity of the developed design to safety requirements. The recommendations for the manufacturing, installation and operation of the developed device are given. Startup-project was developed.

The graphic part of the project is made in COMPAS 3D V18.1 and includes one assembly drawing of the stirrer in A0 format, six drawings in A1 format: production scheme of the potassium chloride, assembly drawings of the dryer, dryer body, mixer body, automation scheme, assembly drawing of the conductor, two A1 format posters, A3 format axis drawing.

					<i>ЛН01мн.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

During the period of performance of the thesis were published four abstracts at international conferences and an article in a professional journal, which from a scientific point of view shows the feasibility of modernization by CFD modeling in SolidWorks.

Перелік посилань

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. 1 – Л.: Химия, 1974. – 792 с.
2. А.В. Лыков Тепло - Массообмен в процессах сушки. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1956. – 464 с
3. Б.С. Сажин Основы техники сушки, М.: Химия, 1984, 320 с.
И.Ю. Деревський, О.В. Мартинюк, 1992. – 52 с
Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
4. Чернобыльский И. И., Тананайко Ю. М., Сушильные установки химической промышленности. – К.: Техника, 1969. – 280 с
5. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
6. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Patent application CZ34949 (U1). Drum dryer / Řičica Zdeněk [CZ]; Kývalová Jana [CZ]; Bezděk Pavel [CZ] – 2021-03-23
8. Patent application CN210569678 (U). Energy-saving double-drum dryer / Xu Zhiming – 2020-05-19
9. Patent application RU202932U1. Барабанная сушилка/ Александр Борисович Голованчиков, Антон Анатольевич Шурак, Николай Анатольевич Меренцов, Вадим Сергеевич Пересыпкин, Никита Владимирович Харланов – 2021-03-15
10. Patent application RU205150U1. Барабанная сушилка/ Александр Борисович Голованчиков, Антон Анатольевич Шурак, Николай Анатольевич Меренцов, Леонид Саввич Рева, Петр Сергеевич Васильев, Александр Викторович Качанов – 2021-06-29

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Patent application UA146324U. БАРАБАННА СУШАРКА / Шаповалов Юрій Олександрович (UA), Семенов Миколай Миколайович (UA), Соломонюк Денис Миколайович (UA), Проскурін Аркадій Юрійович (UA) – 10.02.2021
12. Patent application CN112973518 (A). Building construction stirrer with double-paddle asynchronous rotation / Zhou Min; Chen Zhihui; Zhang Donghai – 2021-06-18
13. Patent application CN112619465 (A). Stirring paddle and stirrer / Yang Fengling; Sun Haiyao; Liu Wenping – 2021-04-09
14. Patent application US2021031157 (A1). Mixing paddle/ Walters Francis – 2021-02-04
15. Patent application CN112263924 (A). Combined stirring paddle / Zou Liang; Zhou Pengcheng; Zhu Shijie; Xu Yanhong; Wang Hang – 2021-01-26
16. Patent application RU2752563C1. Мешалка / Олег Алексеевич Мамаев, Сергей Анатольевич Панов, Константин Александрович Манченко, Юрий Лазаревич Брейтер – 2021-07-29
17. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд 2-е перераб. – М: Химия, 1991г. – 496 с
18. Stelmach, J.; Kuncewicz, C.; Szufa, S.; Jirout, T.; Rieger, F. The Influence of Hydrodynamic Changes in a System with a Pitched Blade Turbine on Mixing Power. Processes 2021, 9, 68. <https://doi.org/10.3390/pr9010068>
19. Brůha, T.; Procházka, P.; Uruba, V. Investigation of Low-Frequency Phenomena within Flow Pattern in Standard Mixing Vessel Induced by Pitched Blade Impeller. Processes 2021, 9, 545. <https://doi.org/10.3390/pr9030545>
20. Jirout, T.; Jiroutová, D. Application of Theoretical and Experimental Findings for Optimization of Mixing Processes and Equipment. Processes 2020, 8, 955. <https://doi.org/10.3390/pr8080955>

- 21.Стороженко, В. Я. Реактори об'ємного типу з перемішувальними пристроями (розрахунок та конструювання) [Текст] : навч. посіб. / В. Я. Стороженко, В. А. Смирнов. - Суми : СумДУ, 2011. - 283 с.
- 22.Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська ; за ред. О. Г. Левченка.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 420 с.
- 23.Мікульонок І.О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 412 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2061>.
- 24.Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>
- 25.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
- 26.Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266
- 27.Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management

					ЛН01мн.066613.001 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

of innovations. – 3'2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

28.Yudina Nataliya. Business Forecasting of Marketing Activity Riskiness of Companies in Markets. *Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"*. №17(2020). P. 372-383. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216380/>

29.Nataliya Yudina, Olena Pidlisna Marketing Perception Of Technological Uncertainty By Decision-Makers. *Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-10 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/238105>

30.Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. *Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>

31.Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

					ЛН01мн.066613.001 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 32.Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).
<http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>
- 33.Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа :
http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.
- 34.Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу :
<http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технологія виготовлення осі опорної станції сушарки

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	120
А.1 Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі машини	121
А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі	121
А.2.1 Вибір типу заготовки	121
А.2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	122
А.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	123
А.3.1 Вибір технологічного процесу обробки поверхонь деталі	124
А.3.2 Розрахунок припусків на точіння чорнове $\varnothing 106$ розрахунково-аналітичним методом.....	124
А.3.3 Розрахунок режимів різання для точіння чорнового $\varnothing 106$	126
А.3.4 Розрахунок норм часу для точіння чорнового $\varnothing 106$	128
А.4 Опис конструкції та розрахунок кондуктора для свердління отворів....	129
Перелік посилань.....	131

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ								
Зм.	Лист	№ док.ум.											
Разроб.	Калиновський				Технологія виготовлення осі опорної станції сушарки				Літ.	Лист	Листів		
Перев.	Любека										119	11	
									КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ				
Н.Контр.													
Затв.													

Вступ

Метою даного розділу пропонованого дипломного проекту є розроблення технології виготовлення деталі – вісі упорної станції барабанної сушарки.

Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- аналізується призначення деталі та умови її роботи;
- обирається заготовка та спосіб її отримання;
- здійснюється аналіз технологічності деталі;
- визначаються припуски на обробку осі;
- розроблюється маршрутний технологічний процес виготовлення осі;
- здійснюється вибір обладнання, верстатних пристосувань та інструменту для механічної обробки деталі;
- розраховуються режими різання та норми часу на виготовлення деталі;
- розробляється та розраховується спеціальне верстатне пристосування;
- виконується робоче креслення деталі та складальне креслення пристосування з специфікацією;
- заповнюються операційні карти на всі операції механічної обробки заготовки.

Всі етапи виконуваних робіт детально описані в даній пояснювальній записці.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A.1 Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі машини

В пропонованій конструкції барабанної сушарки вісь є частиною опорної станції.

Проаналізуємо умови роботи деталі у складі вузла. У зв'язку з тим, що ролик обертається за рахунок його контакту з бандажем сушарки, то вісь сприймає зусилля від ваги сушарки. Враховуючи вищенаведене, можна дійти висновку, що розроблювана деталь працює в складних умовах і є важконавантаженою. Даний факт обумовлює вимогу відсутності внутрішніх і зовнішніх дефектів в заготовці патрона та в готовій деталі після механічної обробки.

A.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

A.2.1 Вибір типу заготовки

Вісь виготовляється зі Сталь 45 ГОСТ 1050–88, яка використовується для виробництва відповідальних важконавантажених деталей.

В машинобудуванні при виготовленні деталей в якості заготовок використовують виливки, штамповки, поковки, прокат і т.д. Основним при виборі заготовки являється забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Вибір заготовки також зв'язаний з типом виробництва, геометричною формою деталі, її розмірами, технічними умовами на матеріал, трудомісткість.

Враховуючи вищевказані вимоги в якості заготовки для виготовлення осі вибираємо заготовку отриману розпилкою сортового прокату.

Ескіз заготовки валу показано на рисунку А.1.

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

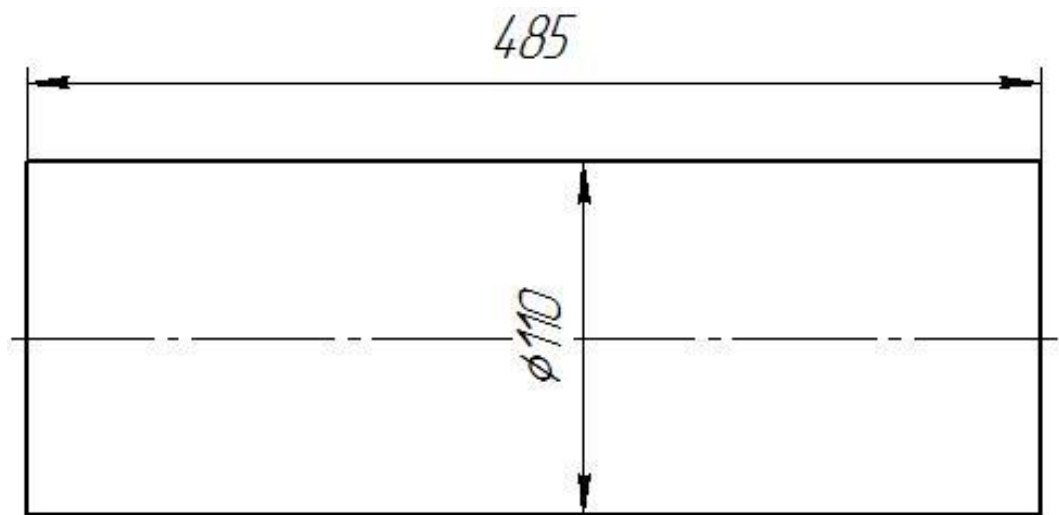


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки

А.2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Матеріал деталі (Сталь 45, ГОСТ 1050) має достатню пластичність для обробки тиском. Конструкція деталі дозволяє отримати штамп простої форми, з застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидко ріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку, - це технологічно.

Підвищена твердість матеріалу, також погіршує технологічність, - і механічну обробку деталі слід проводити на знижених режимах. Але задана твердість задумана конструкційно для підвищення міцності деталі при роботі в умовах статичного навантаження. Тому твердість змін не підлягає.

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

добрих технологічних базах, що забезпечують задану точність виготовлення фланця.

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначається ступенем точності деталі.

В цілому деталь технологічна

А.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

А.3.1 Вибір технологічного процесу обробки поверхонь деталі

Обробка деталі “вісь” містить наступні операції:

1. Фрезерування торців торцевою фрезою 120 Т15К6 та центрування отворів свердлом центрів Т15К6 Ø5 на фрезерно-центрувальному верстаті МР-75.
2. Чорнова та чистова обробка поверхонь Ø106, Ø100, Ø75 різцем прохідним Т15К6, зняття фасок фасонним різцем Т15К6, свердління отворів Ø6 та Ø10 свердлами спіральними Р6М5, зняття фасок в отворі Ø10 зенкером конічним Р6М5 на токарно-гвинторізному верстаті 16К30П з ЧПУ.
3. Свердління отвору Ø6 глибиною 50мм свердлом спіральним Р6М5 Ø6 та знімання фасок в отворі зенкером конічним Р6М5 на вертикально-свердлильному верстаті 1Р135Ф2.

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.3.2 Розрахунок припусків на точіння чорнове $\varnothing 106$ розрахунково-аналітичним методом

Визначення мінімального припуску при чорновому точінні:

$$2z_{i\min} = 2 \left[(R_z + h)_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon_2^2} \right] = 2 \left[(200 + 200) + \sqrt{30^2 + 84^2} \right] = 860 \text{ мкм},$$

де R_{z1} - висота нерівностей профілю заготовки;

h_1 - глибина дефектного поверхневого шару заготовки;

$\Delta_{\Sigma 1}$ - сумарні відхилення розташування поверхні, $\Delta_{\Sigma} = 30 \text{ мкм}$ [1];

ε_2 - похибка обрахунку заготовки при чорновому точінні, $\varepsilon_2 = 84 \text{ мкм}$

[1];

Для прокату: $R_z = 200 \text{ мкм}$; $h = 200 \text{ мкм}$ [33].

Визначення мінімального припуску при чистовому точінні (формула А.1):

$$2z_{2\min} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{(2-1)} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(2-1)}^2 + \varepsilon_{(i)}^2} \right] = 2 \left[(10 + 15) + \sqrt{2^2} \right] = 54 (\text{мкм});$$

де $R_z = 10 (\text{мкм})$; $h = 15 (\text{мкм})$, згідно [1].

Визначимо мінімальні розрахункові розміри:

для заготовки $106 + 0,86 = 106,86 \text{ мм}$.

після чорнового точіння 106 мм ;

після чистового точіння $105,946 \text{ мм}$;

Визначимо допуск на виготовлення для кожного переходу згідно [1].

Схема припусків позначена на рисунку А.2.

$$T_{d_{заг}} = 300 (\text{мкм});$$

$$T_{d_{чор}} = 120 (\text{мкм});$$

$$T_{d_{чист}} = 43 (\text{мкм}).$$

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

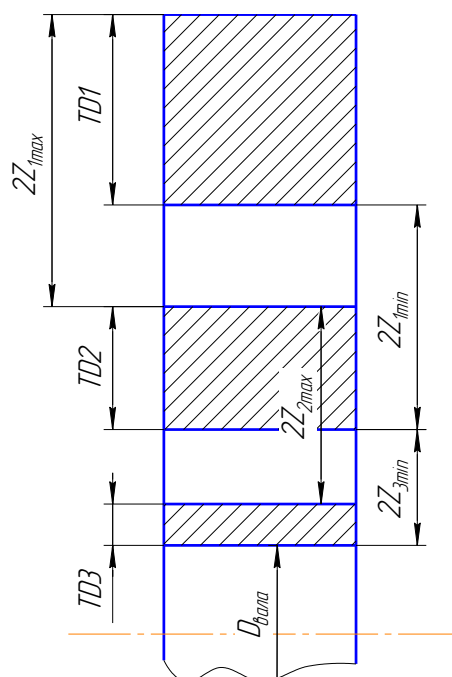


Рисунок А.2 – Схема припусків

Визначимо граничні розміри:

після чистового точіння:

$$D_{\min} = 105,957 \text{ мм}; \quad D_{\max} = 105,957 + 0,043 = 106 \text{ мм};$$

після чорнового точіння:

$$D_{\min} = 106 \text{ мм}; \quad D_{\max} = 106 + 0,120 = 106,120 \text{ мм};$$

для заготовки:

$$D_{\min} = 106,86 \text{ мм}; \quad D_{\max} = 106,86 + 0,300 = 107,16 \text{ мм}$$

Визначимо межові значення припусків:

після чистового точіння:

$$2z_{\min} = 106 - 105,957 = 0,043 \text{ мм};$$

$$2z_{\max} = 106,120 - 106 = 0,120 \text{ мм}.$$

після чорнового точіння:

$$2z_{\min} = 106,86 - 106 = 0,86 \text{ мм};$$

$$2z_{\max} = 107,16 - 106,120 = 1,04 \text{ мм}.$$

Перевіримо правильність розрахунків:

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дем}};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мр.066613.001 ПЗ

Арк.

125

$$T_{заг} - T_{дет} = 0,3 - 0,12 = 0,18 \text{ мм} ;$$

$$z_{0\max} - z_{0\min} = 1,04 - 0,86 = 0,18 \text{ мм} ;$$

Карта розрахунку припусків на обробку і граничних розмірів за технологічними переходами зазначено в таблиці А1.

Назва деталі – вісь. Матеріал – сталь 45.

Елементарна поверхня для розрахунку припуску – вал $\varnothing 106 \text{ мм}$.

Таблиця А1 – Розрахунок припусків

Елементарна поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки	Елементи припуску, Мкм				Розрахунковий припуск $z_{\text{прип}}$, мм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення T_d , мкм	Прийняті (скруглені) розміри по переходах, мм		Отримані граничні припуски, мм	
	R_z	h	Δ	ε				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2z_{\max}$	$2z_{\min}$
Прокат	200	200	30	84	-	106,86	300	107,16	106,86	-	-
Точіння: Чорнове	10	15	-	-	860	106	120	106,12	106	1040	860
Чистове	5	5	-	0	54	105,973	43	106	105,957	120	43

А.3.3 Розрахунок режимів різання для точіння чорнового $\varnothing 106$

Точимо начорно $\varnothing 106$. Оброблюваний матеріал сталь 45 з границею міцності $\sigma_B = 550 \text{ МПа}$.

Вибираємо різець і його геометричні параметри: різець токарний прохідний з пластинами із твердого сплаву Т15К6.

Глибина різання $t = 0,177 \text{ мм}$.

Подача $S = 0,35 \text{ мм/об}$, згідно [1].

Швидкість різання знайдемо за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,177^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 0,651 = 186,2 \text{ м/хв},$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			126

де значення коефіцієнту $C_v = 350$ і показників степені $x = 0,15$,
 $y = 0,35$, $m = 0,2$ взяті із [1];

$T = 50$ хв - стійкість при одноінструментній обробці;

$K_v = 0,651$ - коефіцієнт, який являється добутком наступних коефіцієнтів [1];

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1,252 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,651,$$

$$\text{де } K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{550} \right)^{1,25} = 1,252,$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 0,65; n_v = 1,25$$

Частота обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 186,2}{3,14 \cdot 106} = 741,24, \text{ об/хв.}$$

Приймаємо токарно-гвинторізний станок 16Б05П:

$$n = 30 - 3000 \text{ об/хв}, S = 0,02 - 0,35 \text{ мм/об}, N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}.$$

Приймаємо дійсне значення частоти обертів шпинделя: $n_D = 742 \text{ об/хв}$

. Тоді дійсне значення швидкості різання рівне:

$$v_o = \frac{\pi D n_D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 106 \cdot 742}{1000} = 186,4 \text{ м/хв}.$$

Силу різання розраховуємо за формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v_o K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,86^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 186,4^{-0,15} \cdot 0,704 = 377,35 \text{ Н}$$

$$\text{де } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,792,$$

$$K_{\phi p} = 1; K_{\eta p} = 1,1; K_{\lambda p} = 0,93; K_{rp} = 0,87.$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\eta p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,792 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,93 \cdot 0,87 = 0,704$$

					ЛН01мл.066613.001 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність різання рівна:

$$N = \frac{P_z \nu}{1020 \cdot 60} = \frac{377,35 \cdot 186,4}{1020 \cdot 60} = 1,15 \text{ кВт}$$

Остаточно приймаємо для точіння чорнового 80h8:

$$t = 0,177 \text{ мм}, S = 0,35 \text{ мм/об}, \nu = 186,4 \text{ м/хв}, n_d = 742 \text{ об/хв},$$

$$N = 1,15 \text{ кВт}.$$

А.3.4 Розрахунок норм часу для точіння чорнового Ø106

Розрахуємо операційний час за формулою:

$$T_{\text{опер}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{дон}} = 2,73 + 0,89 = 3,62 \text{ хв},$$

де $T_{\text{осн}}$ - основний час, рівний:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{S} = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}}{S_0 n_0} = \frac{300 + 3 + 0}{0,15 \cdot 742} = 2,73 \text{ хв},$$

$l = 300 \text{ мм}$ - довжина поверхні, що оброблюється;

$l_{\text{вр}} = 3 \text{ мм}$ - довжина зони врізання;

$$l_{\text{пер}} = 0;$$

$T_{\text{дон}} = 0,89 \text{ хв}$ - допоміжний час, розраховується як сума наступних

складових:

очищення пристосування від стружки – 0,09 хв;

установка і зняття заготовки – 0,15 хв;

закріпити і розблокувати заготовку – 0,05 хв;

час, зв'язаний з виконанням переходу – 0,6 хв.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.4 Опис конструкції та розрахунок кондуктора для свердління отворів

Для зручності свердління отвору діаметром 6 мм під подальше нарізання різьби в деталі передбачене пристосування для свердлильного верстату – скальчатий кондуктор (схема зображена на рисунку А.3).

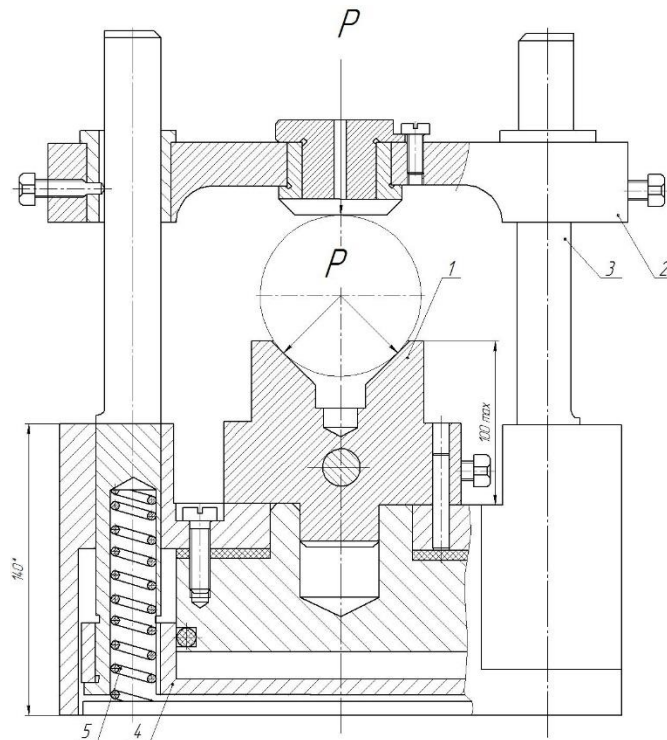


Рисунок А.3 – Схема дії сил у пристосуванні для свердління.

Його основа встановлюється на столі верстата.

Заготовка встановлюється на призмі 1. Для настроювання на задану відстань від установочного торця до центра свердління служить переставний упор. Затискання відбувається при опусканні кондукторної плити 2, зв'язаної через направляючі колонки 3 з рухомим пневмо циліндром 4. Для повернення плити в початкове положення слугують пружини 5.

Вага патрона:

$$G = m \cdot g = 173 \cdot 9,81 = 1697 \text{ Н,}$$

де $m = 173$ кг – маса патрона;

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Коефіцієнт запасу при затисканні деталі [2]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,73,$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу [2];

$K_1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові

нерівності на оброблюваних поверхнях [2];

$K_2 = 1,15$ – коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному навантаженні на інструмент;

$K_4 = 1, K_5 = 1, K_6 = 1$ – коефіцієнти, які залежать від конкретного типу затискного механізму пристосування.

Зусилля затискання, необхідне для збереження нерухомого стану деталі при свердлінні отворів [3]:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r} - P_0 - G = \frac{1,73 \cdot 2,65}{0,16 \cdot 1,35} - 649,91 - 1697,13 = -2346,83 \text{ Н},$$

де $M_{кр} = 2,65 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – крутний момент, створюваним свердлом;

$P_0 = 649,91 \text{ Н}$ – осьова сила, що виникає при свердлінні;

$f = 0,16$ – коефіцієнт тертя по опорним поверхням пристосування [3];

$r = 1,35 \text{ м}$ – довжина поверхні тертя.

Від’ємна величина зусилля затискання свідчить про те, що деталь в процесі свердління отворів не потребує додаткової фіксації в пристосуванні. Втім, притискний механізм кондуктора все ж є необхідним елементом пристосування – він запобігає зміщенню оброблюваної деталі в результаті дії випадкових факторів: впливу вібрації, неточного встановлення заготовки тощо.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски на машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

2. Методические рекомендации к практическим занятиям и индивидуальной работе по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей химического машиностроения / Сост. С. С. Добрянский. – К.: КПИ, 1991. – 91 с.

3. Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория резания» для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и слушателей ФПК. Расчет режимов резания при сверлении / Сост. В. В.Коваленко. – К.: КПИ, 1985. – 60 с.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б
Автоматичний контроль і керування процесом

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Б.1 Опис технологічного процесу	134
Б.2 Основні рішення по автоматизації.....	135
Б.2.1 Технологічний контроль	135
Б.2.2 Автоматичне регулювання.....	136
Б.2.3 Технологічна сигналізація і захист	136

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ				
Зм.	Лист	№ док.м.							
Разроб.	Калиновський				Автоматизація процесу сушіння	Літ.	Лист	Листів	
Перев.	Сазонов						133	4	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ			
Н.Контр.									
Затв.									

Б.1 Опис технологічного процесу

Барабанні сушарки відрізняються високою продуктивністю та відносяться до конвективних сушарок. Вони широко використовуються для неперервної сушки при атмосферному тиску кускових, зернистих та сипучих матеріалів.

В якості сушильного агенту в них використовують повітря і димові гази.

В цих апаратах сушінню піддаються солі, паливо, пасти; їх використовують в виробництвах соди, добрив, ядохімікатів.

Схема процесу сушіння представлена на рисунку Б.1.

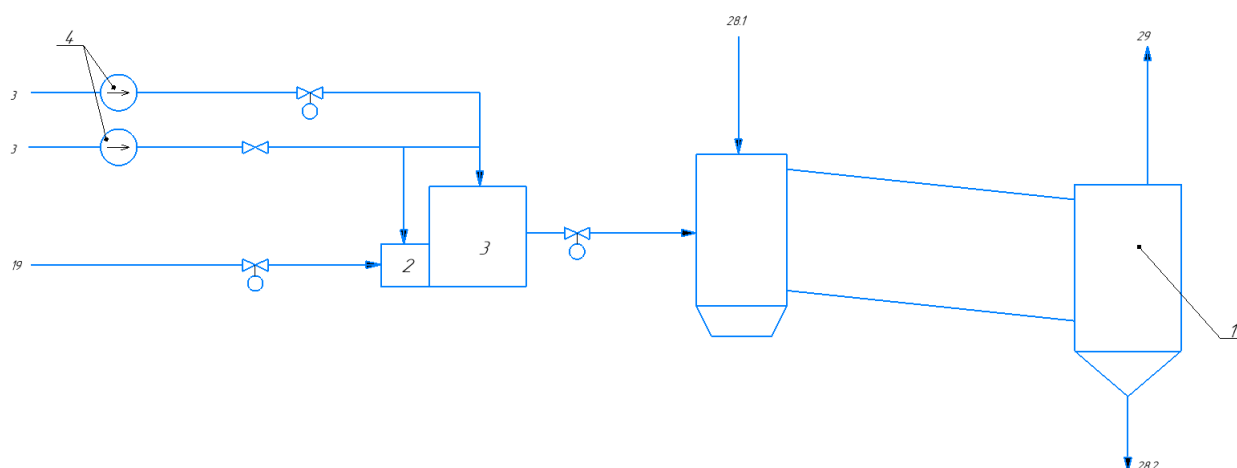


Рисунок Б.1-Схема сушіння

Процес сушки проходить таким чином: повітря через вентилятори (4) та газ подається у топочку камеру (3), де відбувається нагрів топочних газів до температури 230°C , потім нагріте повітря з топочними газами по трубопроводу подається у сушарку (1), де відбувається сушка хлориду калію від вологості 8..9% до вологості 0,7...1%.

Основні параметри процесу, що регулюються:

- температура газів на вході в сушарку;
- температура газів в камері спалювання.

Основні параметри процесу, що контролюються:

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
						134
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тиск у трубопроводах первинного, вторинного повітря та газу;
- тиск на вході в сушарку;
- температура газів на виході з сушарки.

Таблиця Б.1 Параметри регулювання та контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Тиск у трубопроводах первинного, вторинного повітря та газу	Тиск	0,1 мПа	Контроль Сигналізація
2	Температура газів на вході в сушарку	Температура	220...240°C	Контроль Регулювання
3	Температура газів в камері спалювання	Температура	230..250°C	Контроль Регулювання
4	Тиск на вході в сушарку	Тиск	0,2 мПа	Контроль Сигналізація
6	Температура газів на виході	Температура	65°C	Контроль

Б.2 Основні рішення по автоматизації

Б.2.1 Технологічний контроль

Тиск в газопроводі контролюється електроконтактним манометром (поз. 3-1). Тиск в повітропроводах контролюється електроконтактними манометрами (поз. 4-1 і 5-1). Тиск в трубопроводі з димовими газами контролюється електроконтактним манометром (поз. 6-1). Температура відпрацьованого сушильного агенту на виході сушарки контролюється

термоелектричним перетворювачем ТХА-0515 (поз. 7-1) і показуючим приладом (поз. 7-2). Розрідження на виході сушарки контролюється манометром (поз. 8-1).

Б.2.2 Автоматичне регулювання

Температура сушильного агента на вході в сушарку регулюється за допомогою: термопари ТХА-0515 (поз. 1-1 та 2-1), перетворювача сигналу НП-03 (поз. 1-2 і 2-2), вторинного перетворювача НРТ1 (поз. 2-4), регулятора температури ПРТ-59 (поз. 1-4 і поз.2-5), магнітного пускача МПЕ-222 (поз. 1-5 і 2-6), виконавчого механізму (поз. 1-6 і 2-7) і регулювальних клапанів. Для відображення значень використовується показуючий цифровий індикатор МТМ-400 (поз. 1-3 та поз. 2-4).

Б.2.3 Технологічна сигналізація і захист

В даній функціональній схемі забезпечується чітка сигналізація і захист, що передбачає уникнення аварій чи нещасних випадків. Передбачені сигнальні лампочки HL1–HL8, дзвінок і запобіжний клапан на газопроводі, які спрацьовують у випадках, коли тиск в трубопроводі падає.

Висновки: Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину із процесу виробництва. Потрібна тільки присутність оператора, щоб слідкувати за процесом сушки, які вдало розміщені на пульті керування.

Дане виробництво для людини є відносно безпечне, тому в схемі уваги захисту від шкідливих факторів приділено мало.

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						136
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В
Документація про патентне дослідження

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						137
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН01МП.066613.100 РП

Найменування теми Лопатєва мішалка шифр теми ЛН01МП.066613.100

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН01МП.066613.100 02.10.2021– 23.10.2021 .

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** – Лопатєва мішалка (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо лопатєвих мішалок (визначення патентноздатності проєктованого апарата і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель – 5 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2020-2021 роки.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК B01F7/00; B01F11/00; B01F5/10; B01F7/32

Уніфікована десятикова класифікація УДК 66.063.8

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту і Госпатенту СРСР, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій.

Початок пошуку 02.10.2021 Закінчення пошуку 23.10.2021

Довідка про пошук № ЛН01МП.066613.100 ДП

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						138
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання на проведення патентних досліджень

ЛН01МП.066613.100 02.10.2021

(номер, дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата регламенту пошуку ЛН01МП.066613.100 02.10.2021

Початок пошуку 02.10.2021 Закінчення пошуку 23.10.2021

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						139
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575–97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Лопатєва мішалка	Визначення патентно-здатності проєктованого апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, США, Німеччина, Франція Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада	МПК B01F7/00; B01F11/00; B01F5/10; B01F7/32 УДК 66.063.8	2020-2021	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей; РЖ ВНИИПИ: “Химическое, нефте-перерабатывающее и полимерное машино-строение” УРЖ—“Джерело” (1995-2003 рр) процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского М.: Химия, 1991- 496 с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

140

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Лопатєва мішалка	Україна, РФ, Велика Британія, США, Німеччина, Франція, Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада	МПК B01F7/00; B01F11/00; B01F5/10; B01F7/32 УДК 66.063.8	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://Patents1.ic.gc.ca/intro-e.html http://www.depatisnet.de/	Описи винаходів патентів України №№1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів США №№ 2000000-2180000.	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с. Я.М Корнієнко Процеси та обладнання хімічної технології. К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 300с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

141

Таблиця В.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Лопатева мішалка	Patent application № CN112973518 (A), IPC: B01F11/00; B01F5/10; B01F7/32. Building construction stirrer with double-paddle asynchronous rotation Zhou Min; Chen Zhihui; Zhang Donghai Pub. Date 2021-06-18	Діє
Лопатева мішалка	Patent application № CN112619465 (A), IPC: B01F7/00. Stirring paddle and stirrer Yang Fengling; Sun Haiyao; Liu Wenping Pub. Date 2021-04-09	Діє
Лопатева мішалка	Patent application № US2021031157 (A1), IPC: A21C1/14; B01F7/00. Mixing paddle Walters Francis Pub. Date 2021-02-04	Діє
Лопатева мішалка	Patent application № CN112263924 (A), IPC: B01F7/00. Combined stirring paddle Zou Liang; Zhou Pengcheng; Zhu Shijie; Xu Yanhong; Wang Hang Pub. Date 2021-01-26	Діє
Лопатева мішалка	Patent application № RU2752563 C1, IPC: B01F7/00. Мешалка Олег Алексеевич Мамаев, Сергей Анатольевич Панов, Константин Александрович Манченко, Юрий Лазаревич Брейтер Pub. Date 2021-07-29	Діє

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН01МП.066613.200 РП

Найменування теми Барабанна сушарка шифр теми ЛН01МП.066613.200

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН01МП.066613.200 02.10.2021 – 23.10.2021.

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** — Барабанна сушарка (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації — визначення патентної ситуації щодо барабанних сушарок (визначення патентноздатності проектного апарата і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель – 5 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2020-2021 роки.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК F26B11/04; F26B21/02; F26B25/04; F26B25/16, F26B 3/06

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.047.57

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту і Госпатенту СРСР, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій.

Початок пошуку 02.10.2021 Закінчення пошуку 23.10.2021

Довідка про пошук № ЛН01МП.066613.200 ДП

					<u>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</u>	Арк.
						143
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання на проведення патентних досліджень

ЛН01МП.066613.200 02.10.2021

(номер, дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата регламенту пошуку ЛН01МП.066613.200 02.10.2021

Початок пошуку 02.10.2021 Закінчення пошуку 23.10.2021

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						144
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В.4 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575–97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Барабанна сушарка	Визначення патентно-здатності проєктованого апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, США, Німеччина, Франція, Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада	МПК F26B11/04; F26B21/02; F26B25/04; F26B25/16, F26B 3/06 УДК 665.047.57	2020-2021	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей; РЖ ВНИИПИ: “Химическое, нефте-перерабатывающее и полимерное машино-строение” УРЖ—“Джерело” (1995-2003 рр) процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского М.: Химия, 1991- 496 с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мп.066613.001 ПЗ

Арк.

145

Таблиця В.5 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Барабанна сушарка	Україна, РФ, Велика Британія, США, Німеччина, Франція, Чехія, Японія, Китай, Швейцарія, Канада	МПК F26B11/04; F26B21/02; F26B25/04; F26B25/16, F26B 3/06 УДК 665.047.57	Фонд НТУУ "КПІ" Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://Patents1.ic.gc.ca/intro-e.html http://www.depatisnet.de/	Описи винаходів патентів України №№1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів США №№ 2000000-2180000.	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с. Я.М Корнієнко Процеси та обладнання хімічної технології. К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 300с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

146

Таблиця В.6 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Барабанна сушарка	Patent application № CZ34949 (U1), IPC: F26B11/04; F26B25/16. Drum dryer ŘÍČICA ZDENĚK [CZ]; KÝVALOVÁ JANA [CZ]; BEZDĚK PAVEL [CZ] Pub. Date 2021-03-23	Діє
Барабанна сушарка	Patent application № CN210569678 (U), IPC: F26B11/04; F26B21/02; F26B25/04; F26B25/16. Energy-saving double-drum dryer XU ZHIMING Pub. Date 2020-05-19	Діє
Барабанна сушарка	Patent application № RU202932U1, IPC: F26B11/04. Барабанная сушилка Александр Борисович Голованчиков, Антон Анатольевич Шурак, Николай Анатольевич Меренцов, Вадим Сергеевич Пересыпкин, Никита Владимирович Харланов Pub. Date 2021-03-15	Діє
Барабанна сушарка	Patent application № RU205150U1, IPC: F26B 11/04. Барабанная сушилка Александр Борисович Голованчиков, Антон Анатольевич Шурак, Николай Анатольевич Меренцов, Леонид Саввич Рева, Петр Сергеевич Васильев, Александр Викторович Качанов Pub. Date 2021-06-29	Діє
Барабанна сушарка	Patent application № UA146324U, IPC: F26B 3/06; F26B 11/02; F26B 11/04; F26B 25/16 БАРАБАННА СУШАРКА Шоповалов Юрій Олександрович (UA), Семенов Миколай Миколайович (UA), Соломонюк Денис Миколайович (UA), Проскурін Аркадій Юрійович (UA) Pub. Date 10.02.2021	Діє

Додаток Г
Комп'ютерний розрахунок

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						148
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комп’ютерний розрахунок опорного ролика на контактну міцність

На рисунку Г.1 зображено блок-схему до розрахунку.

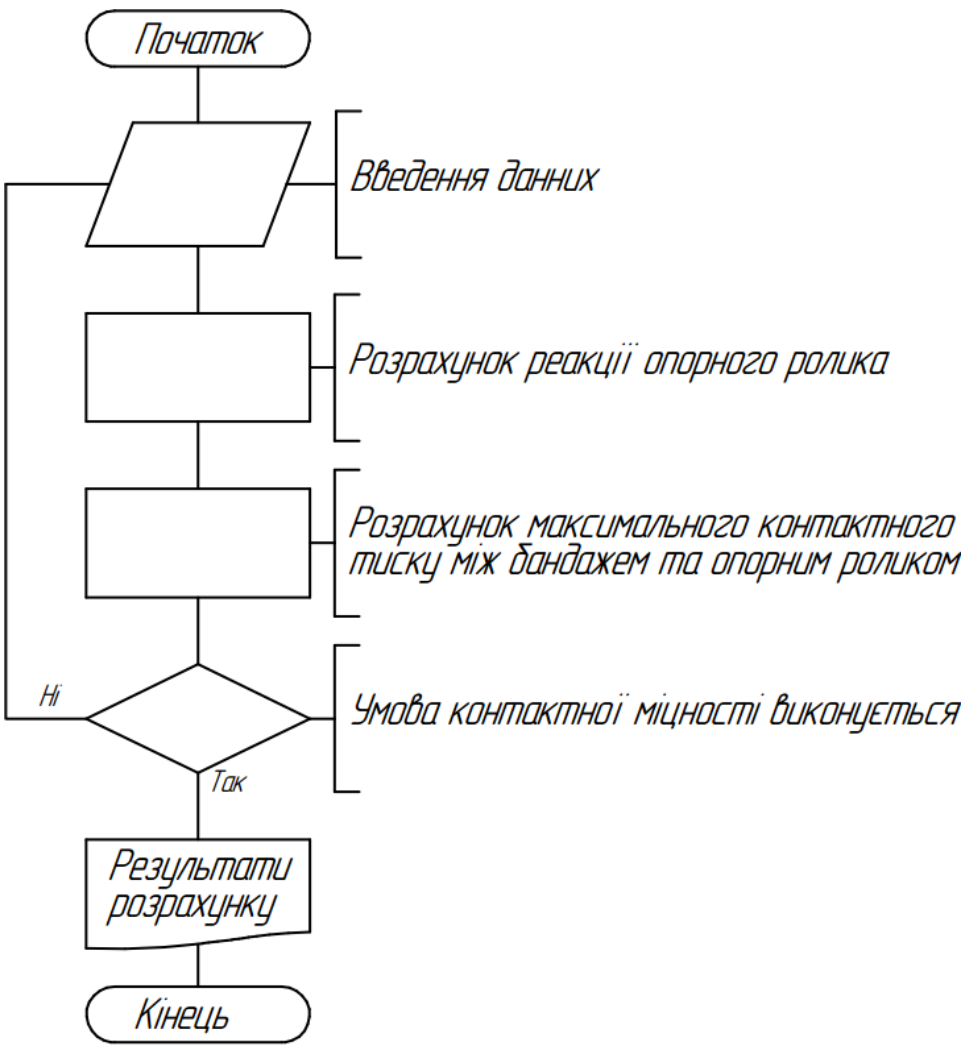


Рисунок Г.1 – Блок-схема розрахунку опорного ролика на контактну міцність

Ідентифікатори роз’яснені в таблиці Г.2

Таблиця Г.2 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
Допустиме контактне напруження	$[\sigma]_k$	σk	МПа
Модуль пружності матеріалу роликів	E	E	МПа
Діаметр опорного ролика	d_p	dr	м
Вага опорного ролика	m_p	mr	кг
Ширина опорного ролика	b	b	м
Кут між опорними роликами	φ	φ	°
Допустима межа текучості	σ_m	σt	МПа
Допустима межа витривалості	σ_ϵ	σv	МПа
Зовнішній діаметр бондажу	$D_{зов.б}$	Db	м

Програма та результати розрахунку опорного ролика на контактну міцність в середовищі Matcad

Розрахунок опорних роликів

$$\sigma_k := 500 \quad R_{op} = 0.123$$

$$E := 2 \cdot 10^5 \quad b = 0.17$$

$$d_r := 0.6 \quad D_b = 2.44$$

$$m_r := 443.9$$

$$\phi := 30$$

$$\sigma_t := 245$$

$$\sigma_v := 491$$

$$R_r := \frac{R_{op}}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 0.071 \quad \text{реакція опорного ролика}$$

$$P := 0.418 \cdot \sqrt{\frac{R_r \cdot E \cdot (D_b + d_r)}{b \cdot D_b \cdot d_r}} = 174.173 \quad \left. \vphantom{\frac{R_r \cdot E \cdot (D_b + d_r)}{b \cdot D_b \cdot d_r}} \right] \text{максимальний контактний тиск між бандажем та опорним роликом}$$

$$P < 2 \cdot \sigma_t = 1$$

умова контактної міцності $P < 2\sigma_t$ ($174.173 < 490$) виконується

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
						151
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Д
Патенти, що використовувались в патентному дослідженні

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						152
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(21) 申请号 202110302269.5

(22) 申请日 2021.03.22

(71) 申请人 方圆建设集团有限公司

地址 362000 福建省泉州市洛江区安平路
方圆建设大厦

(72) 发明人 周敏 陈志辉 张东海

(74) 专利代理机构 泉州劲翔专利事务所(普通
合伙) 35216

代理人 林枫

(51) Int.Cl.

B01F 7/32 (2006.01)

B01F 5/10 (2006.01)

B01F 11/00 (2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种带双桨异步旋转的建筑施工搅拌机

(57) 摘要

本发明涉及搅拌机技术领域,尤其涉及了一种带双桨异步旋转的建筑施工搅拌机,其结构包括:工作电机、搅拌罐、底座,该搅拌机通过相互垂直的两个搅拌机构发生异步旋转,使得原料不会大部分处于拌筒中央,将其搅拌混乱,致使原料在拌筒内合理流动,在尽量短的时间内将其拌成匀质混凝土,具有在工作期间物料能够快速受到多次搅拌,异步搅拌还能够扰乱原料的搅拌后的活动方向,搅拌更为充分的作用,让参与搅拌的搅拌机构数目相等,用以达到搅荷均匀,减少冲击的目的,并且经混合搅圈与底座对向上溢出与向下沉积的原料进行有效处理,原料在拌筒内分布均匀,防止拌筒的局部区段产生堆积,有效避免个别搅拌机构过载而损坏。



CN 112973518 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

153

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 112619465 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(21) 申请号 202011371698.X

(22) 申请日 2020.11.30

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

(72) 发明人 杨锋苓 孙海耀 刘文平

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 陈晓敏

(51) Int.Cl.

B01F 7/00 (2006.01)

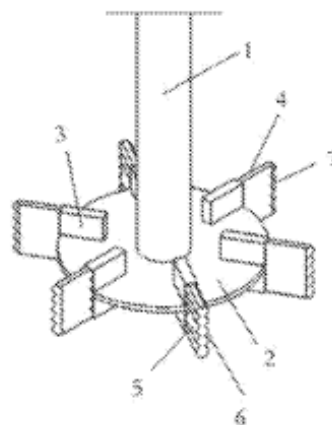
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种搅拌桨及搅拌器

(57) 摘要

本发明涉及一种搅拌桨及搅拌器,包括转轴,转轴底端固定有安装板,安装板沿圆周均匀设有多个叶片,所述叶片包括平板部和波纹板部,所述平板部与安装板固定连接,波纹板部中与安装板径线平行的侧面为母线垂直于转轴轴线的波纹面,本发明的搅拌桨能量损耗小。



CN 112619465 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

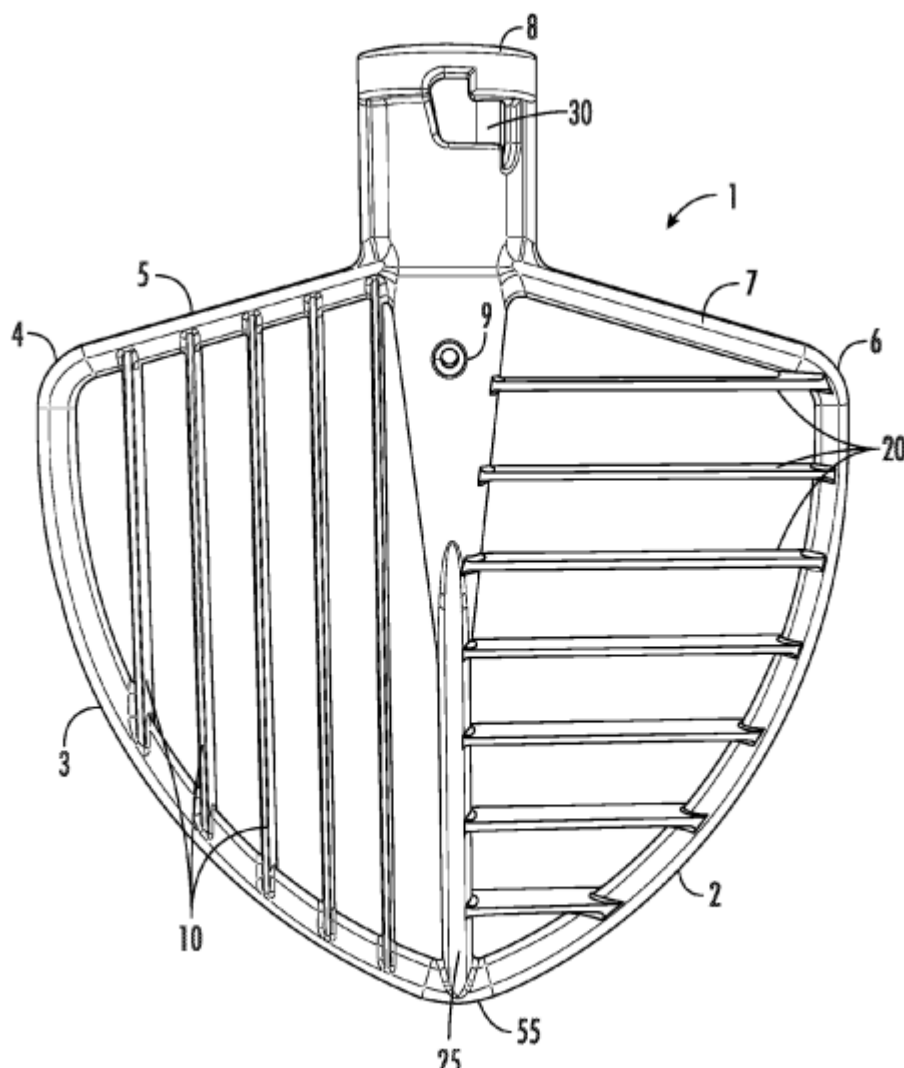
154



US 20210031157A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
WALTERS(10) **Pub. No.: US 2021/0031157 A1**(43) **Pub. Date: Feb. 4, 2021**(54) **MIXING PADDLE**(71) Applicant: **FRANCIS WALTERS, ORLANDO,**
FL (US)(72) Inventor: **FRANCIS WALTERS, ORLANDO,**
FL (US)(21) Appl. No.: **16/930,360**(22) Filed: **Jul. 16, 2020****Related U.S. Application Data**(60) Provisional application No. 62/879,842, filed on Jul.
29, 2019.**Publication Classification**(51) **Int. Cl.**
B01F 7/00 (2006.01)
A21C 1/14 (2006.01)(52) **U.S. Cl.**CPC **B01F 7/00291** (2013.01); **B01F 7/00033**
(2013.01); **B01F 2215/0011** (2013.01); **B01F**
2215/0422 (2013.01); **A21C 1/14** (2013.01)(57) **ABSTRACT**

A mixing paddle is comprised of a compound, integral center shaft, a rim, a first plurality of parallel blades and a second plurality of parallel blades. The compound, integral center shaft bisects the rim, creating a first side of the rim and a second side of the rim. The first plurality of parallel blades is disposed between the compound, integral center shaft and the first side of the rim. The second plurality of parallel blades is disposed between the compound, integral center shaft and the second side of the rim. The first plurality of parallel blades is orthogonal to the second plurality of parallel blades.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мн.066613.001 ПЗ

Арк.

155



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112263924 A

(43) 申请公布日 2021.01.26

(21) 申请号 202011123093.9

(22) 申请日 2020.10.20

(71) 申请人 江苏睿博环保设备有限公司

地址 211200 江苏省南京市溧水区经济开发区驿府街88号

(72) 发明人 邹亮 周鹏程 朱世杰 徐艳洪
王航

(74) 专利代理机构 北京联瑞联丰知识产权代理
事务所(普通合伙) 11411

代理人 周超

(51) Int. Cl.

B01F 7/00 (2006.01)

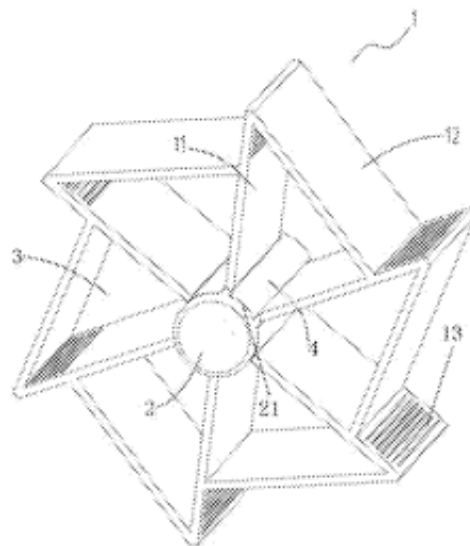
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54) 发明名称

一种组合式搅拌桨

(57) 摘要

本发明属于搅拌设备技术领域,具体涉及一种组合式搅拌桨。它包括若干周向设置在转轴外周的搅拌单元,所述搅拌单元包括搅动板以及相对于所述搅动板倾斜设置的承接板,所述搅动板沿转轴周向设置,所述承接板的一端与所述搅动板的一端相连,其另一端与相邻搅拌单元的搅动板相连,所述搅动板上设有若干通孔,且若干所述通孔位于相邻的两块承接板之间,所述承接板与相邻的两块搅动板一起围成分散空间,若干所述通孔与所述分散空间连通。因此,本发明在固体油与胶粉搅拌过程中能够将块状油打碎,使得溶解不充分,并且搅拌过程中固体油流向众多,搅拌效率高。



CN 112263924 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мл.066613.001 ПЗ

Арк.

156



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B01F 7/00 (2021.02); B01F 7/16 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020125120, 29.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2020

Дата регистрации:
29.07.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2020

(45) Опубликовано: 29.07.2021 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73, МГУТУ
им. К.Г. Разумовского (ПКУ), Патентное бюро
Управления по научно-исследовательской и
проектной деятельности

(72) Автор(ы):

Мамаев Олег Алексеевич (RU),
Панов Сергей Анатольевич (RU),
Манченко Константин Александрович (RU),
Брейтер Юрий Лазаревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
университет технологий и управления имени
К.Г. Разумовского (Первый казачий
университет)" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2680503 C1, 21.02.2019. RU
2277964 C2, 20.06.2006. RU 2082488 C1,
27.06.1997. RU 2106188 C1, 10.03.1998. RU
2396108 C1, 10.08.2010.

(54) Мешалка

(57) Реферат:

Изобретение относится к аппаратам емкостного типа, предназначенным для проведения различных тепло- и массообменных процессов химической технологии, в которых требуется создание однородного поля концентраций и температур во всем объеме перемешиваемой среды, и может быть использовано в химической, пищевой, строительной и других отраслях промышленности. Мешалка состоит из вертикального вала, ротора с радиальными спицами, на концах которых закреплены конфузоры с входными расширяющимися отверстиями, обращенными в сторону вращения, при этом конфузоры установлены на спицах парами коаксиально по отношению друг к другу и соединены между собой продольными ребрами. Причем вертикальный вал имеет на половину

длины резьбу в одном направлении, а на другую половину длины в противоположном направлении, причем на каждую резьбу с возможностью вращения в разную друг от друга сторону насажены своей резьбой роторы, на которых устанавливаются от 2 до 5 радиальных спиц. Кроме того, вертикальный вал жестко закреплен на конической шестерне, которая входит в зацепление с другой конической шестерней, закрепленной на валу редуктора, получающего вращение от вала горизонтально расположенного реверсивного двигателя. Технический результат - повышение однородности состава перемешиваемых жидкостей, сокращение времени перемешивания и повышение производительности труда. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.

Стр.: 1

RU 2 752 563 C1

RU 2 752 563 C1

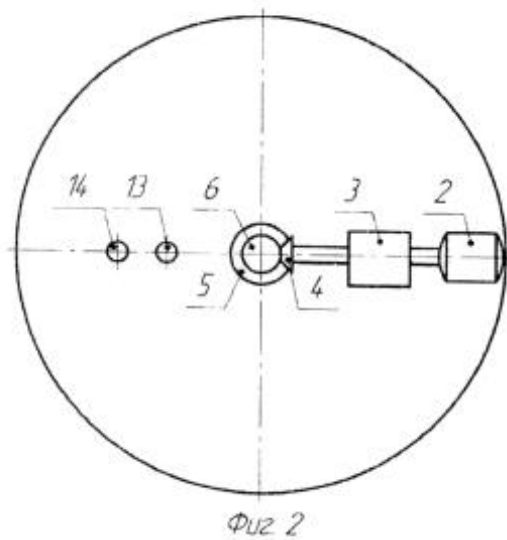
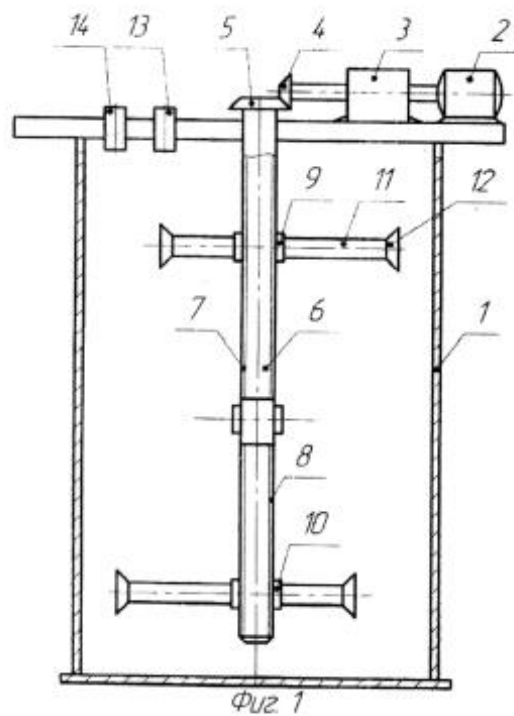
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мн.066613.001 ПЗ

Арк.

157

1



Стр.: 6

(11) Číslo dokumentu:

34 949

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

F26B 11/04

(2006.01)

F26B 25/16

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-38587**

(22) Přihlášeno: **14.10.2020**

(47) Zapsáno: 23.03.2021

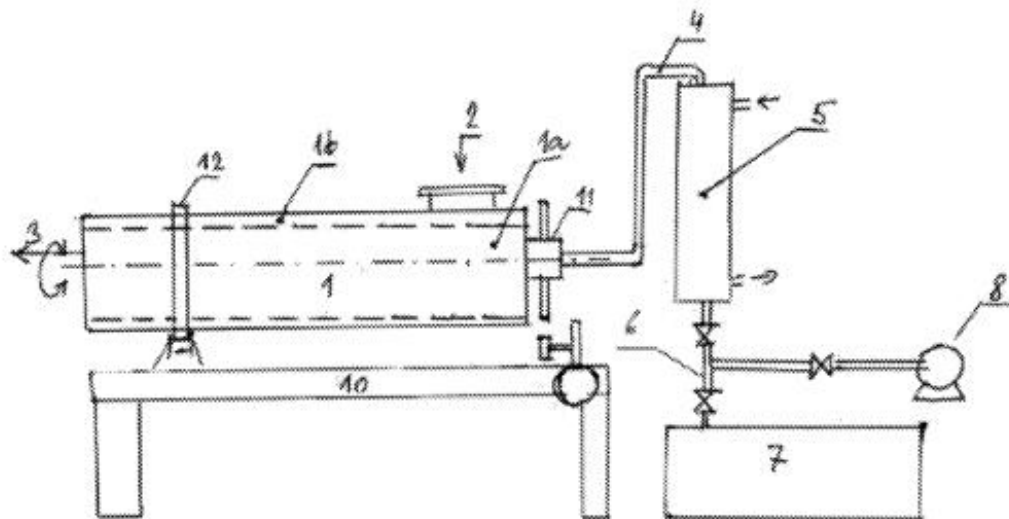
(73) Majitel:
Ing. Zdeněk Řičica, Hulín, CZ
Bc. Jana Kývalová, Hulín, CZ
Ing. Pavel Bezděk, Bolatice, CZ

(72) Původce:
Ing. Zdeněk Řičica, Hulín, CZ
Bc. Jana Kývalová, Hulín, CZ
Ing. Pavel Bezděk, Bolatice, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Jan Görig, Korábová 98, 763 16 Fryšták, Horní
Ves

(54) **Název užitého vzoru:**
Bubnová sušárna

CZ 34949 U1



Obr. 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мн.066613.001 ПЗ

Арк.

160



(21)申请号 201921264120.7

(22)申请日 2019.08.06

(73)专利权人 江苏诚信达环保设备有限公司

地址 224000 江苏省盐城市盐都区龙冈镇

鞍湖工业园区经一路西(F)

(72)发明人 徐志明

(74)专利代理机构 合肥左心专利代理事务所

(普通合伙) 34152

代理人 姜玲玲

(51)Int.Cl.

F26B 11/04(2006.01)

F26B 21/02(2006.01)

F26B 25/04(2006.01)

F26B 25/16(2006.01)

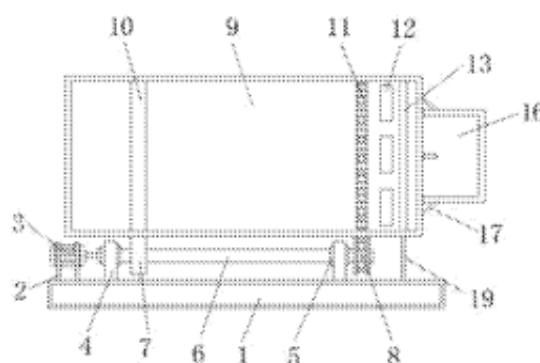
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)实用新型名称

一种节能型双筒烘干机

(57)摘要

本实用新型涉及烘干设备技术领域,且公开了一种节能型双筒烘干机,包括底座,所述底座顶面的左侧固定连接有两根相互平行且与底座垂直的安装架,两个所述安装架之间安装有电机,所述底座顶面的两侧分别固定连接有支撑块,所述支撑块的内腔固定套接有轴承,且轴承的内腔固定套接有转杆,所述转杆的两端且位于两个支撑块的右侧活动套接有滚轮和齿轮。该节能型双筒烘干机,通过在外筒体和内筒体的右侧分别设置刮板槽,使得连接杆能够在筒体转动时在两个刮板槽内活动,同时与连接杆连接的刮板在内筒体转动的作用下,实现对内筒体不停抹刮的效果,避免了物料在筒体内壁的粘结,提高了烘干机的工作效率。



CN 210569678 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мн.066613.001 ПЗ

Арк.

161

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F26B 11/04 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020136669, 09.11.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.11.2020Дата регистрации:
15.03.2021Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 09.11.2020

(45) Опубликовано: 15.03.2021 Бюл. № 8

Адрес для переписки:
400005, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-
кт им. В.И.Ленина, 28, Кузьмину С.В.

(72) Автор(ы):

Голованчиков Александр Борисович (RU),
Шурак Антон Анатольевич (RU),
Меренцов Николай Анатольевич (RU),
Пересыпкин Вадим Сергеевич (RU),
Харланов Никита Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический университет"
(ВолгГТУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2182295 C1, 10.05.2002. RU
2244229 C1, 10.01.2005. SU 892156 A1, 23.12.1981.
SU 1118837 A1, 15.10.1984. SU 146701 A1,
01.01.1962. SU 418700 A1, 05.03.1974. CN
201242335 Y, 20.05.2009.

(54) Барабанная сушилка

(57) Реферат:

Барабанная сушилка предназначена для сушки сильно мажущих материалов и может найти применение в химической, нефтехимической, фармацевтической, строительной, лакокрасочной и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах переработки твердообразных вязко-пластичных отходов с повышенной адгезией высушиваемого материала к твердым поверхностям. Барабанная сушилка с отводом продукта и теплоносителя содержит приводимый во вращение барабан, находящийся под углом наклона к горизонту α , с ситом в виде

перфорированной обечайки, где размер перфораций меньше характерного размера частиц используемого для сушки продукта, на концах которого находятся подводящий и отводящий патрубки для теплоносителя, причем обечайка выполнена конической и установлена в зоне загрузки влажного материала, при этом длина обечайки $l=0,35...0,4L$, где l – длина конической перфорированной обечайки, м; L – длина барабана, м; и углом конусности $\beta=10...15^\circ$. Техническим результатом является увеличение производительности. 1 ил.

Стр.: 1

RU 202932 U1

RU 202932 U1

Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата

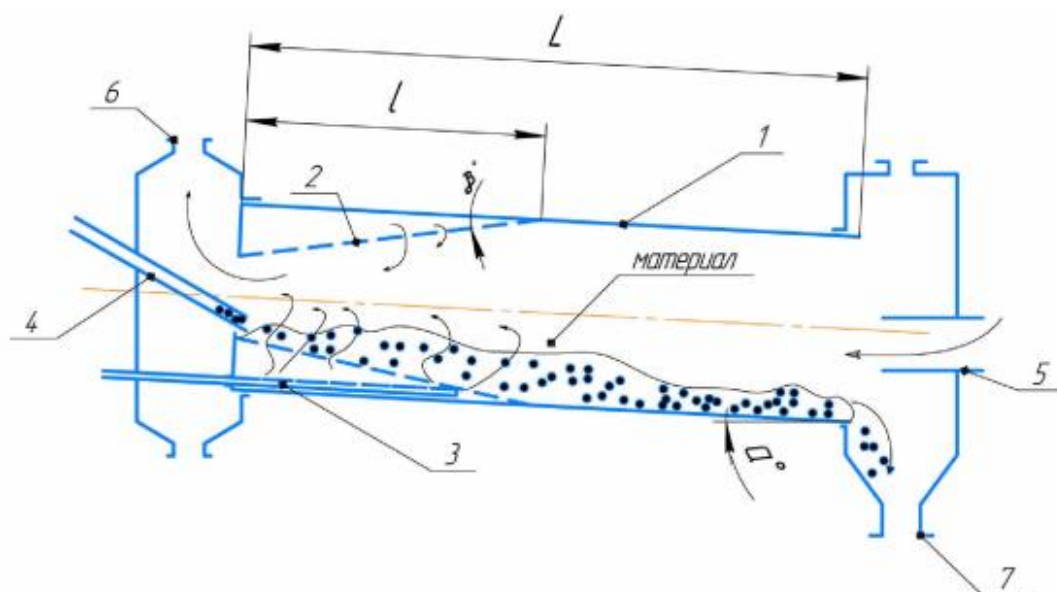
ЛН01мр.066613.001 ПЗ

Арк.

162

RU 202932 U1

RU 202932 U1



Стр.: 2

					ЛН01мп.066613.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		163



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F26B 11/04 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2021108401, 29.03.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.03.2021

Дата регистрации:
29.06.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 29.03.2021

(45) Опубликовано: 29.06.2021 Бюл. № 19

Адрес для переписки:
400005, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-
кт им. В.И.Ленина, 28, ВолгГТУ, Кузьмину
С.В.

(72) Автор(ы):

Голованчиков Александр Борисович (RU),
Шурак Антон Анатольевич (RU),
Меренцов Николай Анатольевич (RU),
Рева Леонид Саввич (RU),
Васильев Петр Сергеевич (RU),
Качанов Александр Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический университет"
(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 775564 A1, 30.10.1980. CN
111059878 A, 24.04.2020. CA 2289267 A1,
10.05.2001. FR 2367261 A1, 05.05.1978. RU
2545252 C2, 27.03.2015.

(54) Барабанная сушилка

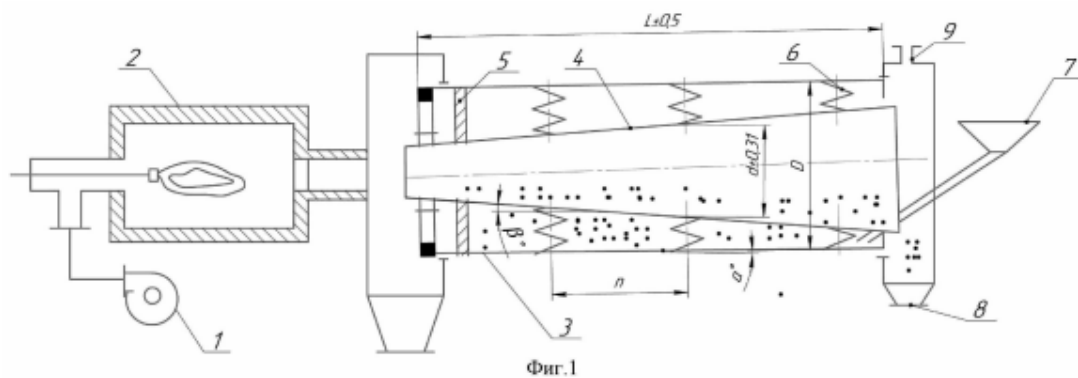
(57) Реферат:

Полезная модель предназначена для сушки дисперсных материалов, а именно к двухходовым барабанным сушилкам, и может найти применение в химической, нефтехимической, горноперерабатывающей, строительной, металлургической, пищевой, фармакологической, автомобильной и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах переработки и утилизации твердых и твердообразующих отходов. Барабанная сушилка содержит два вращающихся барабана, присоединенные к топке, отличающаяся тем, что наружный барабан расположен под углом

наклона к горизонту α , а внутренний барабан, установленный под углом конусности $\beta = 2\alpha$, противоположным углом наклона наружного барабана, выполнен в виде конической обечайки, опорами которого служат цилиндрические пружины, равномерно распределенные по периметру и по длине с шагом, определяемым по расчетной формуле, с определенным соотношением среднего диаметра внутреннего барабана к диаметру наружного барабана. Техническим результатом барабанной сушилки является увеличение производительности. 1 ил.

RU 205150 U1

RU 205150 U1



Стр.: 2

					ЛН01мр.066613.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		165



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 146324

(13) U

(51) МПК

F26B 3/06 (2006.01)

F26B 11/02 (2006.01)

F26B 11/04 (2006.01)

F26B 25/16 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2020 06195**
(22) Дата подання заявки: **25.09.2020**
(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **11.02.2021**
(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **10.02.2021, Бюл.№ 6**

(72) Винахідник(и):
**Шаповалов Юрій Олександрович (UA),
Семенов Миколай Миколайович (UA),
Соломонюк Денис Миколайович (UA),
Проскурін Аркадій Юрійович (UA)**
(73) Володілець (володільці):
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА
МАКАРОВА,
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
(UA)**

(54) БАРАБАННА СУШАРКА**(57) Реферат:**

Барабанна сушарка містить сушильний барабан з лопатями, які обертаються, джерело тепла, завантажувальний пристрій, повітропроводи та опорно-приводні ролики. Всередині барабана встановлюють трубчастий розсікач хрестоподібної форми, який обертається разом з барабаном.

UA 146324 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН01мр.066613.001 ПЗ

Арк.

166

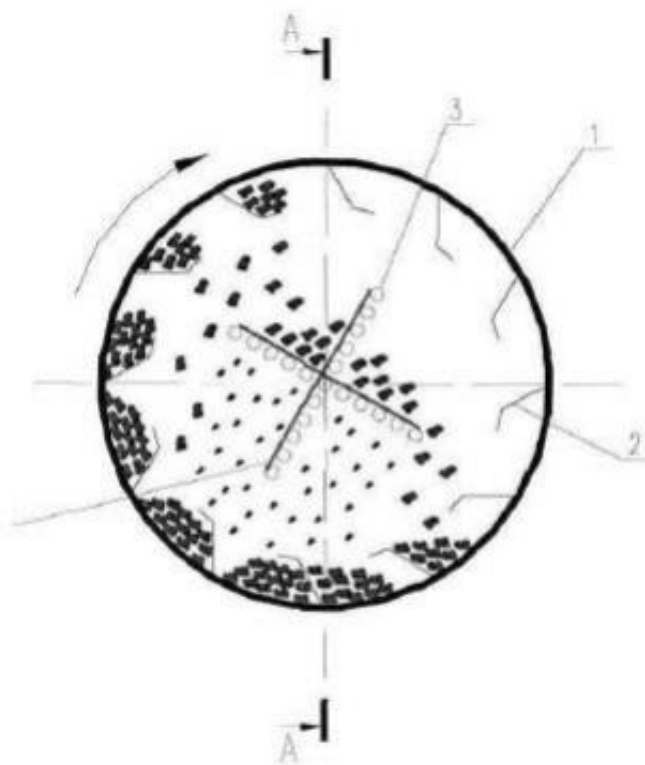


Fig. 1

Додаток Е
Публікації автора

					<i>ЛН01мп.066613.001 ПЗ</i>	Арк.
						168
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв

КАЛИНОВСЬКОГО АНТОНА СЕРГІЙОВИЧА

1. Модернізація установки виробництва хлориду калію/ Калиновський А.С., Гавриленко В.В., Гулієнко С.В., //«Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: ХІХ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 25-26 листопада 2020р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2020р. – Секція 1.
2. Modern trend in the research of the mixing processes / Kalynovskyi A.S., Hulienko S.V., //«Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: ХХ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 28-29 квітня 2021р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2021р. – Секція 1.
3. The modernization of mixing device design for mixer of potassium chloride production plant / Kalynovskyi A.S., Hulienko S.V., //«Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: ХХІ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 25-26 листопада 2021р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2021р. – Секція 1.
4. CFD analysis of the performance of the novel impeller design for the liquid media mixing/ Kalynovskyi A., Gulienko S., // Slovak international scientific journal # 59, 2021.
5. CFD аналіз роботи нової конструкції лопаті для перемішування рідких середовищ/ Калиновський А.С., к.т.н. Гулієнко С.В., // ХVІІ Международной научно-практической конференции «Перспективные разработки науки и техники – 2021»

XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

УДК 661.741.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ КАЛІЮ

студент Калиновський А.С., студентка Гавриленко В.В.,

доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто значення калійних солей та методи промислового виготовлення хлориду калію. Визначені основні напрямки модернізації установки та ключових апаратів.

Ключові слова: калійні солі, хлорид калію, змішування, сушіння

Анотація: The application of potassium salts and industrial methods of potassium chloride were considered. The main way of modernization of key apparatuses of plant were defined.

Ключові слова: potassium salts, potassium chloride, mixing, drying

Калійні солі головним чином застосовують в якості мінеральних добрив. Основним видом продукції калійної промисловості є хлорид калію, близько 95% якого використовується в якості мінерального добрива, а решту 5% перероблюють на гідроксид калію та інші сполуки [1]

З загальної кількості калійних добрив 8-10% виробляється у вигляді сульфата калію і подвійної солі сульфатів калію і магнію, манганату калію, які використовуються для живлення ґрунтів під хлорофобні культури (тютюн, цитрусові, тощо) якість яких погіршується під впливом іонів хлору [1].

Вміст калію в земній корі складає близько 15%. Калій входить до складу алюмосилікатів, які є основою багатьох порід, польових шпатів, гранітів, лейцитів, гнейсів, твердих викопних сольових відкладень і розсолів морського і континентального походження. Складові частини ґрунтів, особливо глинисті

ХІХ міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

речовини, активно утримують (шляхом сорбції) калій, що, зокрема, має важливе значення для життя рослин. Завдяки такій властивості ґрунтів вимивання калію іде порівняно повільно, в результаті чого вміст його солей в природних водах, як правило, набагато нижчий, ніж солей натрію та магнію [1].

Калійні руди визначають за переважним вмістом в них тих чи інших мінералів, зокрема виділять сильвінітові, хартзальцеві та карналлітові. Їх переробку на хлорид калію здійснюють [1]:

1) методом розчинення і роздільної кристалізації, що ґрунтується на різних температурних коефіцієнтах розчинності сольових скадових руди (цей метод також називають тепловим чи галургічним);

2) механічним збагаченням породи, головним чином флотацією; гравітаційна сепарація при збагаченні калійних руд не знайшла широкого застосування;

3) комбінацією флотаційного збагачення з розчинення і кристалізацією дрібних фракцій руди;

4) підземним висолюванням руди з подальшою переробкою розсолу випарюванням та кристалізацією.

Найбільш поширеним є перший спосіб, схема якого показана на рисунку 1 [1].

Весь технологічний процес складається з трьох основних стадій: розчинення сильвініту, кристалізація хлориду калію і відділення його від домішок, та фінальна підготовка продукту [1].

Спершу проводиться багатостадійне розчинення утворений щолок поступає на п'ятиступінчасту установку вакуум-кристалізації, де відбувається поступове охолодження щолоку, при цьому вживаються заходи для зменшення інтенсивності кристалізації домішок, в першу чергу хлориду натрію [1].

Після цього, пульпу хлориду калію подають у відстійник 48 для освітлення гарячого щолоку. Освітлений охолоджений маточний щолок

XIX міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

направляють на нагрівання в поверхневих конденсаторах 36, а згущену пульпу в горизонтальну мішалку, звідки її перекачують в витратні мішалки над автоматичними центрифугами напівнеперервної дії 54. Вологість осаду після центрифуги, залежно від величини кристалів змінється від 5 до 8% [1].

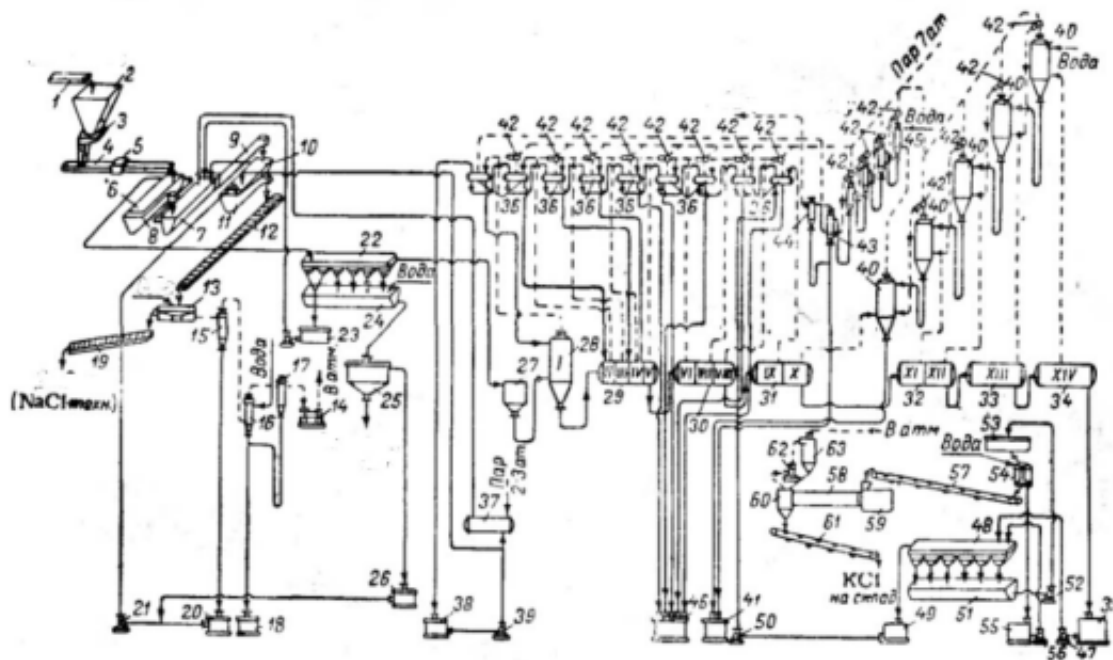


Рисунок 1 Схема виробництва хлориду калію із сільвініту

Сирий хлорид калію на стрічковому транспортері направляється на сушіння, яке здійснюється в барабаних обертових сушарках. Дрібні кристали хлориду калію, які захоплюються сушильним агентом відділяється в циклонах, приєднуються до загального потоку готової продукції, яка направляється на склад. Величина питомого вилучення води при сушінні становить 35-45 кг/(м³·год) кінцева волога хлориду калію не перевищує 1%.

На 1 т готового витрачається близько 5 т. сільвініту, 2,09 МДж енергії з парою, 90 МДж у вигляді електроенергії і 12 тон палива. Одні з найбільших споживачів нергії в схемі є сушарка, тому при модернізації доцільно розглянути саме її.

ХІХ міжнародна науково-практична конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

Перелік посилань:

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. I, изд.4-е, испр. Л., Изд-во «Химия», 1974.

MODERN TREND IN THE RESEARCH OF THE MIXING PROCESSES

student Kalynovskyi A.S., assistant professor Ph. D. Hulienko S.V.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: *The description of the main trends in the researches of the mixing processes in liquid phase are represented.*

Key words: MIXING, AGITATOR, ENERGY CONSUMPTION, EFFECTIVITY

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ПРОЦЕСІВ ЗМІШУВАННЯ

студент Калиновський А.С., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Наведено опис основних напрямків досліджень процесів перемішування в рідкій фазі.*

Ключові слова: ПЕРЕМІШУВАННЯ, МІШАЛКА, ЕНЕРГОВИТРАТИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

The homogenization is main goal in the production of the most products in chemical industry. The geometrical parameters of the mixing system especially form of the agitator have a significant influence on the uniformity of the production and the energy consumption during the manufacturing process. In the technological line of the potassium chloride production [1] the mixing is used for the production of the potassium and chlorine pulp, therefore, this process is

Збірник тез доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
important part of the whole technology. Therefore, in for the modernization of this scheme it is necessary to consider the modern trends in the researches of the mixing processes, based on the scientific publications.

Stelmach and al [2] describe the investigation of the increasing of the power consumption during the discharging of liquid from mixer with rotating impeller. The impeller still operate during the discharging with aim to avoid solid particles precipitation. This study is important since the increasing of the power consumption may lead to the overheating of the engine and even its damage. Also this phenomenon was not been investigated largely before.

The tests were carried out in the glass reservoir with the plane bottom. The turbine with the six impellers was installed on the high of 100 mm over the bottom. The measurements were carried out with using of the measuring system Velocimetry Image Lacet PIV with two impulse lasers with maximal power of 135 mW.

The results of the experiments, represented in work [2], allow composing the previous hypothesis about the mechanism of the power consumption increasing during the operation of the axial impeller during the pumping the liquid in the reservoir. According to the results of the of the analysis of the velocity distribution for the liquid level in the reservoir $h_w=140$ mm, the liquid flows in the direction of the liquid pumping thorough the rotating operating disk, and for $h_w = 120$ mm the liquid flows in the reverse direction that is to the bottom of the reservoir. This takes place when the liquid level over top part of the impeller is about 10-15 mm. It may be assumed with high probability, that in this moment the layer if the liquid is so thin that there is no possibility for closing in it the secondary circulating lines namely axial-radial circulation. The operating disk accumulates the liquid in front of impeller. At the same time the liquid flux, which is pumped out from operating disk zone with relatively high velocity, became flow to the bottom of the reservoir, changing in this way the direction of the circulation.

In work [3] the experimental research of the dynamics of the flux in the standard vessel for mixing with the radial partitions, filled in by water with the

impeller, which pumped water down is represented. The research is mainly focused on the detection and analysis of the quasi-periodic or periodic low frequency phenomenon, associated with the orders of the time and length, which are much greater than frequency of the passing of the knife. This phenomenon is known as macro-instability of the flux and its significant variations can influence on structural integrity of the flux and even on the vessel itself.

The turbine type agitator was used for experiments. 2D PIV measurements were carried out in the limits of 3 chosen planes:

- Plane A-A is situated near the center of the vessel, in front of the opposite partitions
- Plane B-B is passing thorough center of the vessel at an angle 22.5° relative to the plane of the partitions.
- Plane C-C- is crossed the partition.

The important conclusion is that fact that there are several "blanking zones", which do not participate in general macromixing as in the plane A-A, as in the plane B-B. One of the "blanking zones" is located under the hob of the impeller directly above the bottom and the wall of the vessel and another zone is located near the lower angle of the wall. Further, the "blanking zones" in both planes may be observed in the region directly under level near the center of the vessel and directly above the hob of the impeller. The represented research provides the deeper understanding of the dynamics of the macro-instability, which is induced by the mixing process in the standard mixing vessel.

In work [4] the general description of the most widely used mixing processes, hydrodynamical conditions and geometrical configurations of the mixing equipment, which influence on the process is represented. The dimensionless characteristics of the of the mixing process were obtained by the theoretical analysis. These characteristics is used for the evaluation of the significant set of the experimental data with different configuration of the mixing equipment.

Based on the grate set of the experiments it was shown the way in which the flux caused by the pumping and circulation action of the mixer, influence on the parameters and energy consumption of the homogenization and suspending depending from geometrical configuration of the mixing equipment. This comprehensive review allows optimizing the construction and position of mixing equipment.

The shape of the velocity profile during the unloading of the hydrodynamically optimized impellers, the directional flux in the cylindrical vessel with the radial partitions, and its high hydrodynamical effectivity allow using this operating disk for the increasing of the effectivity of the homogenization and suspending processes.

Therefore, the main direction of the researches of the mixing processes are associated with the determination of the mechanisms of energy consumption in the special regimes and the determination of the hydrodynamical condition and its influence on the processes effectivity.

Refreneces:

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. I, изд.4-е, испр. Л., Изд-во «Химия», 1974.
2. Stelmach, J.; Kunciewicz, C.; Szufa, S.; Jirout, T.; Rieger, F. The Influence of Hydrodynamic Changes in a System with a Pitched Blade Turbine on Mixing Power. Processes 2021, 9, 68. <https://doi.org/10.3390/pr9010068>
3. Brůha, T.; Procházka, P.; Uruba, V. Investigation of Low-Frequency Phenomena within Flow Pattern in Standard Mixing Vessel Induced by Pitched Blade Impeller. Processes 2021, 9, 545. <https://doi.org/10.3390/pr9030545>
4. Jirout, T.; Jiroutová, D. Application of Theoretical and Experimental Findings for Optimization of Mixing Processes and Equipment. Processes 2020, 8, 955. <https://doi.org/10.3390/pr8080955>

PHYSICS

CFD ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE NOVEL IMPELLER DESIGN FOR THE LIQUID MEDIA MIXING

Kalynovskiy A.,

Student

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

Gulienko S.

Assistant professor, Ph. D.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

Abstract

The article represents the description of the main trends in the researches of the mixing processes in liquid phase. The main way of modernization of key apparatuses of plant were defined, and the modernized design of mixing device is proposed. The results of the simulation of flow motion during the mixing with the novel impeller are represented.

Keywords: mixing, agitator, impeller energy consumption, effectivity, CFD-modeling.

Introduction. The mixing processes are widely used in chemical engineering for preparing of suspensions, emulsions, and mixtures of solid particles. They are also used for the intensification of heat and mass transfer processes in different industrial operations. The geometrical parameters of the mixing system, especially impeller form, make the significant influence on the product uniformity and energy consumption during manufacturing. In the obtaining of the potassium chloride [1] the mixing is used for preparing of the chlorine-potassium pulp.

Some papers about modern investigation of mixing processes were analyzed. In work [2] the investigation of the phenomenon of increasing of power consumption during the unloading the liquid from the apparatus with rotating impeller was described. In work [3], the experimental investigation the flow dynamics in standard vessel for mixing with radial baffles filled with water and with impeller, pumping the liquid down was described. In work [4] the general description of the most widely used mixing processes, the hydrodynamical parameters and geometrical configurations of mixing equipment are represented. Therefore, the investigation of mixing process is still actual.

The important element of mixing equipment is impeller. In this work the novel design of impeller is considered. The aim of this work is verification of effectiveness of the proposed impeller design using the numerical methods.

Materials and methods. CFD-modeling (Computational Fluid Dynamics modeling) is one of the branches of CONTINUUM mechanics.

Such modeling allows to calculate of the flow process characteristics using the numerical and physical and mathematical methods. CFD-modeling allows to

evaluate the temperature field and simulate the flow of air masses or liquid flows in the active or anticipated data processing center. During the using of CFD-modeling technique it is necessary to pass the following steps:

- Preparative (formulation of the geometrical model, necessary physical conditions etc.)
- Calculations (numerical solution of the main equations according to the basic physical parameters)
- Analysis (representation of the results in forms of the charts, tables etc.)

For any investigation in hydrodynamics it is necessary to use the scheme involving the following main hydro and gas dynamics equations (continuity equation, momentum conservation equation etc.) and to chose one of the methods of this scheme solution (finite-difference method, finite volume method etc.).

In current work, the computers modeling was carried out using the SolidWorks software namely the Flow Simulation unit which uses the finite volume method. The method is based on the partition the investigation region on the control volumes (elements) which do not intersect. The solution is found out in the mesh points. The mentioned mesh points are displaced in the centers of the control volumes. Also, as for the finite-difference method, for each element the system of linear equation is composed. The values of decision variables are defined by solving mentioned above system.

Results and discussion. For the improving of the mixing device impeller design the patents [5] and [6] were analyzed. On this basis, the novel impeller design was proposed. The 3D model of this impeller is shown of the figure 1.

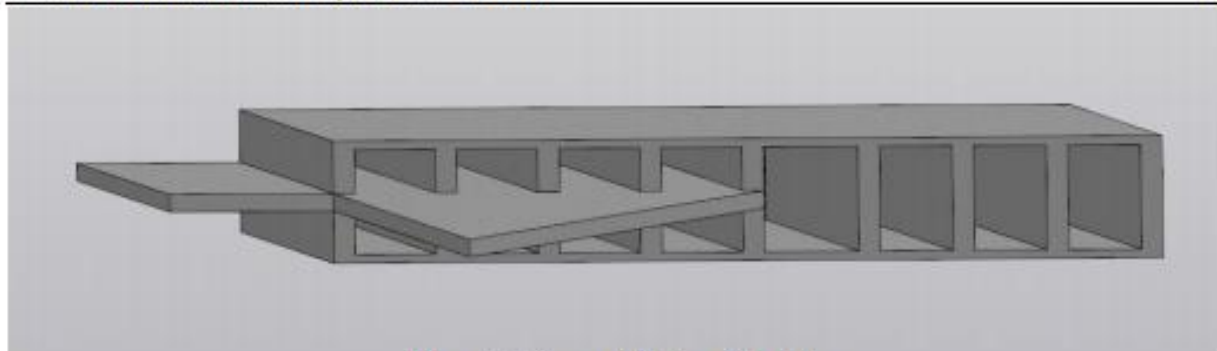


Figure 1 – The model of novel impeller

The modernized design is based on the design of blade mixing device, however, the blade itself is accomplished in a form of immobile deflector blades. The mentioned immobile deflector blades are placed angularly to radial direction, therefore, during rotation of mixer, it takes place not only forced move of liquid in front of blade, but also partial leaking through the splits in mixing device. This will approve the additional

displacement of macrovolumes of mixing medium one by one. Therefore, the modernized impeller allows to increase the effectivity of mixing process and homogenization of medium.

In the unit SOLIDWORKS Flow Simulation the simulation of flow motion during the mixing with described above impeller. The results are represented on the figures 2 and 3.

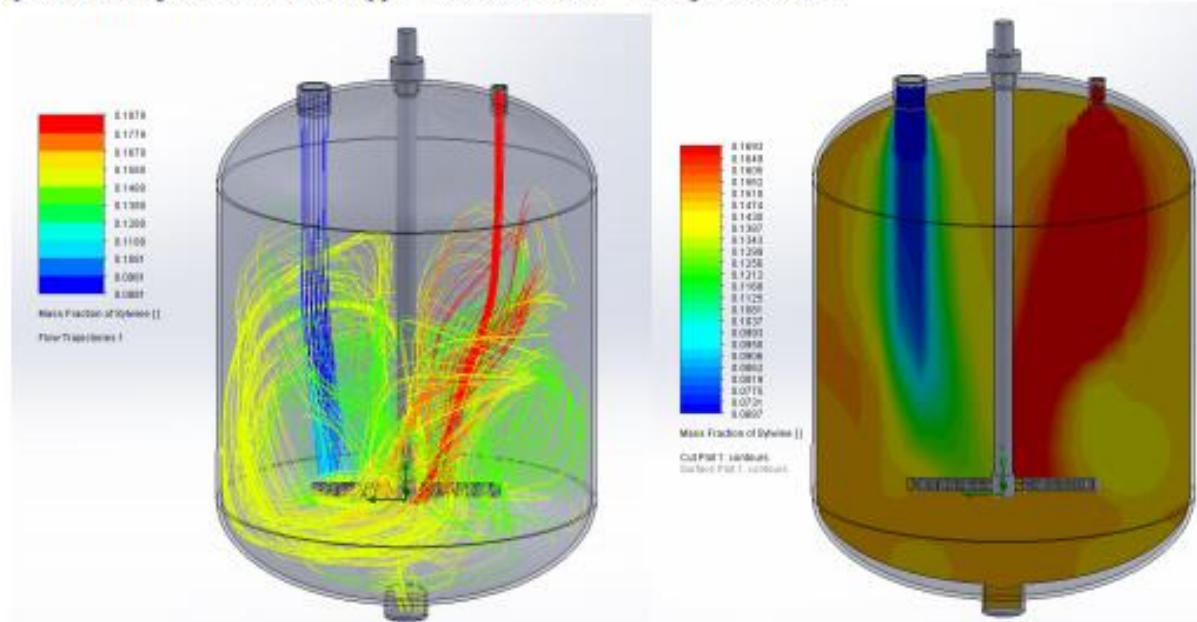


Figure 2 – The visualization of the flows and concentrations

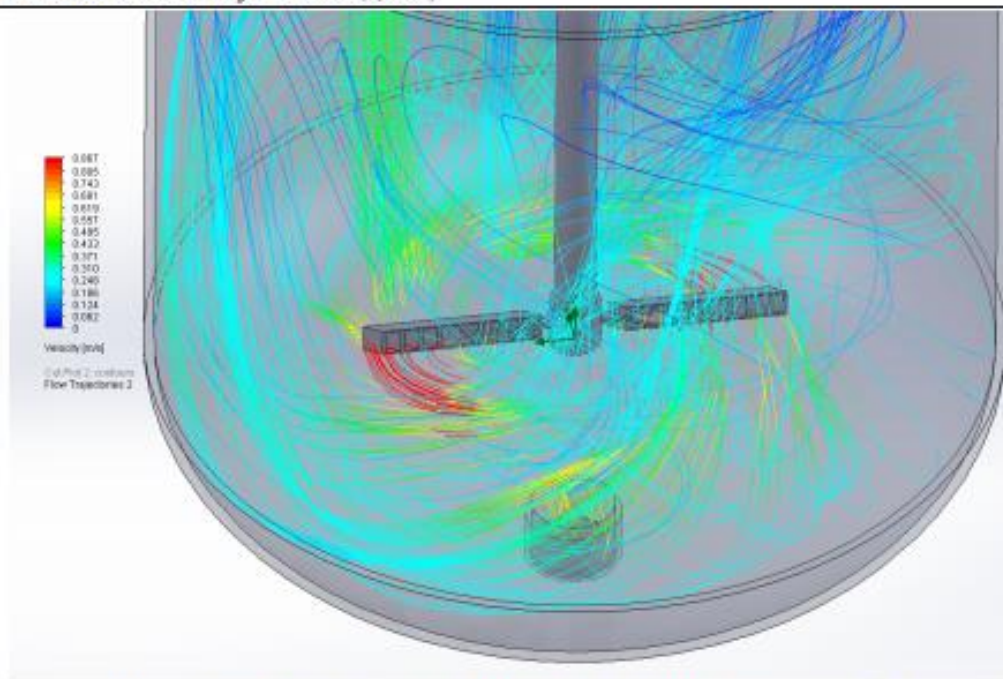


Figure 3 – The visualization of the flow velocities during rotation of impeller

The visualization shows that during operation with proposed impeller the intensive circulation and mixing of the flows is implemented and the effective uniformity of mixture at the outlet is provided.

Conclusion. The results of simulation show that proposed design of impeller is effective and can be recommended for further more detailed experimental investigations.

References

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. 1 – Л.: Химия, 1974. – 792 с.
2. Stelmach, J.; Kunciewicz, C.; Szufa, S.; Jirout, T.; Rieger, F. The Influence of Hydrodynamic Changes in a System with a Pitched Blade Turbine on Mixing Power. *Processes* 2021, 9, 68. <https://doi.org/10.3390/pr9010068>
3. Brůha, T.; Procházka, P.; Uruba, V. Investigation of Low-Frequency Phenomena within Flow Pattern in Standard Mixing Vessel Induced by Pitched Blade Impeller. *Processes* 2021, 9, 545. <https://doi.org/10.3390/pr9030545>
4. Jirout, T.; Jiroutová, D. Application of Theoretical and Experimental Findings for Optimization of Mixing Processes and Equipment. *Processes* 2020, 8, 955. <https://doi.org/10.3390/pr8080955>
5. Patent application US2021031157 (A1). Mixing paddle/ Walters Francis – 2021-02-04
6. Patent application CN112263924 (A). Combined stirring paddle / Zou Liang; Zhou Pengcheng; Zhu Shijie; Xu Yanhong; Wang Hang – 2021-01-26

Калиновський А.С., к.т.н. Гулієнко С.В.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

CFD АНАЛІЗ РОБОТИ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЛОПАТІ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ

Процес перемішування широко застосовується в хімічній технології для отримання суспензій, емульсій та сумішей твердих компонентів, а також для інтенсифікації тепло- і масообміну в різних технологічних процесах. Геометричні параметри системи перемішування, особливо форма мішалки значним чином впливають на однорідність продукції та затрати енергії при виробництві. Геометричні параметри системи перемішування, особливо форма мішалки значним чином впливають на однорідність продукції та затрати енергії при виробництві. В схемі виробництва хлористого калію [1] змішування використовується для приготування хлоркалієвої пульпи.

Було проаналізовано статті, пов'язані з сучасними дослідженнями процесів перемішування. В статті [2] описується дослідження явища підвищення затрат потужності при вивантаженні рідини з мішалки з імпеллером, що обертається. В роботі [3] представлено експериментальне дослідження динаміки потоку в стандартній посудині для змішування з радіальними перегородками, заповненими водою та крильчатки, що перекачує рідину донизу. У роботі [4] наведено загальний опис найпоширеніших процесів перемішування, гідродинамічні параметри та геометричні конфігурації змішувального обладнання які впливають на процес.

Важливим елементом для змішування є нова конструкція лопаті. Мета даної роботи – перевірити наскільки ефективна розроблена конструкція лопаті числовими методами.

Для вдосконалення лопаті перемішуючого пристрою було проаналізовано патенти [5], [6]. На їх основі було придумано конструкцію лопаті, модель якої наведено на рисунку 1.

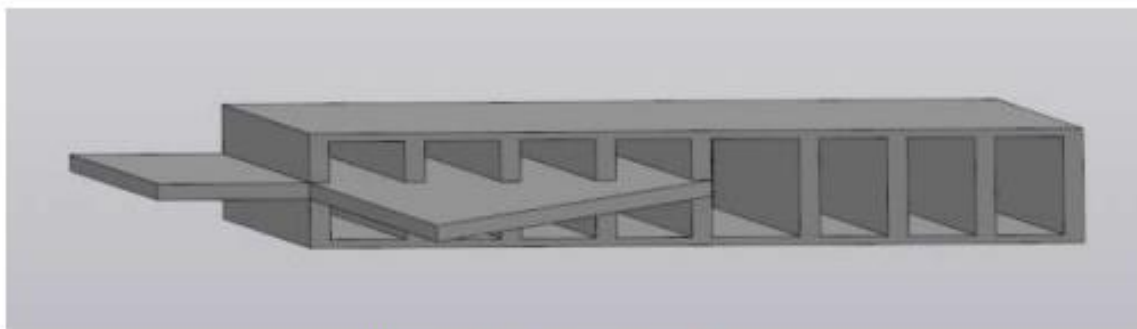


Рисунок 1 – модель лопаті

В основі модернізованої конструкції лежить конструкція лопатевого змішувального пристрою, однак сама лопатка виконана у вигляді нерухомих дефлекторних лопатей. Зазначені нерухомі дефлекторні лопаті розміщені під кутом до радіального напрямку, тому при обертанні змішувача відбувається не тільки примусове переміщення рідини перед лопаткою, а й часткове витікання через щілини в змішувальному пристрої. Це призводить до додаткового зміщення макрооб'ємів змішувального середовища по черзі. Тому модернізований змішувач дозволяє підвищити ефективність процесу змішування та гомогенізації середовища.

В модулі SOLIDWORKS Flow Simulation було здійснено моделювання руху потоків при змішуванні даною лопаттю. Результати зображені на рис. 2.

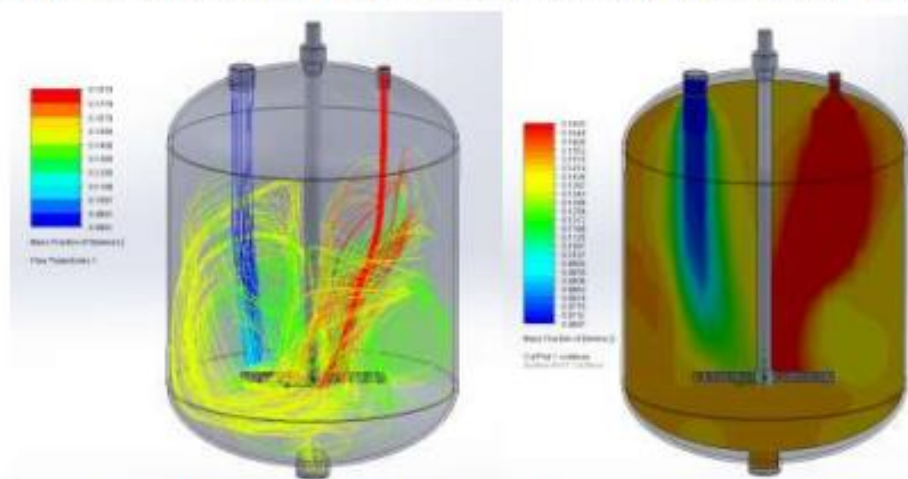


Рисунок 2 – візуалізація потоків та концентрацій

Візуалізація показує, що при роботі лопаті здійснюється інтенсивна циркуляція змішуваних потоків та ефективне забезпечення однорідності потоку на виході.

Висновки: резултати моделирования показывают, что такая конструкция лопаті эффективна і може бути рекомендована до подальших більш детальних експериментальных досліджень.

Література

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. 1 – Л.: Химия, 1974. – 792 с.
2. Stelmach, J.; Kuncewicz, C.; Szufa, S.; Jirout, T.; Rieger, F. The Influence of Hydrodynamic Changes in a System with a Pitched Blade Turbine on Mixing Power. Processes 2021, 9, 68. <https://doi.org/10.3390/pr9010068>
3. Brůha, T.; Procházka, P.; Uruba, V. Investigation of Low-Frequency Phenomena within Flow Pattern in Standard Mixing Vessel Induced by Pitched Blade Impeller. Processes 2021, 9, 545. <https://doi.org/10.3390/pr9030545>
4. Jirout, T.; Jiroutová, D. Application of Theoretical and Experimental Findings for Optimization of Mixing Processes and Equipment. Processes 2020, 8, 955. <https://doi.org/10.3390/pr8080955>
5. Patent application US2021031157 (A1). Mixing paddle/ Walters Francis – 2021-02-04
6. Patent application CN112263924 (A). Combined stirring paddle / Zou Liang; Zhou Pengcheng; Zhu Shijie; Xu Yanhong; Wang Hang – 2021-01-26